

**Universidade Federal de Minas Gerais**

**Escola de Engenharia**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE POLÍTICAS PÚBLICAS E  
DESENVOLVIMENTO REGULATÓRIO DA ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA NO BRASIL E NA ALEMANHA**

Marcus Filipe Vieira Soares

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Profa. Maria Helena Murta Vale

Belo Horizonte - MG

Julho de 2019

S676a

Soares, Marcus Filipe Vieira.

Análise comparativa de políticas públicas e desenvolvimento regulatório da energia solar fotovoltaica no Brasil e na Alemanha [recurso eletrônico] / Marcus Filipe Vieira Soares. - 2019.

1 recurso online (x, 77f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Maria Helena Murta Vale.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f.76-77.

Bibliografia: f.72-75.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia Elétrica - Teses. 2. Sistemas de Energia Fotovoltaica - Teses. 3. Políticas públicas - Teses. I. Vale, Maria Helena Murta. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 621.3(043)

**"Análise Comparativa de Políticas Públicas e Desenvolvimento  
Regulatório da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil e Na  
Alemanha"**

**Marcus Filipe Vieira Soares**

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 29 de julho de 2019.

Por:



---

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Murta Vale**  
**DEE (UFMG) - Orientadora**



---

**Profa. Dra. Rosilene Nietzsche Dias**  
**DEE (CEFET/MG)**



---

**Prof. Dr. Fabrício Silveira Chaves**  
**IET (UNI-BH)**

**"Análise Comparativa de Políticas Públicas e Desenvolvimento  
Regulatório da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil e Na  
Alemanha"**

**Marcus Filipe Vieira Soares**

O convidado especial abaixo indicado é favorável à aprovação da  
Dissertação de Mestrado

Aprovada em 29 de julho de 2019.

Por:



---

**Prof. Edmar Arantes Moreira**  
IEF (UFV)

À minha família,  
Jair, Luisa, Jair Jr e Julia.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, professora Maria Helena Murta Vale, pela orientação atenciosa, pelas oportunidades de aprendizado e principalmente pela paciência e compreensão, que me deram tranquilidade e motivação para concluir o presente trabalho.

À minha família, pelo apoio e incentivo.

Aos professores do LRC, pelas disciplinas ministradas que contribuíram grandemente em minha formação.

SOARES, M. F. V. **Análise comparativa de políticas públicas e desenvolvimento regulatório da energia solar fotovoltaica no Brasil e na Alemanha.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

## RESUMO

Esta dissertação apresenta uma análise comparativa de políticas públicas e desenvolvimentos regulatórios que fundamentam a implementação da energia solar fotovoltaica nos mercados energéticos brasileiro e alemão. A partir de pesquisa bibliográfica realizada em documentação técnica pertinente (livros, dissertações, teses, artigos, periódicos, leis e resoluções normativas), o trabalho expõe as diferentes perspectivas, acerca do tema, adotadas pelo Brasil e pela Alemanha. Com base em critérios pré-definidos, e considerando os aspectos próprios de cada país de forma consistente, procurou-se estabelecer pontos chave que mostram as diferentes realidades dos dois países, denotando que não se trata apenas de aplicar o caso de sucesso alemão no contexto brasileiro. As diferenças culturais, históricas, climáticas e geográficas impedem que tais modelos sejam idênticos. Na realidade, não se espera que sejam, pois as especificidades de cada país é que determinam o que é melhor para cada um. Contudo, o estudo realizado permite afirmar ser possível que, com um marco regulatório bem definido, assim como políticas públicas adaptadas à realidade brasileira, haja a promoção de importantes avanços na consolidação da energia solar fotovoltaica no Brasil. Esta dissertação pretende contribuir nesta direção, a partir da identificação, análise e comparação da evolução da inserção, desenvolvimento e consolidação da energia solar fotovoltaica nos dois países.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Solar Fotovoltaica. Políticas Públicas. Regulamentação.

SOARES, M. F. V. *Comparative analysis of public policies and regulatory developments of photovoltaic solar energy in Brazilian and Germany*. 2019. Master's Thesis (Master in Electrical Engineering) - School of Engineering, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte.

## **ABSTRACT**

*This master thesis proposes a comparative analysis of public policies and regulatory developments that support the implementation of photovoltaic solar energy in the Brazilian and German energy markets. Based on a bibliographic research carried out on relevant technical documentation (books, dissertations, theses, papers, journals, laws and normative resolutions), the work exposes the different perspectives about the theme, adopted by Brazil and Germany. Based on pre-defined criteria, and considering the specific aspects of each country, it sought to establish key points that show the different realities of the two countries, denoting that it is not just about applying the German success case in the Brazilian context. Cultural, historical, climatic and geographical differences prevent such models from being identical. In fact, they are not expected to be, because the specificities of each country determine what is best for each one. However, the study makes it possible to affirm that, with a well-defined law, as well as public policies adapted to the Brazilian reality, there is a promotion of important advances in the consolidation of photovoltaic solar energy in Brazil. This master thesis intends to contribute in this direction, from the identification, analysis and comparison of the evolution of the insertion, development and consolidation of photovoltaic solar energy in both countries.*

**KEYWORDS:** *Photovoltaic Solar Energy. Public Policy. Regulation.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Composição da matriz energética na Alemanha .....	10
Figura 2. 2: Número de adesões ao modelo de geração distribuída no Brasil entre 2012 e janeiro de 2016.....	16
Figura 3.1: Desenvolvimento de energia fotovoltaica segundo registro à Agência Federal de Rede entre os meses de janeiro de 2009 e fevereiro de 2011. Fonte: (REICHMUTH, 2011).....	26
Figura 3.2: Desenvolvimento do crescimento anual de potência para sistemas fotovoltaicos sobre o telhado e sobre o solo (sem sistemas de fachadas). Fonte: (REICHMUTH, 2011).....	28
Figura 3.3: Desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos para telhados e sistemas sobre o solo (sem apresentação dos sistemas de fachada). Fonte: (REICHMUTH, 2011).....	28
Figura 3.4: Distribuição da capacidade anual instalada de usinas fotovoltaicas desde 2000, de acordo com as classes de tamanho da usina (no total, cerca de 17,3 GW). Fonte: (REICHMUTH, 2011).....	29
Figura 3.5: Distribuição de sistemas fotovoltaicos instalados desde 2000 por classe de tamanho (no total, cerca de 850.000 sistemas). Fonte: (REICHMUTH, 2011) .....	30
Figura 3.6: Distribuição de tamanho dos sistemas fotovoltaicos até 40 kW reportados à agência BNetzA entre janeiro de 2009 e dezembro de 2010 de acordo com (a) o número de sistemas instalados ( <i>Anzahl</i> ) e .....	31
Figura 3.7: Distribuição da capacidade fotovoltaica instalada total no final de 2010, bem como participações de desempenho específicas de cada estado em sistemas sobre o solo e telhado. Fonte: (IEA, 2013).....	33
Figura 3.8: Desenvolvimento do acúmulo de desempenho após as fases de construção e capacidade instalada acumulada no segmento de instalações sobre o solo. Fonte: de (IEA, 2013).....	34
Figura 3.9: Crescimento anual em MW, Energia Solar Fotovoltaica (Alemanha, 2010-2017).....	35

Figura 3.10: Construção anual de usinas, Energia Solar Fotovoltaica (Alemanha, 2010-2017).....	36
Figura 3.11: Evolução da remuneração paga pela energia injetada na rede entre os anos de 2004 e 2018. Fonte: (MURKISCH, 2018).....	36
Figura 3.12: Número de sistemas solares fotovoltaicos no fim de 2017 por estado na Alemanha.....	37
Figura 3.13: Potência instalada em MW de sistemas solares fotovoltaicos no fim de 2017 por estado na Alemanha. Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2018).....	37
Figura 3.14: Número de micro e minigeradores até 23/05/2017.....	41
Figura 3.15: Conexão por tipo de fonte até maio de 2017.....	42
Figura 3.16: Potência instalada por fonte até maio de 2017.....	42
Figura 3.17: Evolução da potência instalada (MW) até maio de 2017.....	43
Figura 3.18: Modalidades de geração distribuída até maio de 2017. ....	44
Figura 4.1: Projeções e valores realizados da potência instalada da micro ou minigeração.....	48
Figura 4.2: Média de potência instalada (kW) por unidade consumidora, de acordo com a modalidade do Sistema de Compensação de Energia. Maio de 2018.....	49
Figura 4.3: Propostas de compensação (alternativas 0 a 2). ....	51
Figura 4.4: Propostas de compensação (alternativas 3 a 5). ....	51
Figura 4.5: Desenvolvimento da geração de energia solar fotovoltaica na Alemanha 1990-2017.....	53
Figura 4.6: Remuneração em centavos de euro – Remuneração de injeção fixa.....	54
Figura 4.7: EEG como fundamento para a economia.....	55
Figura 4.8: Desenvolvimento do preço de energia 2000-2019.....	56
Figura 4.9: Desenvolvimento do preço de energia 2000-2018.....	56
Figura 4.10: Desenvolvimento indicativo do mercado para sistemas fotovoltaicos em telhados, mantendo o limite de 52 GW. ....	57

Figura 4.11: Crescimento da compra de baterias por proprietários de sistemas fotovoltaicos até 10kWp.....	58
Figura 5.1: Países com maior capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no mundo.....	61
Figura 5.2: Número de patentes no setor de energias renováveis na Alemanha entre 2005 e 2012. Energia solar fotovoltaica em amarelo .....	62
Figura 5.3: Comparação percentual da matriz energética brasileira e mundial.....	63
Figura 5.4: <i>Players</i> na cadeia de valor para o mercado de energia. ....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Empreendimentos em operação no Brasil. ....	7
Tabela 3.1: Desenvolvimento anual de potência instalada de acordo com tipos de sistemas fotovoltaicos.....	27
Tabela 3.2: Taxas de crescimento médio anual (CAGR) para sistemas fotovoltaicos instalados entre 2000 e 2010 por classe de tamanho. Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2012) ....	31
Tabela 3.3: Descrição dos principais mecanismos utilizados para incentivar a geração fotovoltaica. ....	39
Tabela 3.4: Unidades Consumidoras com geração distribuída por modalidade (outubro de 2018). ....	44
Tabela 3.5: Unidades Consumidoras com geração distribuída por tipo (outubro de 2018).....	45
Tabela A.1: Impacto da implementação de políticas públicas no Brasil. ....	76
Tabela A.2: Impacto da implementação de políticas públicas na Alemanha. ....	77

# SUMÁRIO

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2</b>	<b>Leis de Fomento e Desenvolvimento Regulatório no Brasil e na Alemanha</b>	<b>4</b>
2.1	Considerações Iniciais .....	4
2.2	Evolução da Transição Energética e dos Marcos Históricos .....	4
2.2.1	Evolução Histórica no Brasil.....	4
2.2.2	Evolução Histórica na Alemanha .....	7
2.2.3	Comentários sobre a Evolução Histórica e a Transição Energética.....	11
2.3	Brasil – Resoluções Normativas .....	12
2.3.1	Resolução Normativa – REN 482/2012 .....	12
2.3.2	Resolução Normativa – REN 687/2015 .....	14
2.4	Alemanha – Leis de Energias Renováveis .....	16
2.4.1	Lei de Energias Renováveis – EEG 2000 .....	17
2.4.2	Lei de Energias Renováveis – EEG 2004 .....	18
2.4.3	Lei de Energias Renováveis – EEG 2009 .....	19
2.4.4	Lei de Energias Renováveis – EEG 2012 .....	20
2.4.5	Lei de Energias Renováveis – EEG 2014 .....	21
2.4.6	Lei de Energias Renováveis – EEG 2017 .....	22
2.5	Considerações Finais.....	23
<b>Capítulo 3</b>	<b>Impactos da Implementação das Políticas Públicas no Desenvolvimento dos Mercados Fotovoltaicos do Brasil e da Alemanha.....</b>	<b>25</b>
3.1	Considerações Iniciais.....	25
3.2	Alemanha – Análise Histórica em 2010.....	25
3.3	Alemanha – Análise Histórica em 2017.....	34
3.4	Brasil – Análise Histórica de 2012 a 2017.....	38
3.5	Considerações Finais.....	45
<b>Capítulo 4</b>	<b>Revisão dos Marcos Legais dos Setores Elétricos Brasileiro e Alemão .....</b>	<b>47</b>
4.1	Considerações Iniciais.....	47
4.2	Revisão do Marco Legal do Setor Elétrico Brasileiro.....	47
4.2.1	Nota Técnica – NT 0062/2018.....	47
4.2.2	Análise da Nota Técnica – NT 0062/2018.....	50

4.3	Revisão do Marco Legal do Setor Elétrico Alemão.....	53
4.4	Considerações Finais .....	58
<b>Capítulo 5 Sugestões de Fomento da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil e na Alemanha.....</b>		<b>60</b>
5.1	Considerações Iniciais .....	60
5.2	Contextualização das Propostas .....	60
5.2.1	Alemanha – Contextualização Pré-Propostas .....	60
5.2.2	Brasil – Contextualização Pré-Propostas .....	62
5.3	Proposições Estratégicas de Políticas Públicas para o Desenvolvimento do Mercado Fotovoltaico na Alemanha.....	63
5.4	Proposições Estratégicas de Políticas Públicas para o Desenvolvimento do Mercado Fotovoltaico no Brasil .....	67
5.5	Considerações Finais.....	69
<b>Capítulo 6 Conclusões e Propostas de Continuidade .....</b>		<b>70</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>		<b>72</b>
<b>Apêndice A Impactos da Implementação de Políticas Públicas no Brasil e na Alemanha - Sumário .....</b>		<b>76</b>
A.1	No Brasil .....	76
A.2	Na Alemanha .....	77

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica proveniente de fonte solar fotovoltaica tem sido objeto de grande interesse por parte dos setores de energia de todo o mundo. Várias são as perspectivas por meio das quais este tipo de geração pode ser analisado. Dentre elas, citam-se as esferas técnica (incluindo aspectos elétricos e energéticos), socioeconômica e governamental.

Esta dissertação aborda o tema apresentando uma análise comparativa de políticas públicas e desenvolvimentos regulatórios que fundamentam a implementação da energia solar fotovoltaica nos mercados energéticos do Brasil e da Alemanha.

Várias foram as motivações para a realização deste trabalho, destacando-se a grande diferença entre os dois países com relação ao estágio de utilização de sistemas fotovoltaicos em sua matriz energética. Uma investigação mais aprofundada sobre os desenvolvimentos realizados nestes países poderia contribuir para a evolução da inserção, do desenvolvimento e da consolidação da energia solar fotovoltaica nos mesmos.

Após muito se discutir sobre qual seria o futuro da energia fotovoltaica no Brasil, em 2019 chega-se à conclusão de que tal futuro ainda não aconteceu. A expansão repentina e drástica de sistemas fotovoltaicos no país não ocorreu, sendo prevista uma evolução a passos lentos, à medida que tal alternativa de geração de energia elétrica vem ganhando espaço no cenário nacional.

Percebe-se que o *boom* esperado por muitos, no caso brasileiro, não se relaciona diretamente com uma “má vontade” governamental ou de instituições de fomento do setor energético, mas sim à própria composição de sua matriz energética, caracterizada pela permanente abundância hídrica, e a consolidação de usinas hidrelétricas como fonte principal de geração de energia, considerada limpa e renovável.

Por outro lado, a Alemanha sempre utilizou como fontes majoritárias a energia nuclear e a térmica proveniente do carvão (mineral e linhito), sendo impulsionada a alterar de forma radical a composição da sua matriz energética, substituindo-as por fontes limpas e renováveis.

Realidades diferentes levaram a estágios diferentes de desenvolvimento da geração fotovoltaica nestes dois países.

Enquanto o Brasil não dispendia grandes esforços e investimentos nesta fonte de energia, mesmo sendo uma alternativa eficiente, podendo representar menores custos de operação e/ou manutenção, além de diminuir a dependência dos recursos climáticos, a Alemanha há tempos investe de forma intensa nesta geração.

De fato, a Alemanha, movida por questões climáticas, geográficas e históricas, tem tratado com prioridade o investimento em fontes alternativas de energia, em particular a fotovoltaica. A busca por meios distintos de produção de energia, o investimento técnico e acadêmico, além do investimento financeiro no setor garantiram a este país o posto de pioneirismo no ano de 2000 e ainda confere posição de destaque no ano de 2019.

Diante do cenário delineado acima, pode-se identificar o objetivo deste trabalho como sendo o de identificar, analisar e comparar como se deu a inserção, o desenvolvimento e a consolidação da energia solar fotovoltaica no Brasil e na Alemanha, visando propor sugestões de fomento da energia solar fotovoltaica nestes países.

Tal consolidação ainda não é uma realidade brasileira, ou seja, ainda espera-se que o mercado fotovoltaico no Brasil se desenvolva de forma exponencial sendo necessário, para isso, que mudanças nas leis de fomento ocorram e que o “apetite” energético por esse tipo de fonte seja estimulado por meio de melhorias nas políticas públicas já existentes. Isto justifica e ressalta a relevância da pesquisa desenvolvida nesta dissertação.

Para cumprir seu objetivo, o texto deste trabalho encontra-se estruturado em seis capítulos. Após este capítulo introdutório, onde a relevância, a motivação, as contribuições e os objetivos da pesquisa são apresentados, os demais estão organizados como indicado a seguir.

A transição energética que se iniciou no passado recente brasileiro e a da Alemanha, que já ocorre há aproximadamente 20 anos, assim como os marcos históricos nos dois países, são abordados no Capítulo 2.

O Capítulo 3 se dedica à análise das leis de fomento e regulamentações originais, bem como das emendas elaboradas e em vigor referentes à aplicação da energia solar fotovoltaica no Brasil e na Alemanha.

O Capítulo 4 apresenta uma coletânea dos dados atuais, resultados da aplicação de medidas de fomento nos dois países.

O Capítulo 5 sugere e propõe alternativas para ampliação e fomento dos mercados fotovoltaicos na Alemanha e no Brasil.

O Capítulo 6 traz as conclusões e as propostas de continuidade do trabalho.

Finalizando, encontram-se as Referências Bibliográficas citadas no texto e um Apêndice.

## **CAPÍTULO 2**

### **LEIS DE FOMENTO E DESENVOLVIMENTO REGULATÓRIO NO BRASIL E NA ALEMANHA**

#### **2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O objetivo deste capítulo é confrontar o histórico de políticas públicas e o desenvolvimento regulatório no Brasil e na Alemanha, destacando relevantes aspectos particulares de cada país, no que diz respeito à energia solar fotovoltaica. Neste sentido, torna-se importante analisar, não apenas o surgimento, pelo fomento, da energia fotovoltaica, mas, também, de que forma surgiu o interesse pelas energias renováveis.

Inicialmente, o capítulo registra e analisa a evolução da transição energética e dos marcos regulatórios dos dois países, permitindo uma visão das diferentes trajetórias seguidas pelos mesmos. Posteriormente, as resoluções normativas relativas ao setor brasileiro e as leis de energias renováveis alemãs são destacadas.

#### **2.2 EVOLUÇÃO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E DOS MARCOS HISTÓRICOS**

Conforme discutido em (FONSECA, 2014), a chamada transição energética representa uma mudança gradual na composição e na estrutura do sistema energético. É um movimento em direção às energias renováveis e à eficiência energética. A evolução histórica apresentada neste item serve de suporte às análises das diferenças entre a transição energética dos dois países.

##### **2.2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA NO BRASIL**

O desenvolvimento do setor elétrico no Brasil teve seu maior impulso a partir da revolução de 1930, que tinha como principal objetivo mudar a base econômica do país, ou seja, deixar de ser um país agrário-exportador para se tornar um país com uma indústria própria. A seguir, é mostrado o desenvolvimento cronológico do planejamento energético brasileiro:

- 1930: Criação do Fundo Nacional de Eletrificação e proposição da criação da Eletrobras (aprovado em 1961).
- 1934: Promulgado o Código de Águas, que inseriu instrumento regulatório, materializando, assim, o projeto de gestão energética, tornando-se um dos principais marcos institucionais no setor elétrico nacional.
- 1953 e 1962: Lançamento do I Plano Nacional de Desenvolvimento, e criação da Petrobras e Eletrobras.
- 1973: Assinado o tratado de Itaipu (Usina Hidrelétrica com capacidade instalada de 14.000 MW).
- 1974: Lançamento do II Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico, o qual priorizava a redução da dependência brasileira das fontes externas de energia. Grandes projetos são iniciados no setor energético: construção das Usinas Hidrelétricas de Itaipu, Sobradinho e Tucuruí; Acordo Nuclear Brasil-Alemanha Ocidental; Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e Prospecção de Petróleo.
- 1975: O Proálcool teve o objetivo de substituir a gasolina por álcool etílico e diminuir a dependência do país do petróleo importado.
- 1970-1980: Neste período, a presença de hidrelétricas na matriz elétrica brasileira ganhou impulso. Foram construídas as Usinas de Itaipu, Tucuruí, Ilha Solteira, Itumbiara, São Simão, Jupia, Marimbondo, Água Vermelha e Sobradinho.
- 1985: Criação do Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL) com o objetivo de estimular a racionalização de produção e consumo, evitando desperdícios.
- 1999-2000: Criação do Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão do Sistema Elétrico (CCPE), com o objetivo de regular e estruturar a atividade de planejamento da expansão elétrica e regulamentação do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), órgão de assessoria na elaboração de políticas e diretrizes relacionadas à energia.
- 2002: Criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), com o objetivo de fomentar o desenvolvimento das fontes alternativas de energia, tais como, eólica, solar, biomassa, entre outras.

- 2003: Criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), responsável pela elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e do Plano Nacional de Energia (PNE), visando ao planejamento de longo prazo.
- 2003-2004: Instituição de leilões de compra de energia, que adotam os critérios de menor tarifa ofertada pelas empresas geradoras de energia. Tal modelo comercial tem sido usado para contratação de energia por fontes alternativas.
- 2006: Descobrimto do Pré-Sal.
- 2012: Elaboração da resolução normativa REN 482/2012 que estabeleceu condições para que micro e mini geradores de energia elétrica pudessem acessar a rede de distribuição de energia elétrica.
- 2015: Reestruturação da resolução REN 482/2012, por meio da REN 687/2015, considerando novos limites de potência, novos prazos para que a compensação de energia seja feita e novas modalidades de negócios.

Até o ano de 2003, o objetivo foi desenvolver um novo marco regulatório, em que os pilares fossem: estabilidade do suprimento de energia elétrica; modicidade tarifária, por meio da contratação eficiente de energia para consumidores regulados; ampliação da abrangência do setor elétrico entre a população, por meio de programas como o “Luz para Todos” (ANEEL, 2009).

Conforme visto no histórico apresentado, embora nos anos que antecederam 2012 ter havido movimentos em prol da cultura de energias renováveis, foi por meio da resolução REN 482/2012 que se estabeleceram regras, metas e condições para que um conjunto de energias de fontes renováveis pudesse ser injetado na rede elétrica a partir de gerações distribuídas.

O Brasil conta com grande participação de hidrelétricas. Devido à característica deste tipo de fonte, ocorrem períodos de crise hídrica, devido à falta de chuvas. Com 217 usinas hidrelétricas (UHE) em operação gerando mais de 60% de toda energia elétrica de forma centralizada, segundo dados do Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), conforme se pode observar na Tabela 2.1, retirada de (ANEEL, 2019), o Brasil ainda se encontra altamente dependente da fonte hídrica, para suprir a demanda de sua população. Com relação à energia eólica (EOL), o país está entre os maiores produtores. Porém, no que diz respeito à energia solar (UFV), fonte que mais cresce no

mundo, o atraso e o desperdício do seu potencial solar mostram-se evidentes. Investimentos neste tipo de fonte poderiam contribuir para uma menor dependência dos combustíveis fósseis e regularidade de chuvas. A Tabela 2.1 mostra, também, a participação significativa das Usinas Termelétricas (UTE) e a de outros tipos de empreendimentos em operação.

Tabela 2.1: Empreendimentos em operação no Brasil.

Fonte: (ANEEL, 2019)

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	703	717.223	717.037	0,43
CGU	1	50	50	0
EOL	614	15.099.289	15.063.893	9,1
PCH	426	5.271.999	5.228.426	3,16
UFV	2.474	2.106.239	2.103.239	1,27
UHE	217	102.532.178	99.922.634	60,38
UTE	3.014	41.963.988	40.453.559	24,45
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,2
<b>Total</b>	<b>7.451</b>	<b>169.680.966</b>	<b>165.478.838</b>	<b>100</b>

Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-elétrica
EOL	Central Geradora Eólica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear

## 2.2.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA NA ALEMANHA

A Alemanha decidiu transformar radicalmente o seu abastecimento energético, optando por energias renováveis, com a aposta numa gestão da energia cada vez mais eficiente. Pode-se observar, por meio da linha do tempo apresentada a seguir, que o movimento teve início na década de 70.

- 1971: O Governo da República Federal da Alemanha aprova o seu primeiro programa ambiental.
- 1972: Na pequena cidade de Penzberg, no sul da Alemanha, é constituído um dos primeiros bairros residenciais abastecidos com energia fotovoltaica do país.
- 1973: A guerra do Yom Kippurr (outubro de 1973) provoca uma crise do petróleo em nível mundial. Com o propósito de economizar energia, a Alemanha decreta quatro domingos sem carros no país.

- 1975: A lei relativa à Segurança do Abastecimento Energético prevê maiores reservas de energia e um limite de velocidade nas estradas da Alemanha. O governo Federal lança uma campanha de informação sobre como economizar energia.
- 1977: Com a aprovação do regulamento relativo ao isolamento térmico, o governo federal define, pela primeira vez, requisitos para a eficiência energética em edifícios.
- 1979: A guerra entre Irã e Iraque provoca a segunda crise mundial do petróleo.
- 1984: Na Alemanha, a empresa Enercon desenvolve os primeiros geradores eólicos modernos em série.
- 1986: Um acidente ocorre em um reator da usina de Chernobil (Ucrânia). É criado, na Alemanha, o Ministério Federal do Meio Ambiente, da proteção da Natureza e Segurança Nuclear. Circula na Alemanha, o primeiro veículo solar registrado.
- 1987: Na Alemanha é construído o primeiro parque eólico: 30 turbinas eólicas geram eletricidade no *Windenergiepark Westküste*. Informações podem ser acessadas em <https://www.windenergiepark-westkueste.de/>
- 1990: O governo federal lança o programa 1000 telhados, para fomentar a instalação de módulos fotovoltaicos. Neste ano ocorre a reunificação da Alemanha. O Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas publica seu primeiro Relatório de Avaliação sobre o clima global.
- 1991: A Lei relativa à Injeção de Energia Elétrica na Rede obriga todas as companhias elétricas alemãs a adquirirem a energia elétrica gerada a partir de fontes renováveis, remunerando-a e injetando-a na rede pública.
- 1992: A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento aprova, no Rio de Janeiro, o princípio orientador designado por “desenvolvimento sustentável”.
- 1994: O primeiro carro elétrico europeu produzido em série é lançado no mercado.
- 1995: Realiza-se, em Berlim, a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o clima mundial. Começam as negociações sobre a produção global das emissões de gases de efeito estufa.

- 1996: A Europa decide liberalizar os seus mercados de eletricidade e gás, antes restritos aos territórios nacionais. A Comissão Europeia publica a primeira estratégia comum para o desenvolvimento das energias renováveis.
- 1997: É aprovado o Protocolo de Kyoto para a redução global de gases de efeito estufa. Desde então 191 países ratificaram o acordo.
- 1998: A Alemanha aprova uma lei para liberalizar o seu mercado de eletricidade e gás.
- 2000: A Comissão Europeia publica a primeira estratégia comum para energias renováveis, eficiência energética e proteção do clima na Europa. A lei relativa às Energias Renováveis (EEG - *Erneuerbare Energie Gesetz*) entra em vigor na Alemanha e se transforma no motor decisivo para o desenvolvimento das energias renováveis no país. As taxas de remuneração da eletricidade de diferentes fontes de energia são redeterminadas.
- 2002: O primeiro regulamento relativo a poupança de energia entra em vigor, definindo os requisitos para a eficiência energética de edifícios novos e já existentes.
- 2004: Aproximadamente 160.000 pessoas trabalham no setor de energias renováveis na Alemanha.
- 2007: A União Europeia adota um pacote energético e climático para o ano de 2020, com metas vinculativas para a expansão das energias renováveis, proteção do clima e eficiência energética.
- 2008: A Alemanha introduz o certificado energético para edifícios: tal “selo” fornece informações sobre o consumo de energia e a qualidade energética dos edifícios.
- 2009: 75 regiões na Alemanha fundam a Agência Nacional de Energias Renováveis (IRENA).
- 2010: O governo federal adota um conceito de energia com uma estratégia de longo prazo, para o fornecimento de energia da Alemanha até 2050. A Agência Alemã de Energia publica um estudo sobre a expansão necessária da rede elétrica para uma participação de cerca de 40% de energias renováveis na Alemanha.
- 2013: A Alemanha aprova a primeira Lei Federal do Plano de Requisitos para a expansão necessária da rede de transmissão de eletricidade. O primeiro carro

completamente desenvolvido com acionamento elétrico é produzido em larga escala na Alemanha.

- 2014: A Alemanha reforma a Lei de Energia Renovável. Esta contém metas anuais de expansão, pela primeira vez, e acelera a integração do mercado. Com uma parcela no consumo de eletricidade de 27,4%, as energias renováveis são, pela primeira vez, a fonte de energia mais importante na Alemanha.
- 2016: A Alemanha reestrutura o fomento de energias renováveis: a partir de 2017 prevê-se ampliação para todas as tecnologias.

Na Alemanha, conforme se pode observar na Figura 2.1, retirada de (FRAUNHOFER ISE, 2019), a geração de energia por fontes não renováveis supera em cerca de 5% a geração de energia por fontes renováveis. A geração de energia eólica (*wind*), com 25,35%, e a geração de energia solar fotovoltaica (*solar*), com 9,5%, são as fontes renováveis com maior representatividade. A Figura 2.1 mostra, também, a participação ainda significativa das Usinas Nucleares e a Carvão que, somadas, compõem 43%.

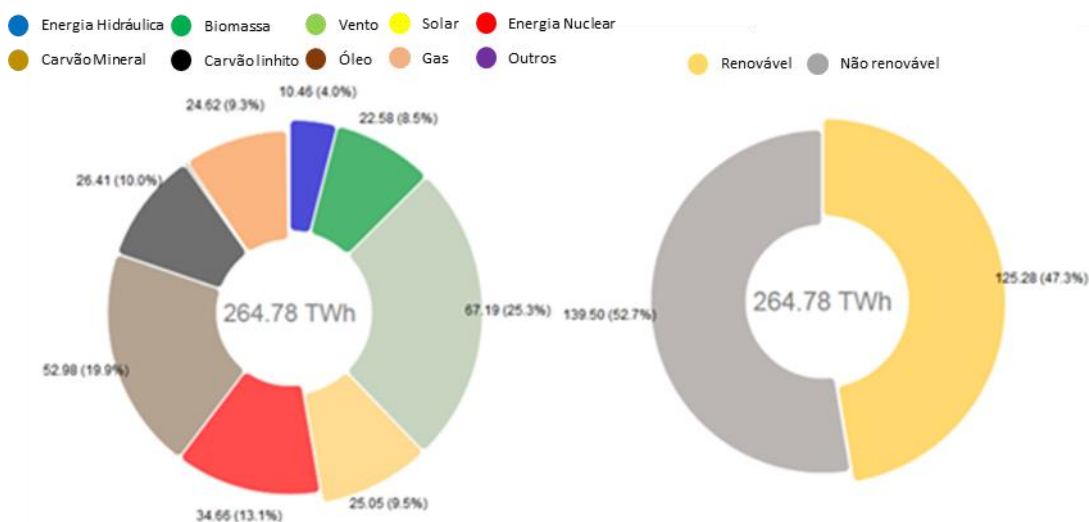


Figura 2.1: Composição da matriz energética na Alemanha

Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2019)

Os desafios culturais e políticos ainda existem. Porém, com a transição energética, a Alemanha pretende conseguir a renúncia à energia nuclear, a substituição dos combustíveis fósseis por energias renováveis e a redução das emissões de gases nocivos ao clima.

De acordo com os planos, a última usina nuclear deve ser desligada da rede em 2022. Além disso, as energias renováveis devem suprir até 80% do consumo elétrico, o consumo de energia primária deve baixar 50% em comparação a 2008 e as emissões de gases de efeito estufa devem cair em torno de 95%, em comparação a 1990, até o ano de 2050 (DGS, 2019).

### **2.2.3 COMENTÁRIOS SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

É notória a diferença no nível de engajamento dos países Brasil e Alemanha, no que se refere à busca pela transição energética. Várias razões podem ser colocadas como justificativa para tal diferença. Dentre elas, destaca-se a própria composição da matriz energética dos dois países. Enquanto o Brasil possui capacidade de geração hidráulica que, apesar da dependência de aspectos climáticos, é considerada limpa e renovável, a Alemanha sempre utilizou como fontes majoritárias a energia nuclear e a térmica proveniente do carvão (mineral e linhito).

A importante decisão da Alemanha de substituir tais usinas por outras fontes, limpas e renováveis, certamente exigiu e ainda exige grande esforço por parte deste país, pois, afinal, constitui uma alteração radical da sua matriz energética tradicional.

No caso brasileiro, apesar de sua composição energética não requerer uma alteração tão forte, ou seja, não se espera que as usinas hidrelétricas já planejadas e construídas sejam desativadas, é importante que a transição energética se dê de forma à maior exploração de fontes tais como a fotovoltaica, trazendo seus inúmeros benefícios.

Além das diferenças entre as matrizes energéticas típicas dos dois países, outro aspecto merece destaque, devido ao seu grande impacto na implementação da transição energética. Segundo (FERRAÇO, 2016), os obstáculos que se verificam dentro das instituições brasileiras envolvidas com o setor energético, para a realização de reformas na direção de uma transição energética, refletem uma dependência de trajetória (*path dependence*), ou seja, o aparato institucional se desenvolveu em torno de decisões tomadas no passado e que, por uma questão de rigidez estrutural, não está propenso a mudanças. Esta inflexibilidade estrutural estabelecida retrata um efeito de trancamento (*lock-in*) em que uma determinada escolha, institucional, tecnológica, política, comportamental, torna-se dominante, não porque é a mais eficiente, mas em função dos retornos crescentes que se multiplicam com o passar do tempo. Este tema envolve a discussão de várias questões, não podendo ser

analisado de forma superficial. Mas, o fato de reconhecer a situação que se apresenta já constitui um passo na direção de se obterem avanços no contexto da transição energética.

Em contrapartida, diante da decisão de minimizar, ou mesmo eliminar, o impacto negativo das suas fontes, o investimento alemão em pesquisa, formação acadêmica e profissional e em desenvolvimento tecnológico formou a base para que a matriz energética pudesse abandonar a cultura tradicional (nuclear e carvão) e, somada à preocupação ambiental, tornar factível a implementação gradual de fontes alternativas de energia.

## **2.3 BRASIL – RESOLUÇÕES NORMATIVAS**

### **2.3.1 RESOLUÇÃO NORMATIVA – REN 482/2012**

A Resolução Normativa (REN), designada por REN 482/2012 (ANEEL, 2012a), foi elaborada com o objetivo de regulamentar o acesso da microgeração e da minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como o chamado Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Microgeração distribuída é considerada a central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW, e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada<sup>1</sup>, conectada na rede de distribuição por meio de unidades consumidoras.

Minigeração é considerada a central geradora com potência instalada superior a 100 kW e inferior ou igual a 1 MW distribuída no sistema de distribuição de energia elétrica.

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica é o sistema no qual a energia ativa, gerada por unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída, compense o consumo de energia elétrica ativa.

Na prática, toda a energia que o sistema fotovoltaico gerar e não for utilizada por nenhuma carga elétrica no momento da geração, será registrada pelo medidor de energia e enviada para a rede pública de energia elétrica. No final do mês, o valor medido é devolvido para o consumidor na forma de créditos de energia, tendo o consumidor um desconto no valor

---

<sup>1</sup> Cogeração qualificada: conceito definido pela ANEEL, na RN235/2006, que estabelece uma eficiência energética total mínima para geração de energia elétrica e térmica com gás natural.

total a pagar. Os créditos de energia devem ser compensados em até 36 meses após a data de faturamento.

A potência instalada da microgeração ou minigeração distribuída no sistema de compensação de energia elétrica fica limitada à carga instalada, no caso de unidade consumidora do grupo B (grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela *tarifa monômnia*<sup>2</sup>), ou à demanda contratada, no caso de unidade consumidora do grupo A (grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela *tarifa binômnia*<sup>3</sup>).

Caso haja a necessidade de se instalar um sistema gerador com potência superior à definida, um aumento da demanda contratada (consumidor do grupo A) ou aumento da carga instalada (consumidor do grupo B) deve ser solicitado.

Deve-se considerar que a limitação de potência do sistema gerador a ser instalado, através da quantidade de potência fornecida ao consumidor, é fundamental para garantir à concessionária de energia elétrica que não seja instalado gerador com potência superior à adequada, evitando futuros problemas técnicos para a rede elétrica local.

Ainda segundo (ANEEL, 2012a), tem-se que: *“Para o caso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, exceto para aquelas de que trata o inciso II do art. 6º, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos a energia injetada e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R\$/MWh”*.

Deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A.

É importante acrescentar que, adicionalmente à REN 482/2012, foi publicada pela ANEEL, também em 2012, a resolução REN 481/2012 (ANEEL, 2012b), que determinou: *“Art. 3º-A Para a fonte solar referida no art. 1º fica estipulado o desconto de 80% (oitenta*

<sup>2</sup> Tarifa monômnia: Tarifa de fornecimento de energia elétrica constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa.

<sup>3</sup> Tarifa binômnia: Conjunto de tarifas de fornecimento constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável.

*por cento), para os empreendimentos que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017, aplicável nos 10 (dez) primeiros anos de operação da usina, nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição – TUST e TUSD, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada. §1º O desconto de que trata o caput, será reduzido para 50% (cinquenta por cento) após o décimo ano de operação da usina. §2º Os empreendimentos que entrarem em operação comercial após 31 de dezembro de 2017 farão jus ao desconto de 50% (cinquenta por cento) nas referidas tarifas.”*

### **2.3.2 RESOLUÇÃO NORMATIVA – REN 687/2015**

A resolução normativa nº 687 de 2015, REN 687/2015 (ANEEL, 2015), teve o objetivo de reestruturar a REN 482/2012, criando novos nichos de consumidores e modalidades de negócios, assim como o de diminuir o processo burocrático para a inserção das centrais geradoras junto às concessionárias de energia elétrica.

Destacam-se, como alterações principais: o aumento no prazo para uso dos créditos energéticos, que passou de 36 para 60 meses; o período para a aprovação do sistema fotovoltaico junto à concessionária, que mudou de 82 para 34 dias; a alteração da potência limite para micro e minigeração distribuída. Para a microgeração, o limite da potência instalada passou para valor inferior ou igual a 75 kW. Para minigeração, o limite da potência instalada passou para valor superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (para fonte hídrica) e menor ou igual a 5 MW para as demais fontes renováveis (solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada).

As unidades consumidoras, que fazem o uso da geração distribuída para compensar o consumo de energia ativa por meio de créditos energéticos, receberam três novas denominações e/ou modalidades adicionais:

#### **1 – Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras**

Condomínios verticais e/ou horizontais, situados em mesma área ou área contígua, com o sistema gerador instalado em área comum, onde as unidades consumidoras do local e a área comum do condomínio sejam energeticamente independentes entre si.

Assim, os créditos energéticos gerados são divididos entre os condôminos participantes e a área comum do empreendimento, ficando sob responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do local.

Nessa modalidade de geração, não é necessário estabelecer nenhum tipo de consórcio ou associação, pois a própria administradora do condomínio já representa a entidade (CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica) responsável pelo sistema gerador.

### 2 – Geração compartilhada

Consumidores de CPF (Cadastro de Pessoa Física) ou CNPJ distintos, abastecidos pela mesma concessionária distribuidora, associados por meio de cooperativa ou consórcio, respectivamente, onde a unidade micro ou minigeradora fica em local diferente das unidades consumidoras compensatórias.

Nessa modalidade de geração, é necessário estabelecer um consórcio, associação ou cooperativa para que essa entidade (CNPJ) represente e administre o sistema gerador e estabeleça o rateio dos créditos energéticos.

Uma vez que o sistema gerador é instalado em um local diferente do ponto de consumo, já não se pode utilizar o CNPJ do condomínio e, por isso, deve-se estabelecer o sistema gerador em “Geração Compartilhada”.

### 3 – Autoconsumo<sup>4</sup> remoto

Consumidores (CPF) que possuem unidades consumidoras de mesma titularidade, onde a geração distribuída de energia elétrica está em local diferente dos locais que fazem uso dos créditos energéticos, e consumidores pessoa jurídica que possuem unidades consumidoras em mesmo CNPJ, incluindo matriz e filial, onde a geração distribuída de energia elétrica está em local diferente dos locais que fazem uso dos créditos energéticos.

Nessa modalidade de geração, enquadram-se todos os consumidores que desejam instalar um gerador de energia elétrica para compensar os gastos da fatura de energia, mas não possuem espaço suficiente para tal, no local de consumo. Nessa modalidade não se faz necessário estabelecer nenhum tipo de entidade administradora terceira.

Uma importante ratificação da REN 687/2015 é a proibição da venda de créditos energéticos para a concessionária, ou para um vizinho, por consumidores que possuam um micro ou minigerador instalado em sua unidade consumidora. Todas as modalidades de

---

<sup>4</sup> Autoconsumo de energia fotovoltaica refere-se ao consumo diretamente no mesmo local em que é produzida, com menor potência fornecida à rede (IEA, 2014).

geração contemplam a geração de energia elétrica para consumo próprio, não havendo monetização sobre essa geração.

A partir do ano de 2012 esperava-se que, com a divulgação da REN 482/2012, e posteriormente, com a divulgação da REN 687/2015, ocorresse crescimento exponencial de unidades consumidoras detentoras de sistemas fotovoltaicos. O crescimento do número de instalações de novos sistemas ocorreu, porém, em um ritmo aquém do esperado. O número de adesões entre 2012 e 2016 pode ser observado na Figura 2.2, retirada de (ANEEL, 2017).



Figura 2. 2: Número de adesões ao modelo de geração distribuída no Brasil entre 2012 e janeiro de 2016.

Fonte: (ANEEL, 2017)

Tal fato pode ser justificado como sendo consequência de uma resolução normativa com condições pouco atrativas para os consumidores, somada aos elevados custos dos sistemas fotovoltaicos à época.

## 2.4 ALEMANHA – LEIS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Na Alemanha, o EEG (*Erneuerbare Energie Gesetz*) ou Lei de Energias Renováveis é o instrumento de controle central para a expansão das energias renováveis. O objetivo do EEG é reconstruir o fornecimento de energia e aumentar a participação das energias renováveis no fornecimento de eletricidade para, pelo menos, 80% até 2050. A expansão das energias renováveis contribui de forma especial em interesses climáticos e de proteção ambiental, em

particular para o desenvolvimento de um provisão energético sustentável. Além disso, os custos econômicos do fornecimento de energia devem ser reduzidos, os recursos de energia fóssil devem ser poupados e o desenvolvimento de tecnologia na área de energias renováveis deve ser promovido (EEG, 2000).

### **2.4.1 LEI DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – EEG 2000**

A lei de 2000, o EEG 2000 (EEG, 2000), representou um avanço no fomento de energias renováveis na Alemanha. Deve-se destacar que tal lei foi precedida pela *Stromeinspeisegesetz* (StrEG) ou Lei de Injeção de Eletricidade, a partir do ano de 1990.

A lei EEG 2000 teve como proposições o crescente número de turbinas eólicas, o compromisso, de acordo com o Protocolo de Kyoto, de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 21% até 2010 e o acoplamento das tarifas de energia renovável ao desenvolvimento do preço da energia elétrica, que deixou de garantir a operação econômica de usinas de geração a partir da operação de usinas de fontes renováveis.

O EEG 2000 contém doze parágrafos, sendo seus principais pontos:

- O § 1 EEG relaciona a meta, conforme citado acima, de atingir uma duplicação da quota das energias renováveis no consumo de eletricidade na Alemanha até 2010. Pela primeira vez foi estabelecida por lei prioridade da energia gerada por fontes renováveis sobre a energia gerada convencionalmente.
- O § 3 e o § 11 EEG tratam das obrigações de compra e de pagamento, padronizando uma estrutura de controle de cinco estágios de obrigações: de conexão, de inspeção, de remuneração e de expansão da rede, juntamente com o balanceamento de todo o país.
- Os §§ 4-8 EEG contêm as tarifas mínimas obrigatórias para a geração de eletricidade a partir de energia hidroelétrica, gás de aterro, gás de mina de carvão, gás de esgoto, biomassa, energia geotérmica, energia eólica e da radiação solar. O montante de compensação para fontes de energia individuais foi projetado de forma diferente para cada uma. Para biomassa, energia eólica e solar ocorre uma redução anual das taxas de compensação.
- O § 9 EEG determina os pagamentos da compensação mínima por um período de 20 anos.

Para a energia elétrica produzida a partir de energia de radiação solar, a remuneração deve ser de, pelo menos, 99 pfennig por kWh (50,6 centavos de euro/kWh). A partir de 1 de janeiro de 2002, a remuneração mínima foi reduzida em 5% por ano para as novas instalações comissionadas após essa data.

## **2.4.2 LEI DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – EEG 2004**

A primeira emenda ao EEG, o EEG 2004 (EEG, 2004), padronizou uma meta fixa para a expansão das energias renováveis (12,5% em 2010 e, pelo menos, 20% até 2020).

Essa emenda mantém os cinco níveis de regulamentação, mas altera a estrutura reguladora da lei devido à implementação da Diretiva da União Europeia sobre o fomento da eletricidade proveniente de fontes renováveis no mercado interno.

O primeiro nível regulamentar contém a obrigação de fornecer acesso prioritário, aceitação e reembolso de eletricidade a partir de fonte de energia renovável (§ 4 EEG 2004). O segundo nível de regulamentação inclui o direito dos operadores de rede, cujas redes são de baixa e de média tensão, contra os operadores de sistema de transmissão a montante deles (§ 5 EEG 2004). Os operadores do sistema de transmissão em toda a Alemanha compensariam os montantes de eletricidade consumida e o montante da compensação paga (terceiro nível de regulamentação). O quarto nível regulamentar concede aos operadores das redes de transporte o direito de compensar os operadores de eletricidade, que fornecem eletricidade aos consumidores finais na sua área (§ 14 EEG 2004). A quinta etapa da estrutura regulatória trata da transferência final das despesas de custo e volume recebidas pelos comercializadores de eletricidade para os consumidores finais (§ 14 EEG 2004).

Para usinas que geravam eletricidade a partir de energia de radiação solar, a remuneração era de, pelo menos, 45,7 centavos por kWh.

Se o sistema estivesse instalado em ou sobre um edifício, a compensação seria:

- Até e incluindo uma potência de 30 kW, pelo menos, de 57,4 centavos de euro/kWh;
- Acima de 30 kW, pelo menos, de 54,6 centavos de euro/kWh;
- A partir de 100 kW, de 54,0 centavos de euro/kWh,.

### 2.4.3 LEI DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – EEG 2009

A emenda de 2009, EEG 2009 (EEG, 2009), foi uma reformulação fundamental e abrangente do EEG existente, ajustando sua estrutura. Como exemplo, ocorreu o aumento do número de parágrafos de 24 para 66. As adições mais importantes referem-se aos regulamentos de não injeção na rede devido aos estrangulamentos de capacidade e à comercialização direta de eletricidade a partir de energias renováveis.

As porcentagens pelas quais as compensações e bônus diminuem anualmente (degressão) eram:

1. Energia hidrelétrica proveniente de instalações com uma capacidade superior a 5 MW: 1,0%;
2. Gás de aterro (§ 24): 1,5%;
3. Gás de esgoto (§ 25): 1,5%;
4. Gás de minas (§ 26): 1,5%;
5. Biomassa (§ 27): 1,0%;
6. Energia geotérmica (§ 28): 1,0%;
7. Energia eólica
  - a) de instalações *offshore* (§ 31) de 2015: 5,0%;
  - b) de outros investimentos (§ 29): 1,0%;
8. Energia de radiação solar (§§ 32 e 33) de 2012: 9,0%.

Destaca-se o item que trata da energia proveniente de radiação solar. Para usinas que geram eletricidade a partir dessa fonte, a remuneração era de pelo menos 21,11 centavos por kWh.

Se o sistema estivesse instalado em ou sobre um edifício, a compensação seria:

- Até e incluindo uma potência de 30 kW, de 28,74 centavos por kWh;
- Até, inclusive, uma potência de 100 kW, de 27,33 centavos por kWh;
- Até e incluindo uma potência de 1 MW, de 25,86 centavos por kWh;
- Produção superior a 1 MW, de 21,56 centavos por kWh.

#### 2.4.4 LEI DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – EEG 2012

Com o EEG 2012 (EEG, 2012), as metas de expansão do setor elétrico foram enfatizadas. De acordo com isso, a participação das energias renováveis no consumo de eletricidade deveria, como meta, chegar a, pelo menos, 35% até 2020. Em 2030, prevê-se, pelo menos, 50%, em 2040, 65% e em 2050, 80%.

Particular atenção foi dada ao mercado, à rede e à integração de sistemas. A otimização do sistema global (interação entre energia renovável e convencional), assim como o armazenamento e os consumidores, foram enfatizados. Mais uma inovação foi a inclusão de um bônus para os operadores de plantas fotovoltaicas que operassem seus sistemas de maneira orientada para o mercado.

Em abril de 2012 foi publicada alteração do EEG 2012, por meio da chamada Emenda Fotovoltaica, com destaque para:

##### 1 - Reorganização das classes de remuneração e limitação de tamanho:

Foram estabelecidas quatro classes de compensação para sistemas fotovoltaicos instalados no telhado: sistemas de até 10 kW de potência instalada, até 40 kW, até 1.000 kW e mais de 1.000 kW.

Sistemas montados no solo recebem uma remuneração uniforme. Sistemas com mais de 10 MW não recebem mais nenhuma compensação. A fim de evitar a divisão indevida em várias plantas de 10 MW, as instalações serão consideradas como uma planta se entrarem em operação dentro de 24 meses, num raio de 2 km no mesmo município.

A redução da tarifa *feed-in* em 15% esperada para julho de 2012 é antecipada e complementada por uma redução especial. A partir de 01/04/2012, as taxas de remuneração para sistemas fotovoltaicos sobre telhados indicadas no texto, adaptado de (CLEARINGSTELLE, 2019), aplicaram-se:

- Até 10 kW de potência instalada: 19,5 ct/kWh;
- Até 40 kW de potência instalada: 18,5 ct/kWh;
- Até 1.000 kW de potência instalada: 16,5 ct/kWh;
- Até 10 MW de potência instalada: 13,5 ct/kWh;

- Até 10 MW (sistema fotovoltaico sobre o solo) de potência instalada: 13,5 ct/kWh.

### 2 - Metas de expansão:

Foi determinada uma meta de expansão total para sistemas fotovoltaicos subsidiados na Alemanha, totalizando 52 GW. O corredor de expansão anual de 2.500 a 3.500 MW foi mantido sem redução até que essa meta seja alcançada. Uma vez atingida a meta geral de expansão, as novas instalações não recebem mais nenhuma compensação. No entanto, a prioridade de *feed-in* permanece segura para sistemas adicionais posteriores.

### 3 - Modelo de integração de mercado e bônus de autoconsumo:

Para sistemas entre 10 kW e 1.000 kW, apenas 90% da quantidade total de eletricidade gerada foi remunerada por ano. Para as plantas pequenas de até 10 kW, sistemas montados no solo e outros sistemas até 10 MW, a compensação foi de 100% da energia gerada.

O regime aplicou-se a instalações entre 10 e 1.000 kW, que estariam operacionais a partir de primeiro de abril de 2012, mas foram operadas a partir de primeiro de janeiro de 2014.

Em contraste com a taxa de remuneração para sistemas sobre telhado, o modelo de integração de mercado não é calculado em uma base padrão, mas se aplica em cada caso ao volume total de energia dos sistemas analisados. A quantidade de energia não compensada poderia ser consumida, comercializada diretamente ou oferecida ao operador da rede para venda no mercado de ações. O bônus de autoconsumo é eliminado.

## **2.4.5 LEI DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – EEG 2014**

O EEG, sem dúvida, criou a base para a expansão das energias renováveis, transformando-a em um dos principais pilares do fornecimento de eletricidade da Alemanha, com uma participação de 25%. A rápida expansão, no entanto, também resultou em um aumento na sobretaxa de EEG. Além disso, colocava cada vez mais um desafio à estabilidade das redes elétricas e à segurança do abastecimento.

Para melhor controle e planejamento da expansão das energias renováveis, o desenvolvimento concreto de energias renováveis foi definido no EEG de 2014 (EEG, 2014). Até 2025, a quota de energias renováveis deverá situar-se entre 40 e 45% e, em 2035, entre 55

e 60%. Além disso, para cada tecnologia de energia renovável, foram definidas metas de aumento de volume anuais (os chamados corredores de expansão):

- Energia solar: 2,5 GW (brutos) por ano;
- Energia eólica terrestre: 2,5 GW (líquido) por ano;
- Biomassa: construção anual de aproximadamente 100 MW (bruto);
- Energia eólica *offshore*: instalação de 6,5 GW até 2020 e 15 GW até 2030.

O controle na expansão é feito para que, caso forem construídas novas usinas de geração de energia renovável, além do planejado pelo corredor de expansão, ocorre redução automática nas taxas de subsídio.

A reforma do EEG 2014 foi, portanto, um passo importante para o reinício e o futuro sucesso da transição energética. Em particular, tratou-se de diminuir consideravelmente o aumento nos custos, de administrar a expansão das energias renováveis de maneira planejada e de fortalecer a integração das energias renováveis no mercado.

#### **2.4.6 LEI DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – EEG 2017**

O EEG 2017 (EEG, 2017) anunciou uma próxima etapa, que foi uma mudança de paradigma: a partir de 2017, o montante da compensação por energia renovável não seria governamental, mas, sim, determinado por licitações no mercado. Nesse momento, verificou-se que as energias renováveis ocupavam papel de destaque no cenário energético e estavam em condições de enfrentar a concorrência. Dessa forma, como regra, aquele que menos demandou a operação econômica por uma nova usina de energia renovável foi apoiado. O maior número possível de operadores diferentes pôde participar da licitação, desde grandes empresas até empresas comunitárias de energia.

Foi também determinado que a expansão das energias renováveis deveria acompanhar a expansão das redes de eletricidade. A crescente participação das energias renováveis colocou novos desafios para as redes, uma vez que a eletricidade deve ser parcialmente transportada por longas distâncias, dos geradores aos consumidores. Para atender a essa nova situação, foi necessária uma robusta infraestrutura de rede, assim como aperfeiçoamento na coordenação e integração das energias renováveis. Nesta direção, destacam-se:

### 1 - Aluguel de energia elétrica:

Como “aluguel de energia elétrica” entende-se como a eletricidade que é gerada em sistemas solares no telhado de um edifício residencial e entregue aos consumidores finais (em particular inquilinos) neste edifício ou em edifícios residenciais e instalações auxiliares na área geográfica imediata, sem redes de transmissão para o transporte. A energia não consumida pelo locatário é injetada na rede e, assim, remunerada.

Em comparação com a eletricidade adquirida da rede, alguns custos, como encargos de rede, impostos de eletricidade e taxas de concessão, não se aplicam à eletricidade fornecida do locador ao locatário.

O objetivo é envolver os locadores e locatários diretamente na transição energética, criando incentivos adicionais para a operação de sistemas fotovoltaicos em edifícios residenciais, além de não contribuir com a sobrecarga das redes de energia elétrica.

### 2 - Aluguel de telhado

Com o aumento expressivo na demanda por espaço para sistemas fotovoltaicos, assim como as constantes reduções na remuneração para sistemas sobre o solo, investidores iniciaram a procura de telhados adequados para novas instalações. O aluguel de telhados se mostrou adequado tanto para empresas com grandes coberturas de edifícios, quanto para particulares cujo telhado traria possibilidade de geração de renda.

Algumas vantagens que os proprietários dos telhados obtêm:

- Rendimento na forma de aluguel;
- Ausência de custos de investimento para o proprietário do telhado;
- Valorização da imagem de empresas que possuem sistema fotovoltaico;
- Aquisição do sistema fotovoltaico, dependendo do contrato, após o fim do mesmo.

## **2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após a análise dos principais instrumentos (REN 482/2012 e REN 687/2015 no Brasil e leis EEG na Alemanha) que regem a geração de energia fotovoltaica nos dois países, pode-se perceber com clareza que são modelos que apresentam profundas diferenças. Contudo,

cada qual possui objetivos fundamentalmente semelhantes, dentre eles, o principal, que é o fomento de geração de energia a partir de sistemas fotovoltaicos.

Marcante diferença na comparação dos dois instrumentos regulatórios é a utilização da remuneração monetária por energia produzida a partir de sistemas fotovoltaicos na Alemanha, e a proibição de tal monetização na resolução normativa brasileira, que “paga” a energia produzida concedendo “créditos” aos produtores.

A denominada EEG-*Umlage* (ou Alocação), que é a taxa cobrada na conta de energia de toda a população alemã, com o objetivo de financiar a remuneração paga aos proprietários de sistemas fotovoltaicos pela energia injetada na rede, desempenha importante papel na estrutura na qual a lei EEG foi elaborada.

Percebe-se que a transição energética, seja ela em qualquer proporção, possui maiores chances de êxito, se realizada em longo prazo, pois, além de um novo conceito a ser introduzido, é necessário um “tempo de acomodação” e progressiva adaptação.

Nesta perspectiva, considera-se que não se discute mais a importância da inserção da geração fotovoltaica nos sistemas elétricos. Entretanto, conseguir um equilíbrio, que consiga abraçar todas as questões inerentes a transformações tão significativas, exige análise criteriosa dos resultados das ações realizadas, além de adaptações e ajustes necessários.

Dentro desta visão, nos capítulos que se seguem, são analisados os impactos da implementação das políticas públicas nos mercados fotovoltaicos e a revisão dos marcos legais dos setores elétricos brasileiro e alemão.

## **CAPÍTULO 3**

### **IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO DESENVOLVIMENTO DOS MERCADOS FOTOVOLTAICOS DO BRASIL E DA ALEMANHA**

#### **3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

No capítulo anterior, foi apresentada a evolução da transição energética dos marcos regulatórios brasileiro e alemão, formando a base para discussões sobre o impacto das decisões das Resoluções Normativas (Brasil), e das Leis de Energias Renováveis (Alemanha), relativas ao fomento à energia fotovoltaica.

Nesta direção, este capítulo tem o objetivo de descrever o desenvolvimento do mercado fotovoltaico alemão e brasileiro, por diferentes segmentos de mercado, regiões e classes de dimensão e de, a partir das informações obtidas, avaliar e comparar a eficiência das políticas públicas adotadas refletidas nos resultados.

O capítulo inicia sua abordagem descrevendo o sistema alemão, com ênfase nos anos de 2010 e de 2017. Com respeito ao Brasil, a análise corresponde aos anos de 2012 a 2017.

#### **3.2 ALEMANHA – ANÁLISE HISTÓRICA EM 2010**

Conforme introduzido no capítulo anterior, desde a entrada em vigor do EEG, em abril de 2000, a energia fotovoltaica na Alemanha passou por uma curva acentuadamente crescente no que se refere à utilização dessa fonte de energia. A Alemanha expandiu ainda mais sua posição como o maior mercado de vendas de sistemas fotovoltaicos, e obteve em 2010 uma nova capacidade instalada de 7,4 GW (FRAUNHOFER ISE, 2012) para cerca de dois quintos do mercado mundial de aproximadamente 18 GW. Em termos de capacidade instalada acumulada em todo o mundo, a Alemanha representava mais de 40%.

A obrigação de registrar novas instalações na Agência Federal de Redes, introduzida com a emenda EEG em 2009, permitiu monitorar a evolução do mercado de forma mais

dinâmica e exata, conforme ilustra a Figura 3.1, retirada de (REICHMUTH, 2011). Antes da obrigatoriedade de registro, a capacidade instalada real só poderia ser declarada com um atraso da ordem de um ano. Como resultado, em alguns casos, relatórios contraditórios sobre o desenvolvimento do mercado circularam e o monitoramento ficou prejudicado.

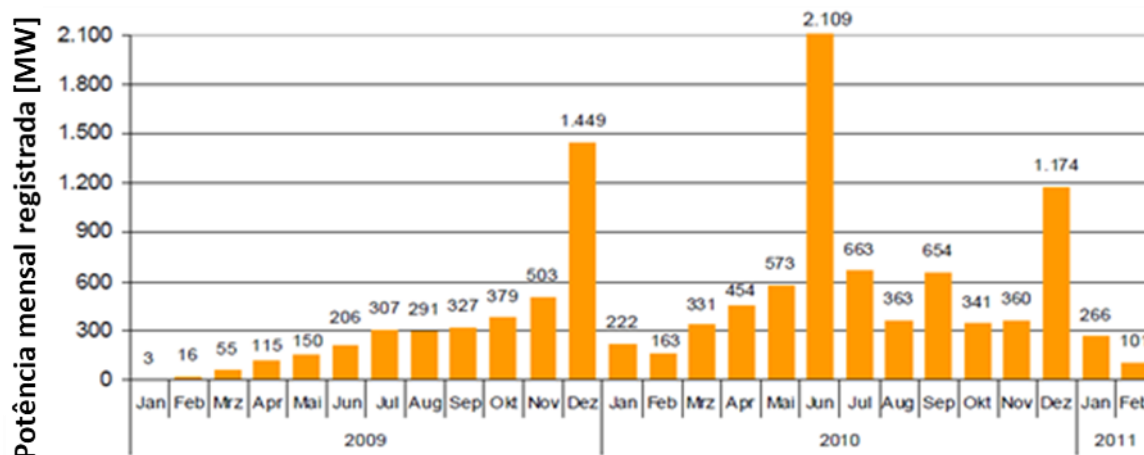


Figura 3.1: Desenvolvimento de energia fotovoltaica segundo registro à Agência Federal de Rede entre os meses de janeiro de 2009 e fevereiro de 2011. Fonte: (REICHMUTH, 2011)

O requisito de registro implementado permitiu uma avaliação real do volume de mercado, embora não seja consultada a data de comissionamento dos sistemas. No entanto, a comparação com os números oficiais do Relatório de Estatísticas 2009 (EEG, 2009) mostra que o número de registros de 3.802 MW para o ano de 2009, por exemplo, corresponde muito bem ao aumento real de 3.793 MW, informado pelo operador de rede (REICHMUTH, 2011).

O fato do enfraquecimento no mercado fotovoltaico espanhol no final de 2008 teve consequências de longo alcance para a indústria fotovoltaica como um todo e para o mercado fotovoltaico alemão em particular. Vários fabricantes de módulos haviam calculado maior crescimento no mercado espanhol e expandido sua capacidade de produção. Consequentemente, a falta de vendas no mercado espanhol resultou em um excesso de oferta de módulos e, assim, preços bem menores no decorrer de 2009 (IEA, 2013). A queda nos preços dos sistemas fotovoltaicos, combinada com atraentes tarifas de alimentação, levou a um mercado em crescimento contínuo na Alemanha e a um forte segundo semestre do ano. O crescimento culminou em um quarto trimestre muito forte, tendo em vista a regressão na virada do ano, que responde por mais de 60% da capacidade instalada de cerca de 3,8 GW em 2009.

Em 2010, a potência total instalada foi novamente maior em relação ao ano anterior. No entanto, o desenvolvimento do mercado ficou aquém das expectativas de até 10 GW, devido a um quarto trimestre comparativamente fraco. Comparado com 2009, em particular, o desenvolvimento no primeiro semestre do ano contribuiu para um forte crescimento do mercado. Isto é em grande parte devido às discussões no período que antecede à redução da compensação e os efeitos resultantes.

A Tabela 3.1, retirada de (EEG, 2012) mostra o desenvolvimento da potência instalada desde 2000, considerando três diferentes tipos de instalações. O ponto de partida são os dados reportados pelos operadores do sistema de transmissão referentes aos sistemas fotovoltaicos remunerados de acordo com o EEG, para as plantas comissionadas no final de 2009.

Tabela 3.1: Desenvolvimento anual de potência instalada de acordo com tipos de sistemas fotovoltaicos.

Fonte: (EEG, 2012)

[MW <sub>p</sub> ]	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Construção anual total	53	110	110	139	670	951	843	1.271	1.950	3.794	7.408
Sistemas sobre o telhado	53	109	100	134	622	881	779	1.097	1.744	3.113	6.282
Sistemas sobre o solo	0	1,3	10	5,1	46	69	62	172	205	679	1.122
Sistemas em fachada	0	0,03	0	0	2,0	1,4	1,3	1,4	1,2	1,7	4,2

De acordo com dados da Agência Nacional de Redes, também denominada BnetzA, o mercado fotovoltaico anual cresceu de 53 MWp em 2000 para 412 MWp em 2003. Os sistemas de fachada (*Fassadenanlage*), que praticamente não tinham relevância durante esse período, e os sistemas montados sobre o solo (*Freiflächenanlagen*), foram construídos apenas dentro do limite de potência de 100 kW. Com a alteração do EEG em 2004, em que é introduzido bônus pela instalação de sistema fotovoltaico em fachada de 5ct/kWh e atrativa remuneração para sistemas fotovoltaicos instalados sobre o solo, foi criada a base legal para o crescimento adicional do mercado de geração fotovoltaica na Alemanha.

Com a introdução do bônus de fachada na EEG de 2004, um total de aproximadamente 7 MWp de sistemas integrados de fachadas foi instalado de 2004 até o final de 2008, e cerca de 13 MWp até o final de 2010. Em 2009 e 2010 foram instalados sistemas montados no solo com uma potência de 680 MW e 1.120 MW, respectivamente. A parcela de

sistemas montados sobre o solo cresceu em 2009 para 18% de construção adicional, conforme Figura 3.2, retirada de (REICHMUTH, 2011).

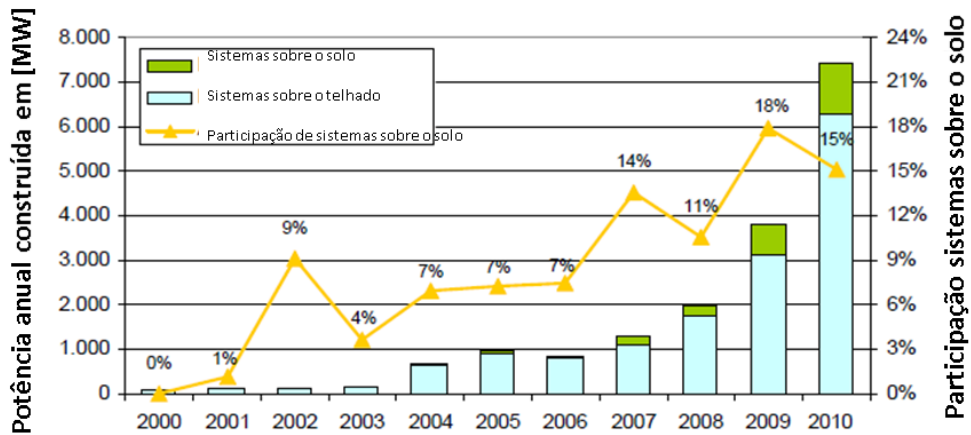


Figura 3.2: Desenvolvimento do crescimento anual de potência para sistemas fotovoltaicos sobre o telhado e sobre o solo (sem sistemas de fachadas). Fonte: (REICHMUTH, 2011)

No final de 2010, aproximadamente 850.000 sistemas fotovoltaicos foram instalados na Alemanha. O estoque da planta cresceu para uma produção total de 17,3 GW até o final de 2010. Devido ao forte crescimento no segmento de sistemas fotovoltaicos sobre o solo nos anos de 2009 e 2010, a participação de tais sistemas aumentou para uma fatia de 14%, conforme Figura 3.3, retirada de (REICHMUTH, 2011).

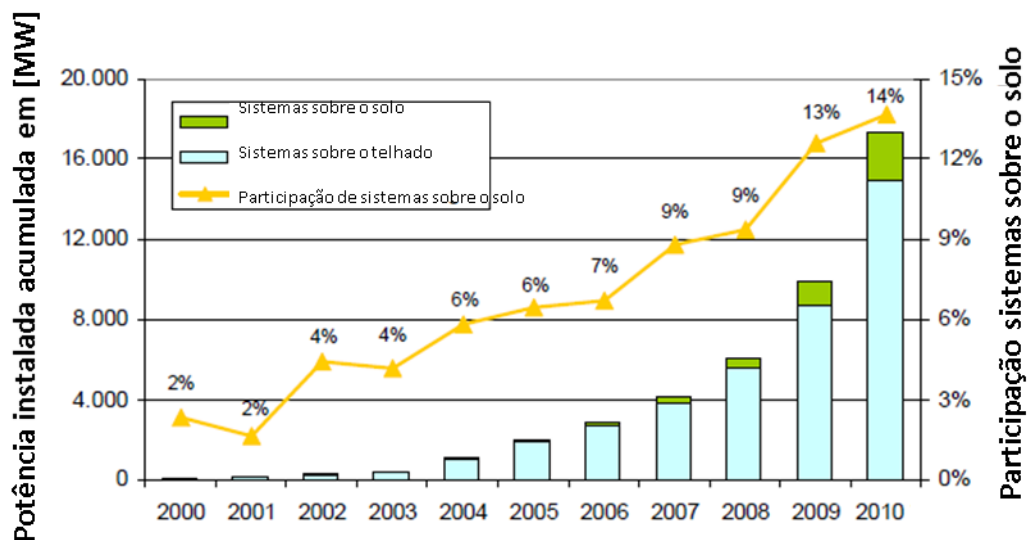


Figura 3.3: Desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos para telhados e sistemas sobre o solo (sem apresentação dos sistemas de fachada). Fonte: (REICHMUTH, 2011)

A geração de energia fotovoltaica totalizou aproximadamente 12 TWh em 2010, cerca de 2% do consumo bruto de eletricidade na Alemanha. (FRAUNHOFER ISE, 2012).

A abordagem a seguir de classes de sistemas fotovoltaicos não visa diferenciá-las com base na remuneração do EEG, mas dar uma visão geral do número de sistemas instalados anualmente, sem se diferenciar em sistemas de telhado, fachada ou espaço aberto. Segundo o EEG 2000 e o EEG 2004, tem-se: sistemas sobre telhados e sobre o solo até 30, até 100 e a partir de 100 kW; sistemas sobre o solo. Segundo o EEG 2009, tem-se: sistemas sobre telhados até 30, até 100, até 1.000 e a partir de 1.000 kW; sistemas sobre o solo.

O desenvolvimento nos anos de 2000 a 2010 mostra uma tendência clara para maiores participações de sistemas com maior potência. Ao mesmo tempo, a significância de sistemas pequenos, até 10 kW, diminuiu. A participação da capacidade instalada com sistemas pequenos de até 10 kW caiu de 66% em 2000, para 53% em 2003, conforme mostrado na Figura 3.4, retirada de (REICHMUTH, 2011). A entrada em vigor do EEG em 2004 e a abolição do limite de potência de 100 kW para sistemas montados no solo aumentou a porcentagem de plantas acima de 100 kW. A partir de 2007 percebe-se o crescimento de sistemas fotovoltaicos sobre o solo e de sistemas de telhado entre 100 e 1.000 kW.

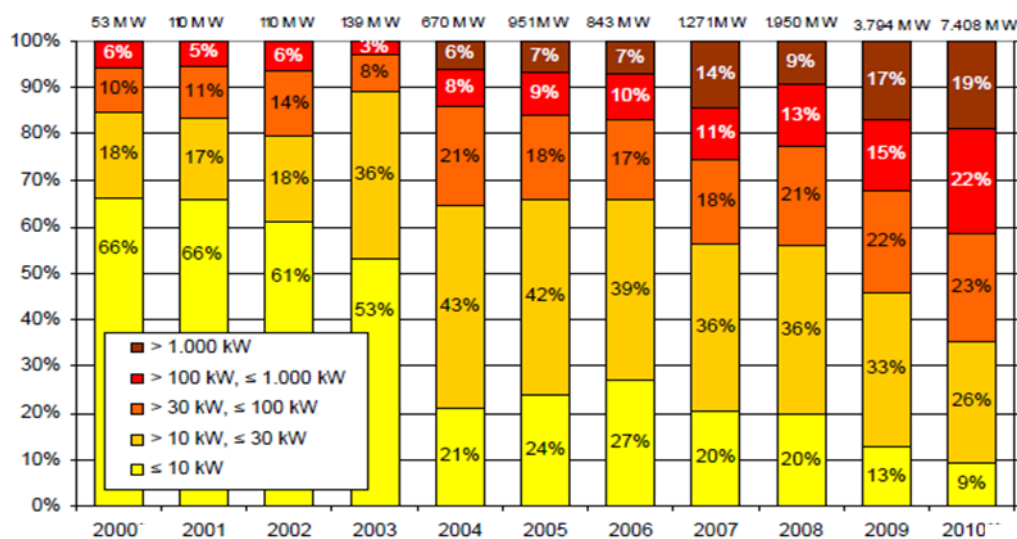


Figura 3.4: Distribuição da capacidade anual instalada de usinas fotovoltaicas desde 2000, de acordo com as classes de tamanho da usina (no total, cerca de 17,3 GW). Fonte: (REICHMUTH, 2011)

Em termos do número de sistemas instalados anualmente, as pequenas instalações se destacaram, conforme mostrado na Figura 3.5, retirada de (REICHMUTH, 2011). Com a entrada em vigor do EEG 2004, o crescimento de plantas com capacidade de 10 a 30 kW foi

evidente. Esta classe de tamanho era a preferida no estado alemão da Baviera. No que diz respeito às notificações de sistema recebidas pela agência BNetzA em 2010, segundo (EEG, 2012), quase 40% das notificações na classe de potência de 10 a 30 kW diziam respeito à Baviera.

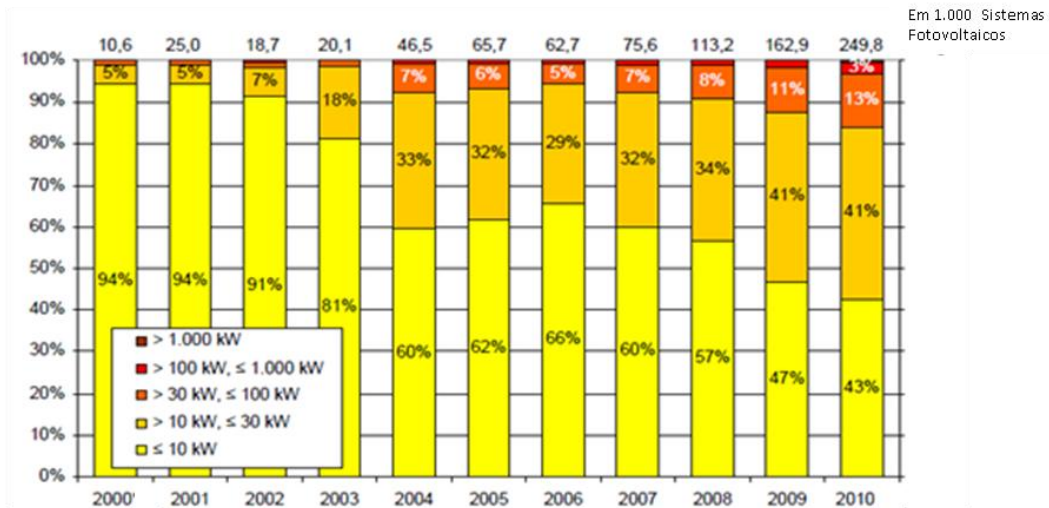


Figura 3.5: Distribuição de sistemas fotovoltaicos instalados desde 2000 por classe de tamanho (no total, cerca de 850.000 sistemas). Fonte: (REICHMUTH, 2011)

Para sistemas solares de até 10 kW um nível adicional de cerca de 220 MW foram instalados nos anos de 2005 e 2006 e de 700 MW até 2010, conforme ilustrado na Figura 3.4. A mesma tendência pode ser vista na adição de sistemas pequenos até 10 kW em termos do número de sistemas, com aproximadamente 40.000 em 2005 e 2006 e 107.000 em 2010, conforme ilustrado na Figura 3.5.

A tendência de pouco crescimento de sistemas fotovoltaicos de baixa potência, que pode ser vista na Tabela 3.2, retirada de (Fraunhofer ISE, 2012), não se deveu ao fato de que poucos sistemas foram instalados, mas ao fato de que as taxas de crescimento de sistemas com maior potência eram significativamente maiores.

Tabela 3.2: Taxas de crescimento médio anual (CAGR) para sistemas fotovoltaicos instalados entre 2000 e 2010 por classe de tamanho. Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2012)

	Taxa de crescimento média : 2000 - 2010 (CAGR)	
	Por potência	Por quantidade
≤ 10 kW	37%	27%
> 10 kW, ≤ 30 kW	72%	70%
> 30 kW, ≤ 100 kW	82%	80%
> 100 kW, ≤ 1.000 kW	91%	89%
> 1.000 kW	80%	70%
TOTAL	66%	37%

O menor crescimento é visto em sistemas inferiores ou iguais a 10 kW, para os quais há uma taxa de crescimento anual de 37% (pela potência) e 27% (pelo número de instalações), respectivamente, entre 2000 e 2010. Em todas as classes de desempenho, a taxa de crescimento da capacidade instalada foi superior ao número de instalações em termos de número de unidades.

As instalações que foram reportadas à agência BNetzA entre janeiro de 2009 e dezembro de 2010, que se enquadram no EEG e que entraram em vigor no início de 2009, mostram duas acumulações características. Conforme registrado na Figura 3.6, retirada de (REICHMUTH, 2011), em termos de número de sistemas instalados, Figura 3.6 (a), e de potência instalada, Figura 3.6 (b). O foco está na faixa de tamanho típico dos sistemas em casas isoladas e geminadas entre 3 e 10 kW. Um foco adicional é mostrado pelo já mencionado tamanho do sistema de 30 kW, que, do ponto de vista do investidor, representa uma relação muito atraente entre o preço do sistema e a taxa de remuneração.

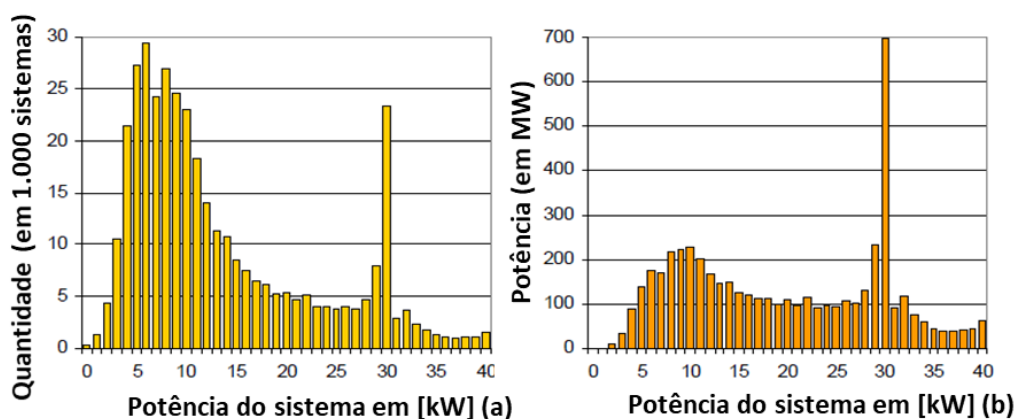


Figura 3.6: Distribuição de tamanho dos sistemas fotovoltaicos até 40 kW reportados à agência BNetzA entre janeiro de 2009 e dezembro de 2010 de acordo com (a) o número de sistemas instalados (*Anzahl*) e (b) a potência (*Leistung*). Fonte: (REICHMUTH, 2011)

Após o ano de 2010, em que a capacidade instalada aumentou em 7,4 GW, apesar das incertezas crescentes no mercado, mudanças futuras nas condições de subsídio, bem como a previsão para a expansão maciça das capacidades de produção global, naquele momento, eram imprevisíveis.

Os principais impulsionadores do desenvolvimento do mercado fotovoltaico na Alemanha em 2011 foram os seguintes:

- A regulamentação da depreciação dependente da produção em meados do ano, com degraú degressivo de 0 a 15%, dependendo do desempenho da planta reportado à agência BNetzA em março, abril e maio;
- A expansão das capacidades de produção, especialmente na região asiática e a pressão de preços assim resultante em todas as fases da cadeia de valor;
- As condições ainda atrativas para a instalação de sistemas fotovoltaicos na Alemanha, em especial, como a duração da aprovação e o procedimento de ligação à rede;
- O fato de, em 2011, nenhum outro mercado conseguir construir uma escala semelhante ao mercado fotovoltaico alemão e exigir quantidades significativas de módulos.

Neste contexto, esperava-se que a Alemanha fosse o maior mercado em 2011. Devido à forte expansão da capacidade de produção, ao excesso de oferta crescente e à queda nos preços associados, era esperado que, apesar das taxas de subsídio relativamente baixas, os investimentos fossem atraentes.

Um ponto que merece destaque é a Distribuição Fotovoltaica Regional, no que diz respeito aos sistemas fotovoltaicos sobre o solo.

A distribuição regional da potência fotovoltaica instalada na Alemanha mostra um foco no sul do país. Mais da metade da produção total está instalada nos dois estados federais do sul (Bayern e Baden-Württemberg). A capacidade instalada nacional de 17,3 GW leva a um valor per capita de 212 W por habitante. Com 510 e 259 W por habitante, os dois estados têm a maior capacidade instalada em valores específicos. Com 239 W e 223 W por habitante, seguem Schleswig-Holstein e Brandenburg (Brandenburgo).

Para ilustrar a importância dos sistemas montados no solo, a Figura 3.7, retirada de (IEA, 2013), mostra, em números absolutos, que o maior número de sistemas foi instalado na

Baviera (Bayern), enquanto os estados alemães orientais de Brandemburgo, Saxônia (Sachsen), Saxônia-Anhalt (Sachsen-Anhalt) e o estado ocidental de Renânia-Palatinado (Rheinland-Pfalz) tiveram níveis particularmente altos de energia fotovoltaica instalados sobre o solo.



Figura 3.7: Distribuição da capacidade fotovoltaica instalada total no final de 2010, bem como participações de desempenho específicas de cada estado em sistemas sobre o solo e telhado. Fonte: (IEA, 2013)

Como mostrado na Figura 3.8, retirada de (IEA, 2013), no final de 2003, os sistemas sobre o solo haviam crescido para cerca de 18 MW, o que representava 4% do estoque fotovoltaico total. O EEG 2004 criou incentivos mais fortes para expandir a implementação desta modalidade de energia fotovoltaica. Todo o mercado fotovoltaico apresentou um forte crescimento de 50% em 2007, o que ainda foi muito excedido pelo desenvolvimento dos sistemas sobre o solo. A construção de novas usinas em 2007 cresceu por um fator de 2,6 em comparação com o ano anterior.

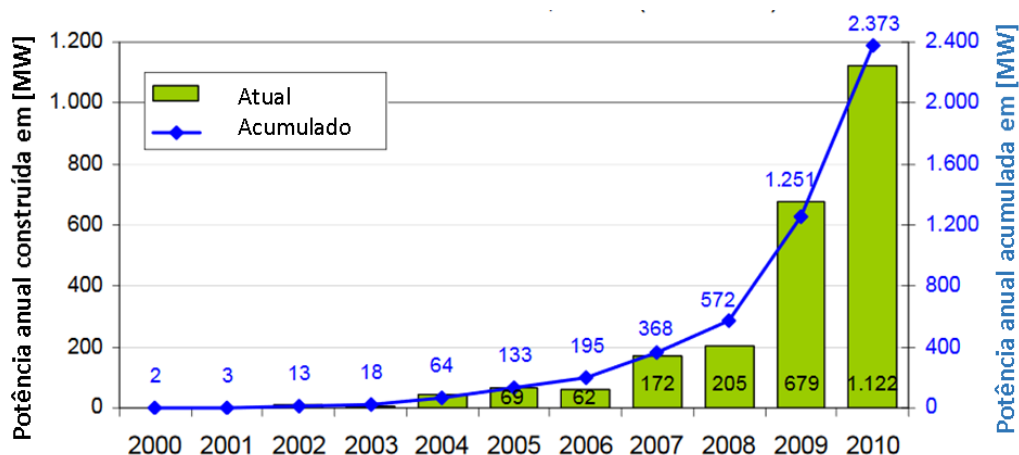


Figura 3.8: Desenvolvimento do acúmulo de desempenho após as fases de construção e capacidade instalada acumulada no segmento de instalações sobre o solo. Fonte: de (IEA, 2013)

Após uma expansão modesta em 2008, o segmento de usinas sobre o solo cresceu fortemente em 2009 e até superou a dinâmica do mercado fotovoltaico global neste ano. Em 2009, novas plantas com uma produção total de cerca de 680 MW foram instaladas na Alemanha. Assim, no final do ano de 2009, os ativos aumentaram para mais de 1,3 GW. O crescimento continuou em 2010, com um aumento de mais de 1,1 GW, elevando a potência total instalada de sistemas fotovoltaicos sobre o solo para quase 2,4 GW.

### 3.3 ALEMANHA – ANÁLISE HISTÓRICA EM 2017

No final de 2017, sistemas solares fotovoltaicos, com um total de 42,5 GW, foram instalados na Alemanha. A construção anual aumentou para aproximadamente 1,1 GW em 2015, para 1,5 GW em 2016, e aumentou ainda mais em 2017 para 1,7 GW, como mostrado na Figura 3.9, retirada de (FRAUNHOFER ISE, 2018). A quantidade de energia gerada atingiu um novo recorde em 2017, com 38,4 TWh.

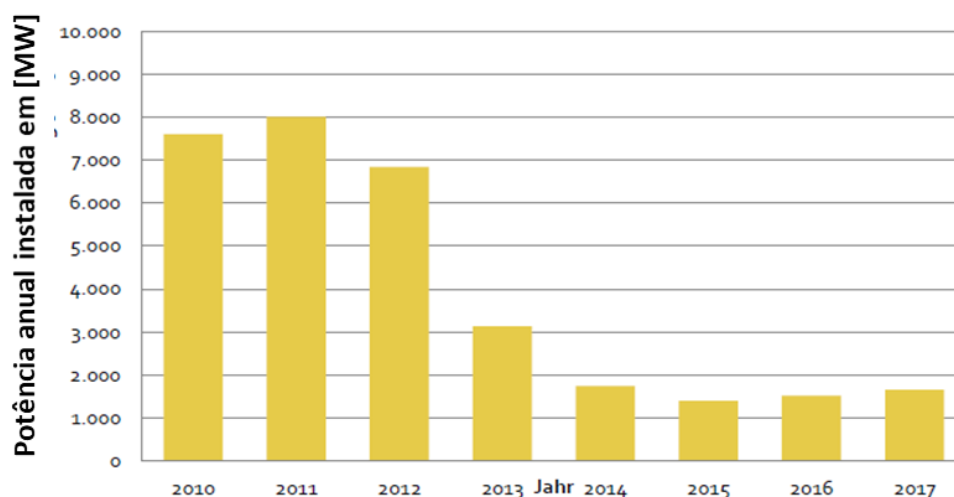


Figura 3.9: Crescimento anual em MW, Energia Solar Fotovoltaica (Alemanha, 2010-2017).

Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2018)

Em julho e agosto de 2015, muitos sistemas montados no solo foram instalados no segmento de 500 a 1.000 kW, devido ao fato do valor a ser aplicado ter sido reduzido a zero em setembro de 2015 como resultado da introdução de subsídios. Em dezembro de 2015, usinas do segmento de energia de 100 a 500 kW foram instaladas para evitar a obrigação de comercialização direta aplicável a partir de 1 de janeiro de 2016 para instalações acima de 100 kW. No final de 2016, a expansão de sistemas montados no telhado com mais de 750 kW foi estimulada, pois tais sistemas teriam que participar do sistema de licitação com a entrada em vigor do EEG 2017.

A partir das Figuras 3.9 e 3.10, retiradas de (FRAUNHOFER ISE, 2018), nota-se que o potencial para a energia solar em telhados e sobre o solo continuava favorável para o desenvolvimento dessa tecnologia. As projeções para 2015 mostravam um potencial estimado para instalações em telhados de 1.606 km<sup>2</sup> (849 km<sup>2</sup> de edifícios residenciais, 757 km<sup>2</sup> de edifícios não residenciais), o que equivale a uma capacidade instalada de 257 GW com uma eficiência de sistema de 16%. (FRAUNHOFER ISE, 2018).

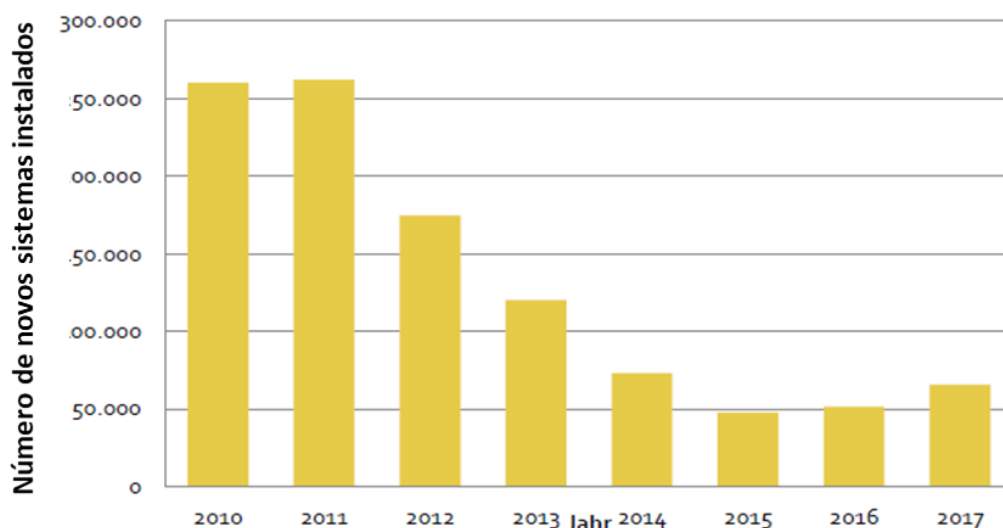


Figura 3.10: Construção anual de usinas, Energia Solar Fotovoltaica (Alemanha, 2010-2017).

Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2018)

O motivo pelo qual houve uma relevante diminuição entre os anos de 2011 e 2013 do número de novas instalações fotovoltaicas, assim como no crescimento anual, em MW, para sistemas fotovoltaicos, foi a redução (como média entre as diversas faixas de potência) de aproximadamente 15 centavos de euro por kWh, conforme ilustrado na Figura 3.11 retirada de (MURKISCH, 2018).

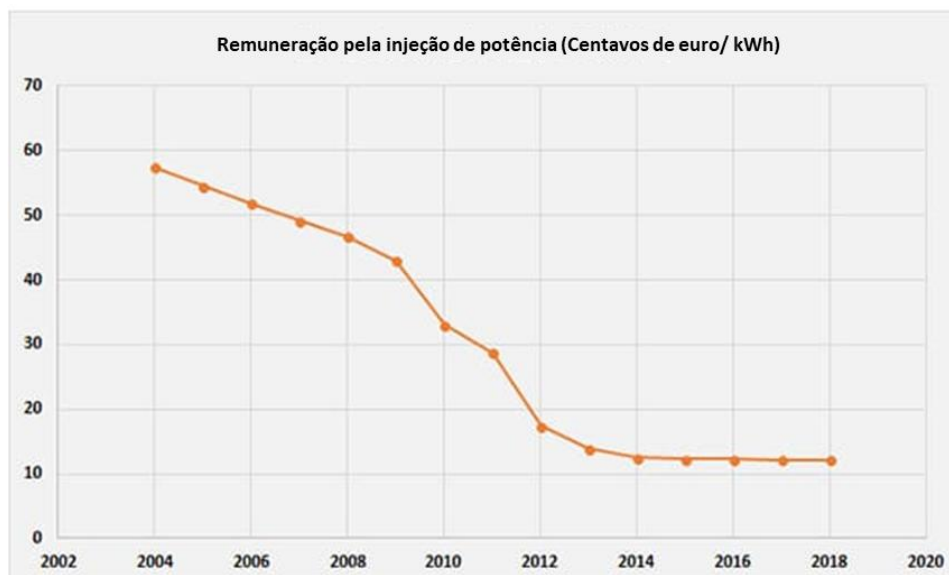


Figura 3.11: Evolução da remuneração paga pela energia injetada na rede entre os anos de 2004 e 2018.

Fonte: (MURKISCH, 2018)

As Figuras 3.12 e 3.13, retiradas de (FRAUNHOFER ISE, 2018), ilustram a capacidade instalada no final de 2017 por estado, na Alemanha.

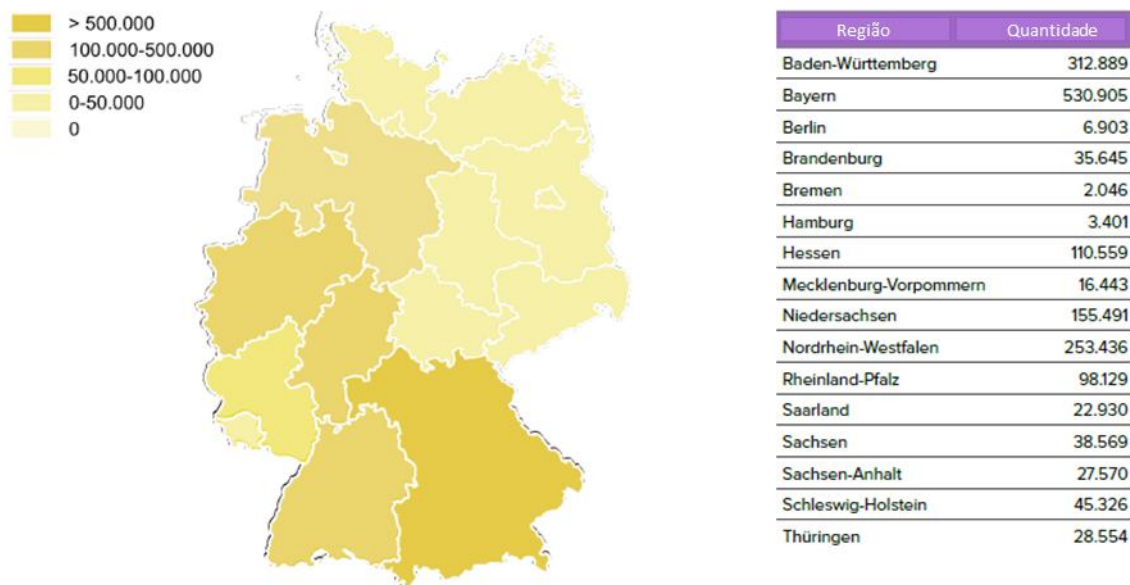


Figura 3.12: Número de sistemas solares fotovoltaicos no fim de 2017 por estado na Alemanha.

Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2018)

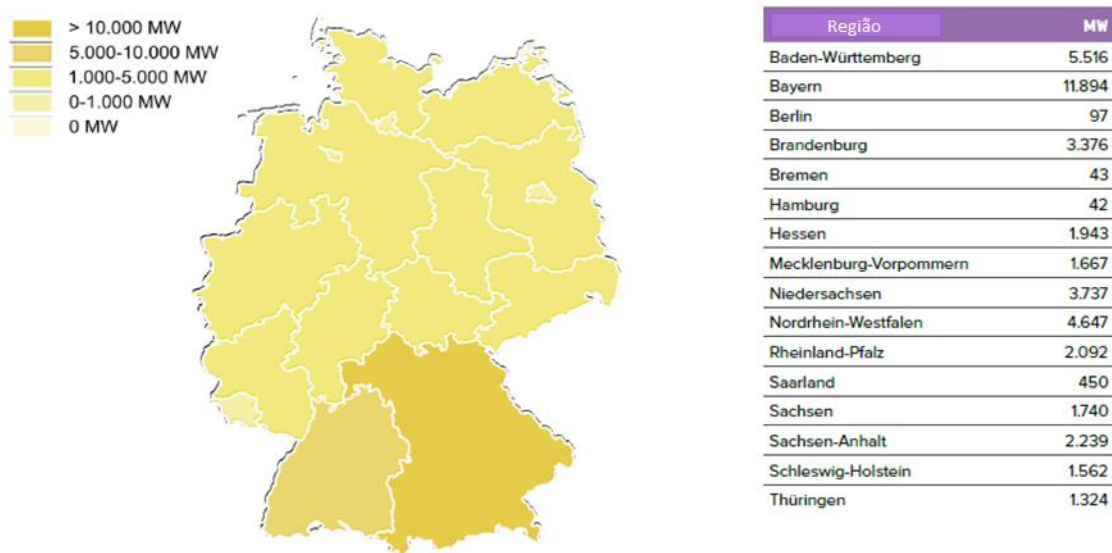


Figura 3.13: Potência instalada em MW de sistemas solares fotovoltaicos no fim de 2017 por estado na Alemanha. Fonte: (FRAUNHOFER ISE, 2018)

Nota-se que, no que se refere à quantidade de sistemas instalados, Figura 3.12, há uma relevante participação de diferentes regiões na composição de sistemas fotovoltaicos instalados no país. Já com relação ao volume de potência instalada, Figura 3.13, há um domínio da região sul da Alemanha na composição da potência total instalada.

### 3.4 BRASIL – ANÁLISE HISTÓRICA DE 2012 A 2017

Em 2013 a EPE, no documento (EPE, 2013) divulgou estudo onde foi dito: “As conclusões a que se chegou na avaliação desenvolvida na seção precedente apontam para um quadro em que não se pode ainda afirmar que a geração fotovoltaica distribuída é competitiva de forma geral e ampla, pode-se perceber uma tendência robusta nessa direção”.

Com base nesse estudo realizado em 2013, ano em que entrou em vigor a principal e única resolução normativa que fundamenta e fomenta a aplicação da tecnologia solar fotovoltaica como fonte de geração distribuída, percebeu-se a necessidade de um “movimento” dos agentes responsáveis pelo fomento de tal tecnologia, com o objetivo de ampliar, desde então, o alcance da penetração da geração fotovoltaica distribuída em curto/médio prazos. Tal ampliação seria possível, segundo o mesmo estudo citado acima, caso fossem adotadas medidas de incentivo, ou seja, políticas propulsoras.

Como já mencionado em capítulos anteriores e em exemplos abordados na Alemanha, pode-se perceber como uma sólida composição de políticas públicas é fundamental para o incentivo e para a adoção, de forma geral, da cultura que se deseja disseminar, e que o governo brasileiro foi informado e estava atento para tal.

Como principais mecanismos de incentivo à aplicação de fontes renováveis citam-se:

- O sistema de preços (*feed-in tariff*): já abordado como sendo a realidade alemã, em que a geração por fontes renováveis é adquirida a preços diferenciados; neste sistema de preços toda a energia produzida pela fonte incentivada é medida e remunerada a preços diferenciados;
- O sistema de cotas (*renewable certificates* e leilões de compra): sistema pelo qual as distribuidoras de energia elétrica são obrigadas a atender parte de seu mercado com fontes renováveis.

A Tabela 3.3, retirada de (EPE, 2012), ilustra um maior leque existente de opções que pode ser oferecido ou proposto por mecanismos de incentivo a sistemas de energias renováveis. Nesta tabela, a sigla FV indica geração fotovoltaica.

Tabela 3.3: Descrição dos principais mecanismos utilizados para incentivar a geração fotovoltaica.

Fonte: (EPE, 2012)

Mecanismo	Breve descrição
Tarifa-prêmio	Aquisição, pela distribuidora, da energia a uma tarifa superior àquela paga pelo consumidor. Subsídio dado pelo governo e repassado aos demais consumidores.
Cotas (ROC, RPO, REC, RPS e leilões)	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica a partir de fontes renováveis.
Subsídio ao investimento inicial	Subsídio direto, seja sobre equipamentos específicos, seja sobre o investimento total no sistema fotovoltaico.
Dedução no imposto de renda	Dedução no imposto de renda de parte ou todo investimento realizado em sistemas fotovoltaicos.
Incentivo à aquisição de eletricidade “verde” oriunda de sistemas fotovoltaicos	Confere ao consumidor final o direito de escolha quanto à aquisição de eletricidade proveniente de geração fotovoltaica, mediante o pagamento de uma tarifa maior.
Obrigatoriedade de aquisição de FV no portfólio obrigatório de renováveis	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica proveniente de geração fotovoltaica.
Fundos de investimentos para FV	Oferta de ações em fundos privados de investimentos
Ações voluntárias de bancos comerciais	Concessão preferencial de hipotecas para construções que possuam sistemas fotovoltaicos e empréstimos para instalações destes sistemas.
Ações voluntárias de distribuidoras	Mecanismos de suporte à aquisição de energia renovável pelos consumidores, instalação de plantas centralizadas de FV, financiamento de investimentos e modelos de aquisição de eletricidade derivada de FV.
Padrões em edificações sustentáveis	Estabelecimento de padrões mínimos de desempenho para edificações (existentes e novas), cujo contexto favorece, entre outras, a adoção de sistemas fotovoltaicos.

Vale destacar que, dentre os mecanismos de incentivo à geração solar fotovoltaica, o *feed-in tariff*, principal mecanismo de incentivo adotado na Alemanha, também foi implementado em outros seis países (Itália, França, Estados Unidos, Japão e Espanha) líderes em capacidade instalada mundial referente à geração solar fotovoltaica.

Tal aplicação pode ser fundamentalmente atribuída à atratividade deste instrumento segundo a ótica dos investidores. Nestes países, em geral, o negócio *feed-in* solar tornou-se uma oportunidade de baixo risco e alto retorno, em contratos de até 25 anos de duração.

O Brasil, como já foi dito, estava atento ao que ocorria no mundo, em relação às melhores e mais eficientes alternativas para se incentivar a energia solar fotovoltaica e optou pelo *net-metering*, que é a modalidade em que não se recebe nenhum recurso financeiro pela energia injetada na rede, mas sim um “crédito de energia”, o qual se pode utilizar posteriormente.

A publicação da REN 482/2012, assim como da REN 481/2012, dentre outras ações de fomento em 2011/2012, inclui:

- A Chamada Pública ANEEL, referente ao Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Estratégico Nº 13/2011<sup>5</sup>, que possibilitou o aprimoramento do conhecimento, sobre as diferentes tecnologias dessa forma de geração, e de como seriam suficientes, contemplando as alterações propostas nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), para viabilizar, do ponto de vista regulatório, a geração distribuída em unidades consumidoras da baixa tensão, residenciais e comerciais e no âmbito governamental;
- O Plano Brasil Maior, lançado pelo Governo Federal em agosto de 2011, que visou orientar políticas de desenvolvimento industrial que melhorassem as condições competitivas do país. Nesse plano, a dimensão estruturante das diretrizes setoriais contempla a cadeia de suprimentos em energia, na qual se prevê o desenvolvimento de fontes renováveis, abrangendo as energias eólica e solar.

Inicialmente, e em primeira análise, poderia se pensar que o Brasil tivesse enorme potencial de desenvolvimento na aplicação da energia solar fotovoltaica, por possuir incidência de radiação solar acima da média mundial, e por suas tarifas de energia elétrica estarem em patamares parecidos, quando comparadas aos países líderes em capacidade instalada de geração distribuída fotovoltaica. No entanto, o problema considerado “chave”, para que uma rápida e volumosa disseminação da fonte não ocorresse, foi o sistema de *net-metering*, adotado no Brasil, o qual não oferece a mesma atratividade proporcionada por outros mecanismos empregados em outros países.

---

<sup>5</sup> P&D Estratégico Nº 13/2011, “Arranjos técnicos e comerciais para inserção de projetos de geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”, em decorrência do qual foram selecionados 17 projetos fotovoltaicos, totalizando 23,6 MW, a serem instalados nas diversas regiões do país até 2015.

Após a publicação da REN 482/12, iniciou-se no país um lento processo de difusão de micro e minigeradores distribuídos, o qual começou a se acelerar a partir de 2016. A Figura 3.14, retirada de (ANEEL, 2017) apresenta os valores acumulados de conexões e consumidores que receberam os créditos de micro e minigeração distribuída até maio de 2017.

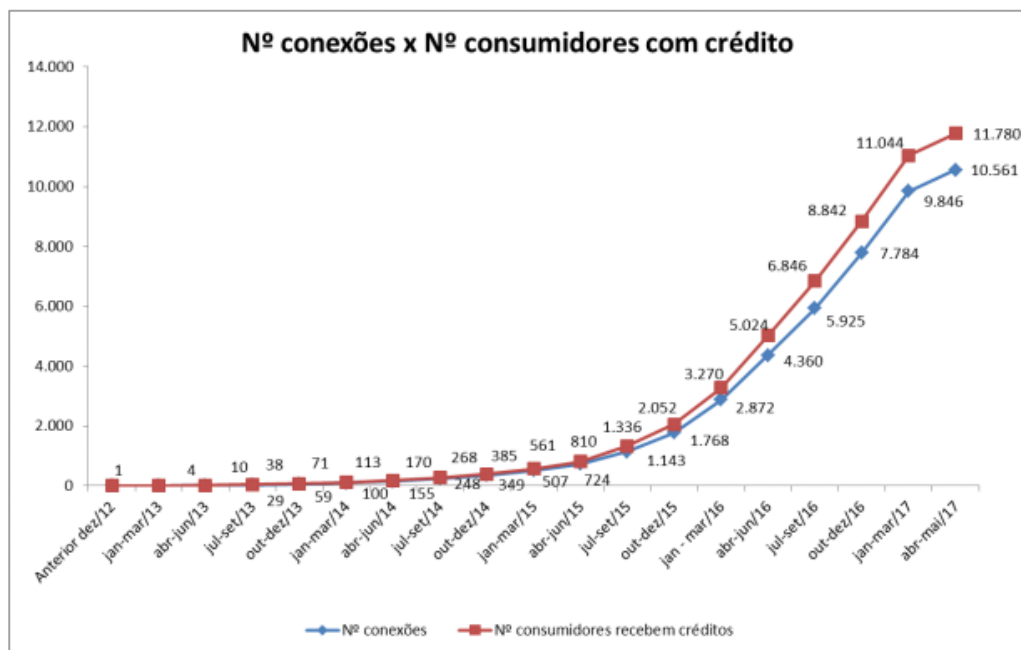


Figura 3.14: Número de micro e minigeradores até 23/05/2017.

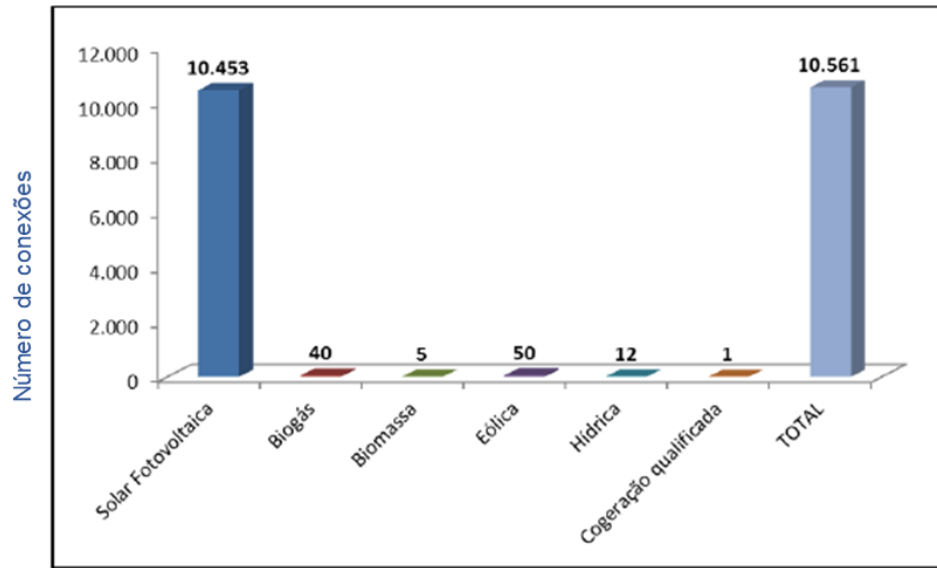
Fonte: (ANEEL, 2017)

Conforme apresentado na Figura 3.14, e segundo (ANEEL, 2017), “o número de consumidores com micro ou minigeração distribuída no final de 2016 é 4,4 vezes superior ao registrado no final de 2015, indicando um crescimento acentuado no último ano, mas ainda abaixo do potencial de expansão no país”.

A partir da publicação da REN 687/2015, que entrou em vigor em janeiro de 2016, foi ampliado o leque de alternativas de injeção de energia na rede, conforme abordado no Capítulo 2, para: empreendimentos com muitas unidades consumidoras; geração compartilhada; autoconsumo remoto. Tal flexibilização à norma contribuiu para que os consumidores tivessem mais possibilidades para investir em sistemas fotovoltaicos, aumentando, assim, o número de conexões.

A Figura 3.15, retirada de (ANEEL, 2017), ilustra a distribuição dos geradores instalados por fonte de energia. A fonte solar fotovoltaica, com 10.453 conexões,

representava, em 2017, 99% do número total de instalações, seguida pela fonte eólica, com 50 conexões.

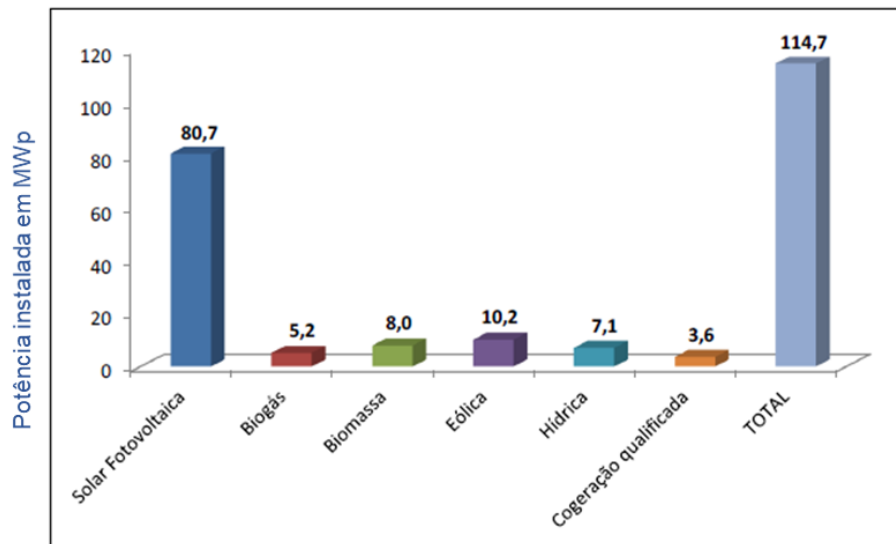


Fonte de energia segundo REN 482

Figura 3.15: Conexão por tipo de fonte até maio de 2017.

Fonte: (ANEEL, 2017)

Em termos de potência instalada, a fonte solar, com 80,7 MW, responde por 70% e a eólica, com 10,2 MW, por 9%, conforme apresentado na Figura 3.16, retirada de (ANEEL, 2017).



Fonte de energia segundo REN 482

Figura 3.16: Potência instalada por fonte até maio de 2017.

Fonte: (ANEEL, 2017)

A Figura 3.17, retirada de (ANEEL, 2017), apresenta a evolução da potência instalada desde 2012. Observa-se, assim como na Figura 3,14, forte crescimento em 2016, com aumento de 407% em relação a 2015.

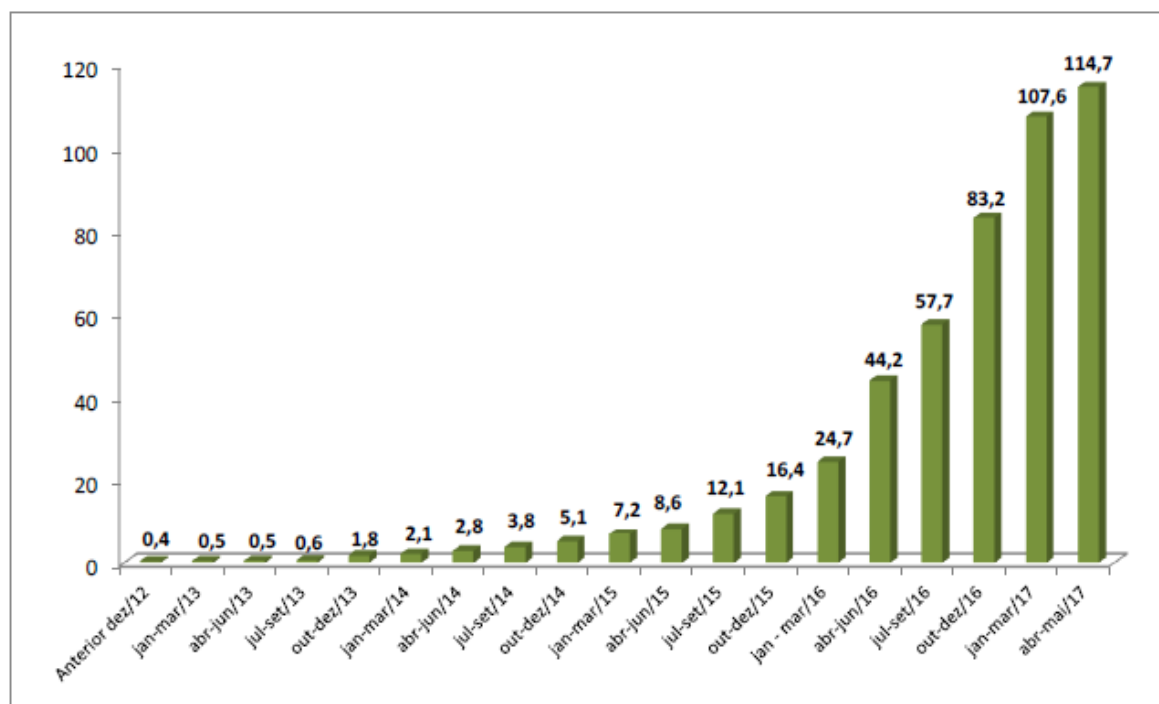


Figura 3.17: Evolução da potência instalada (MW) até maio de 2017.

Fonte: (ANEEL, 2017)

A partir do estabelecimento, pela REN 687/15, das modalidades de geração distribuída, a Figura 3.18, retirada de (ANEEL, 2017), ilustra a quantidade de conexões e de consumidores que recebem os créditos, do total de 10.561, para o número de conexões, e 11.780, para o número de consumidores.

Conforme abordado no Capítulo 2, ressalta-se que, no caso de geração na própria unidade consumidora, o sistema atende apenas ao próprio local de consumo, e nos outros casos, a geração destina-se a mais de uma instalação, conforme os requisitos estabelecidos na REN 687/2015.

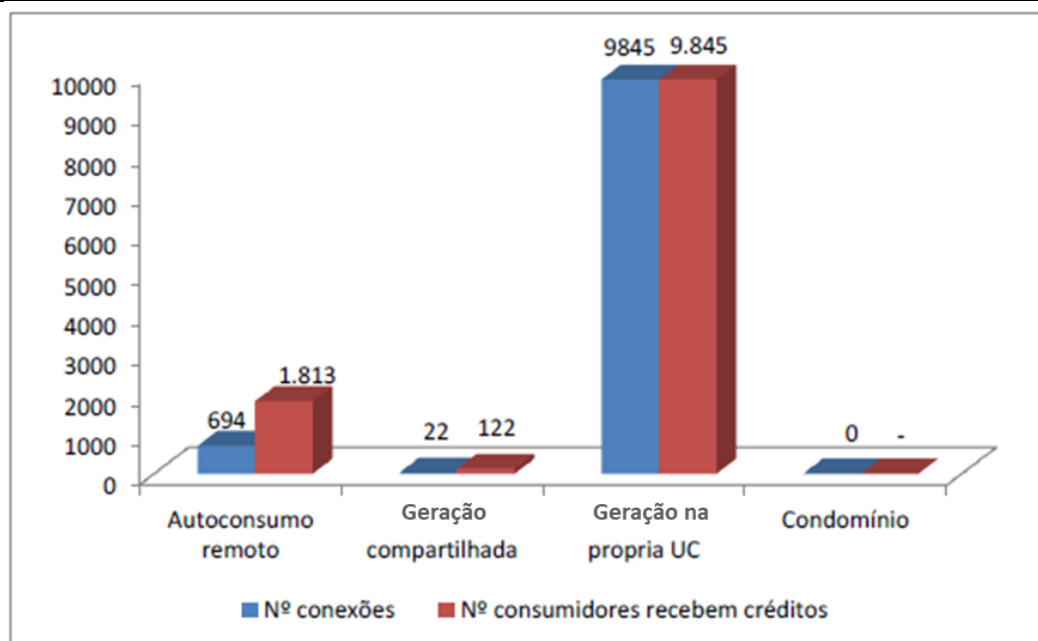


Figura 3.18: Modalidades de geração distribuída até maio de 2017.

Fonte: (ANEEL, 2017)

Segundo (ANEEL, 2017), “93,2% das conexões destinam-se ao atendimento de apenas uma unidade consumidora .... Contudo, deve-se destacar que até o dia 23/05/17, não havia registro de nenhuma conexão de microgeração em condomínios e poucas na modalidade de geração compartilhada, as quais foram inovações trazidas pela REN nº 687/2015”.

Em junho de 2017, conforme Figura 3.14, 11.780 Unidades Consumidoras (UC) do país recebiam créditos por injetar energia elétrica no sistema. Em outubro de 2018, segundo registram as Tabelas 3.4 e 3.5, retiradas de (ANEEL, 2019), o número saltou cerca de 900%, para 119.199. Do total, quase 90% dos créditos são relativos à geração solar fotovoltaica.

Tabela 3.4: Unidades Consumidoras com geração distribuída por modalidade (outubro de 2018).

Fonte: (ANEEL, 2019)

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
Modalidade	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
Autoconsumo remoto	12.271	43.688	239.648,82
Geração compartilhada	280	1.206	24.543,77
Geração na própria UC	74.104	74.104	792.641,64
Múltiplas UC	30	201	628,17

Tabela 3.5: Unidades Consumidoras com geração distribuída por tipo (outubro de 2018).

Fonte: (ANEEL, 2019)

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
Tipo	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
CGH	90	7.533	85.992,60
EOL	57	100	10.314,40
UFV	86.372	107.950	914.884,62
UTE	166	3.616	46.270,78

Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
EOL	Central Geradora Eólica
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica

Comparando tais valores com aqueles apresentados na Figura 3.17, observa-se o relevante salto na potência instalada de geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil. Enquanto em abril/maio do ano de 2017, a potência instalada acumulada foi de 114,7 MW, em outubro de 2018, conforme Figura 3.5, foi de 914,8 MW, ultrapassando 1GW de potência total instalada considerando CGH, EOL e UTE.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os papéis do Estado está o de formular políticas públicas capazes de incentivar, viabilizar e fomentar projetos que sejam propulsores à implementação de novas tecnologias. Conforme discutido neste capítulo, analisando as iniciativas brasileiras e alemãs, fica nítido o impacto da adoção de medidas estratégicas para o desenvolvimento dos mercados fotovoltaicos. No Apêndice A, é apresentado um sumário dos impactos da implementação de políticas públicas no Brasil e na Alemanha.

No caso brasileiro, percebe-se uma aparente ineficiência das inovações trazidas pela REN 687 de 2015, que foi implementada três anos após a publicação da REN 482/2012. Apesar do crescente número de instalações fotovoltaicas e da potência instalada desde 2012, nota-se que o potencial de desenvolvimento do setor fotovoltaico, no Brasil, não tem sido

explorado de forma eficaz. Acredita-se que este fato se deva, em grande parte, à implementação de políticas públicas não compatíveis com a realidade brasileira.

No caso alemão, o crescimento exponencial no mercado fotovoltaico na última década, e mais recentemente nos países asiáticos (IEA, 2014), foi promovido majoritariamente por subsídios à fonte. As tarifas prêmio (*feed-in tariffs*) foram e continuam sendo o principal mecanismo de incentivo utilizado, sob o qual o gerador recebe um valor em dinheiro por cada kWh gerado. No entanto, o uso dos incentivos diretos começou a ser mais fortemente questionado pela sociedade, a partir do momento em que seu uso começou a impactar de maneira significativa a tarifa da população em geral, conforme discutido nos capítulos que se seguem.

Os estudos e análises realizados neste trabalho permitiram enxergar, além das diferenças entre as realidades brasileira e alemã, possíveis caminhos para a solução das questões que se apresentam. Nesta direção, o próximo capítulo discute revisões propostas para os marcos legais dos setores elétricos brasileiro e alemão, e o capítulo seguinte registra as sugestões e propostas deste trabalho, para o fomento da energia solar fotovoltaica nesses países.

## **CAPÍTULO 4**

### **REVISÃO DOS MARCOS LEGAIS DOS SETORES ELÉTRICOS BRASILEIRO E ALEMÃO**

#### **4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

A evolução dos setores brasileiro e alemão, apresentada nos capítulos anteriores, mostra a trajetória e a situação atual alcançada por estes países. Dessa discussão, já se percebe que ambos os setores ainda requerem ajustes, cujas consequências devem ser analisadas.

Brasil e Alemanha passam por momentos bastante distintos. A Alemanha aplica uma nova e significativa redução no subsídio governamental pago para os proprietários de sistemas fotovoltaicos, o qual provoca relevante impacto no setor de energia solar fotovoltaica.

O Brasil propõe mudança no subsídio às fontes incentivadas, com o fim do desconto na chamada *tarifa fio*. Esta se refere à cobrança ao consumidor da parcela relativa ao transporte da energia, mais a remuneração da empresa distribuidora, isto é, a Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST), acrescida da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD).

As duas realidades citadas acima mostram que ambos os países ainda passam por transições e adequações de suas políticas, e refletem, também, o quão consolidados e desenvolvidos estão os dois mercados, indicando o que se pode prever para os próximos anos.

Neste sentido, este capítulo aborda as revisões que estão sendo propostas para os setores elétricos brasileiro e alemão, visando dar mais um passo na direção de se estabelecer um equilíbrio nesta modalidade de geração de energia. No contexto brasileiro, são analisados os objetivos e os efeitos da Norma Técnica NT 0062/2018 (ANEEL, 2018) e, no alemão, a recente redução do subsídio para os sistemas fotovoltaicos.

#### **4.2 REVISÃO DO MARCO LEGAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**

##### **4.2.1 NOTA TÉCNICA – NT 0062/2018**

A ANEEL aprovou a abertura de audiência pública, em 2018, e divulgou, em maio deste ano, a nota técnica NT 0062/2018 (ANEEL, 2018), para discutir alterações nas regras da

mini e da microgeração de energia elétrica, usadas pelo consumidor que produz a própria energia e pode fornecer o excedente para a concessionária.

No modelo atual, os consumidores não pagam pelo uso da rede de distribuição, e a possibilidade de mudanças regulatórias para remunerar o uso do fio da rede de distribuição em 2019 está provocando uma “corrida” à geração distribuída.

Segundo a NT 0062/2018, o número de consumidores que, de fato, instalaram micro ou minigeração têm sido inferior às projeções realizadas, e que os reais impactos da Geração Distribuída (GD) são mais relacionados à potência total instalada do que à quantidade de sistemas.

Ainda, segundo esta nota técnica, a potência efetivamente instalada de GD tem sido superior às projeções, conforme Figura 4.1, retirada de (ANEEL, 2018), com atenção para o ano de 2017, em que a potência foi 68% superior à projeção.

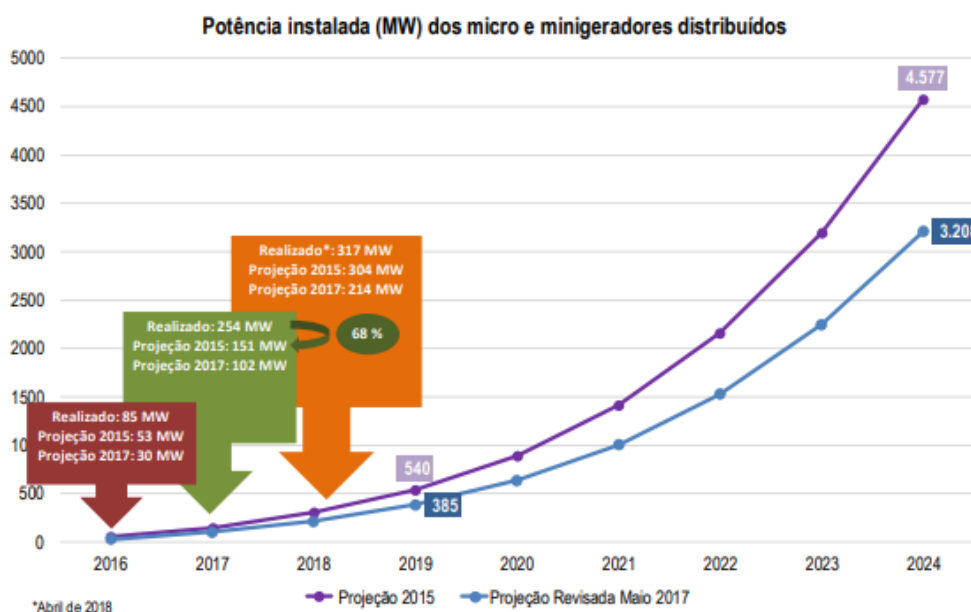


Figura 4.1: Projeções e valores realizados da potência instalada da micro ou minigeração distribuída. Fonte: (ANEEL, 2018)

A NT 0062/2018 diz que “esses valores elevados de potência instalada têm forte relação com a expansão das modalidades geração compartilhada e autoconsumo remoto criadas com a REN 687/2015, que apresentam os maiores valores de potência instalada por unidade consumidora”. Isto está retratado na Figura 4.2, retirada de (ANEEL, 2018).

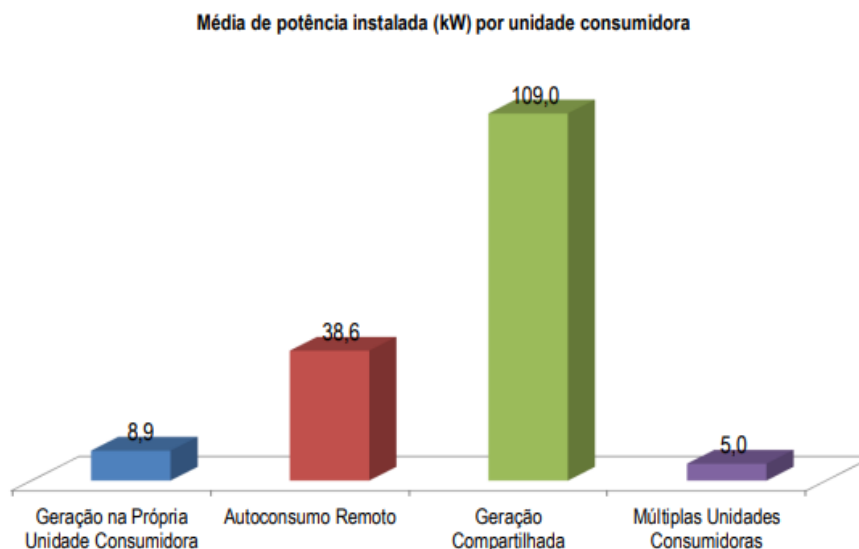


Figura 4.2: Média de potência instalada (kW) por unidade consumidora, de acordo com a modalidade do Sistema de Compensação de Energia. Maio de 2018. Fonte: (ANEEL, 2018)

Com base na tabela 3.4, de outubro de 2018, e dos dados extraídos para Autoconsumo Remoto (19,52), Geração Compartilhada (87,6), Geração na própria UC (10,7) e Múltiplas UC (21), percebe-se que a ordem de grandeza das médias de potência da Figura 4.2, de maio de 2018, é pertinente.

A partir dos dados apresentados, a reavaliação dos procedimentos regulatórios se justifica. Segundo bem descreve a própria NT 0062/2018:

*“o crescimento da potência de GD instalada no Brasil apresenta um ritmo que merece avaliação de seus impactos sobre os demais consumidores e de sua viabilidade econômica. Tendo em vista que os impactos da GD têm relação direta com a potência instalada, e que os valores de potência verificados nos últimos anos superam as projeções, o ponto de atenção colocado pela Diretoria quando da aprovação da REN nº 687/2015 é motivador para a reavaliação do modelo atualmente adotado. Somando-se a isso, nota-se uma esperada redução dos preços dos componentes da GD, decorrente da sua maior penetração e evolução tecnológica. Assim, o Sistema de Compensação precisaria ser reavaliado de modo a equilibrar a regulamentação com a situação atual do mercado, sendo necessário avaliar a pertinência da forma de remuneração atual, ponderando a previsão da magnitude dos impactos que a GD causará na rede e a sua sustentabilidade. Desse modo, para evitar que se chegue em uma realidade em que a GD seja excessivamente benéfica a quem instala, e, ao mesmo tempo, prejudicial às distribuidoras e posteriormente aos demais consumidores, a*

*questão a ser atacada é um possível desalinhamento da forma de compensação vigente em relação à atual realidade da GD.”*

#### **4.2.2 ANÁLISE DA NOTA TÉCNICA – NT 0062/2018**

O Sistema de Compensação atual brasileiro se baseia nos seguintes pontos:

- A energia injetada pelo sistema fotovoltaico é compensada por todas as componentes tarifárias que compõem a fatura de energia.
- O consumidor que gera sua própria energia paga a diferença da energia injetada e a energia consumida da rede, respeitando-se a fatura mínima referente ao custo de disponibilidade<sup>6</sup>.
- A quantidade de energia injetada tem o mesmo valor que a energia consumida da rede, embora a diferença seja calculada em energia (kWh) e não em valor monetário.

A revisão proposta pela ANEEL cria seis alternativas (de 0 a 5), indicadas nas Figuras 4.3 e 4.4, adaptadas de (INERGIAL, 2019). A intenção é deixar de faturar sobre a diferença entre a energia injetada e a energia consumida da rede, e passar a faturar, progressivamente, sobre toda a energia consumida da rede sobre diferentes componentes tarifárias. Nestas figuras, tem-se:

- Energia: refere-se ao custo da energia propriamente dita, que foi gerada, comprada e revendida aos consumidores pelas distribuidoras de energia.
- Fio A e Fio B: referem-se ao transporte da energia e agregam outros custos regulatórios.
- TUSD: refere-se à Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição; para consumidores do grupo B<sup>7</sup>, esta é composta pelas componentes tarifárias, de forma que:  $TUSD = \text{Fio A} + \text{Fio B} + \text{Perdas} + \text{Encargos}$ .

---

<sup>6</sup> Valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico) pagos pelas unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo.

<sup>7</sup> De acordo com as definições dos grupos de consumidores introduzidas no Capítulo 2, o grupo B compreende, basicamente, consumidores residenciais e comerciais conectados em sistemas de baixa tensão.

- TE: refere-se à Tarifa de Energia; para consumidores do grupo B, esta é composta por componentes tarifárias de forma que:  $TE = Energia + Encargos$ .

TUSD	FIO B	FIO B	FIO B
	FIO A	FIO A	FIO A
	ENCARGOS	ENCARGOS	ENCARGOS
	PERDAS	PERDAS	PERDAS
TE	ENCARGOS	ENCARGOS	ENCARGOS
	ENERGIA	ENERGIA	ENERGIA
	ALTERNATIVA 0	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
	COMPENSADA		
	NÃO COMPENSADA		

Figura 4.3: Propostas de compensação (alternativas 0 a 2).

Fonte: (INERGIAL, 2019)

TUSD	FIO B	FIO B	FIO B
	FIO A	FIO A	FIO A
	ENCARGOS	ENCARGOS	ENCARGOS
	PERDAS	PERDAS	PERDAS
TE	ENCARGOS	ENCARGOS	ENCARGOS
	ENERGIA	ENERGIA	ENERGIA
	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
	COMPENSADA		
	NÃO COMPENSADA		

Figura 4.4: Propostas de compensação (alternativas 3 a 5).

Fonte: (INERGIAL, 2019)

A alteração proposta pela ANEEL leva a diversas discussões, tais como aquela apresentada em (INERGIAL, 2019). Nesta referência, são apresentados resultados de cálculos realizados considerando-se as diferentes alternativas. Estes indicam que tais alternativas colocam em foco a TUSD e suas componentes. Simulações que consideram a condição da geração fotovoltaica sendo superior ao consumo, ou seja, quando a rede de distribuição está sendo utilizada para se injetar potência proveniente da energia fotovoltaica, trazem resultados interessantes. Estas mostram que, quanto maior a energia injetada, menor será a economia que a GD proporcionará.

A documentação técnica pertinente indica alguns gatilhos, marcos de potência instalada, para a evolução em termos das alternativas apresentadas. O avanço para a alternativa 1 seria aplicado quando se atingisse o valor de 3,365 GW, esperado para 2025.

Para a compensação remota, são propostos dois gatilhos: o primeiro, no valor de 1,25 GW, com transição para a alternativa 1, esperado para 2022; o segundo, no valor de 2,13 GW, com transição para a alternativa 2, esperado para 2025. Analisando estas condições, percebe-se a complexidade envolvida. As compensações pela alternativa 0 seriam mantidas por 25 anos, para instalações executadas até 2019. Para instalações entre 2020 e o primeiro gatilho, a alternativa 0 se manteria por 10 anos e depois passaria para a alternativa 3. Já as instalações executadas no período entre os dois gatilhos, estas já seriam compensadas pela alternativa 1, por 10 anos, passando posteriormente para a alternativa 3. As instalações passam a compensar por meio da alternativa 3, após o segundo gatilho.

Conforme já comentado, a proposta de revisão do marco legal do setor elétrico, contida na NT 0062/2018, tem merecido diversas discussões, tais como aquelas apresentadas em (INERGIAL, 2019) e (ABSOLAR, 2019). Como exemplo, cita o estudo divulgado pela Universidade Federal de Santa Catarina (ANTONIOLLI, 2019), que salienta que esta norma desconsidera diversos benefícios trazidos, de forma geral, pelos sistemas fotovoltaicos à rede, e para os demais consumidores que não adotam geração distribuída a partir de sistemas fotovoltaicos. Aborda por exemplo, o fato da desconsideração dos benefícios relacionados à geração de empregos e de renda, além de impostos decorrentes desses empregos, da renda e das novas empresas relacionadas ao setor.

Entende-se que a revisão da REN 482/2012 poderia, ao invés de penalizar os consumidores que geram sua própria energia e ao mercado produtivo pertencente ao setor, introduzir outros subsídios para incentivo. Apesar de a condição atual merecer ajuste, aplicar maiores custos a consumidores, que possuem interesse em adquirir sistemas fotovoltaicos e

gerar sua própria energia, significa caminhar na contramão do desenvolvimento, aplicação e fomento de uma tecnologia.

Fato é que, somente com a intenção do governo de repassar mais um custo aos potenciais adquirentes de sistemas fotovoltaicos, houve uma crescente procura pela instalação de novos sistemas. Nesse caso, o receio do aumento no valor do investimento foi o causador do fomento.

### 4.3 REVISÃO DO MARCO LEGAL DO SETOR ELÉTRICO ALEMÃO

Assim que alcançada a capacidade fotovoltaica instalada de 52 GW, a remuneração recebida a partir da conexão de novos sistemas fotovoltaicos se tornará inexistente, segundo regra introduzida na revalidação do EEG em 2012. Isso fará com que novos sistemas solares em edifícios residenciais não sejam economicamente atraentes. O resultado seria uma queda nos números de instalação de sistemas fotovoltaicos sobre o telhado. Dessa forma, a conquista de metas referentes à proteção climática na Alemanha está se tornando cada vez mais remota.

De acordo com a Figura 4.5, retirada de (BMW, 2018), a Alemanha já conta com uma capacidade instalada de 42 GW, o que significa que, caso não haja nenhuma alteração ou emenda no EEG, no final de 2020, aquele que se interessar em adquirir um sistema fotovoltaico não fará jus ao sistema de remuneração.

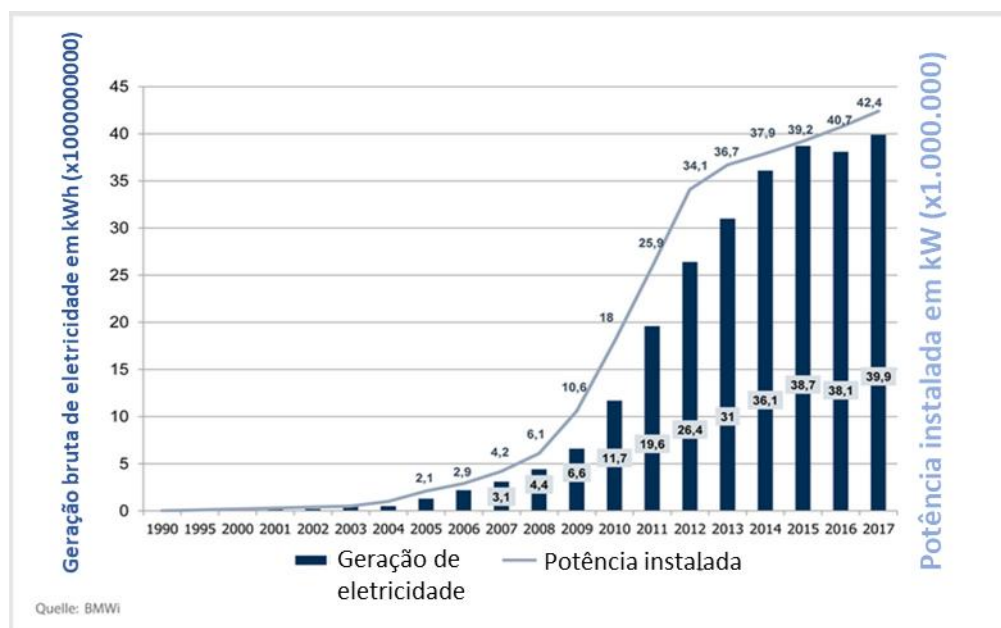


Figura 4.5: Desenvolvimento da geração de energia solar fotovoltaica na Alemanha 1990-2017.

Fonte: (BMW, 2018)

As medidas adotadas pelo governo alemão para redução dos subsídios, denominado sistema de degressão (a remuneração recebida pela energia injetada na rede é regressiva de acordo com passar dos anos), pode apresentar o efeito de frear o crescimento de instalações fotovoltaicas.

Em novembro de 2018 mais uma importante medida foi imposta pelo governo com o intuito de reduzir o subsídio para sistemas fotovoltaicos. Foi determinado que sistemas fotovoltaicos com potência entre 40 e 750 kWp sofreriam regressão da remuneração de 20%, distribuídos em 3 meses (entre fevereiro e abril de 2019).

De acordo com a Figura 4.6, retirada de (DGS, 2019), pode-se identificar que o valor de 9,47 centavos de euro foi reduzido para 8,50 centavos de euro entre os meses de fevereiro e abril de 2019. Somada a essa redução de 20%, foi estipulada pelo governo uma redução da potência total de 2.500 MW para 1.900 MW, o que resulta em uma redução mensal de 1,4%.

Remuneração em centavos/kWh – Remuneração Fixa				
Comissionamento	Residências e prédios sob §48 EEG			
	até 10 kWp	até 40 kWp	até 100 kWp	
ab 01.01.2019 <sup>4</sup>	11,47	11,15	9,96	
ab 01.02.2019 <sup>4</sup>	11,35	11,03	9,47	
ab 01.03.2019 <sup>4</sup>	11,23	10,92	8,99	
ab 01.04.2019 <sup>4</sup>	11,11	10,81	8,50	Degressão especial
ab 01.05.2019 <sup>4</sup>	10,95	10,65	8,38	
ab 01.06.2019 <sup>4</sup>	10,79	10,50	8,25	
ab 01.07.2019 <sup>4</sup>	10,64	10,34	8,13	

↓ -1,4 % / Mês

Figura 4.6: Remuneração em centavos de euro – Remuneração de injeção fixa.

Fonte: (DGS, 2019)

Tal faixa de potência atingida pelo corte de 20% na remuneração é regida pelo mercado direto, ou seja, nessa faixa de potência o valor total da remuneração oferecida é atrelado ao preço de energia praticado na bolsa de valores somado à remuneração estabelecida pelo EEG. A Figura 4.7, retirada de (FRAUNHOFER ISE, 2018), ilustra a faixa de potência atingida pelo corte de 20%.



Figura 4.7: EEG como fundamento para a economia.

Fonte: (DGS, 2019)

Com o EEG 2012, foi oferecida aos operadores de usinas de sistemas fotovoltaicos a opção de não ser remunerada parte ou toda a energia solar por meio de tarifas *feed-in*, mas sim através do preço de mercado. Caso se opte pela remuneração através do valor praticado no mercado direto (*direktvermarktung*), significa que não mais se faz jus à tarifa *feed-in*. No entanto, em cada mês pode ser escolhida a modalidade que se deseja participar. O prêmio de mercado (*marktprämie*) compensa a diferença entre os preços de mercado (menores) e a tarifa de *feed-in* (maiores).

Interessante observar também como se dá a relação entre o incentivo praticado pelo governo, o valor corrente da energia na bolsa de valores e o percentual pago pelo consumidor final, na conta de energia, referente ao financiamento da transição energética na Alemanha (*EEG-Umlage*).

Conforme já introduzido, todos os consumidores de eletricidade pagam a taxa *EEG-Umlage* de acordo com o EEG por quilowatt-hora (kWh) de energia elétrica que consomem da rede, sendo os operadores de sistema de transmissão aqueles que distribuem as taxas a serem pagas aos operadores de turbinas eólicas, usinas fotovoltaicas e de biogás. A Figura 4.8, retirada de (STROMPREIS, 2019a), ilustra o histórico de evolução da *EEG-Umlage* desde 2010.



Figura 4.8: Desenvolvimento do preço de energia 2000-2019.

Fonte: (STROMPREIS, 2019a)

A taxa EEG-Umlage é composta pela diferença entre o preço de energia na bolsa de valores e o valor do subsídio pelo EEG. Dessa forma não é de se surpreender que, apesar de o incentivo sofrer sucessivas, constantes e anuais regressões, a taxa de financiamento paga pelos consumidores não sofre proporcional redução, pois o preço da energia na bolsa de valores é historicamente maior a cada ano, conforme Figura 4.9, retirada de (STROMPREIS, 2019b).



Figura 4.9: Desenvolvimento do preço de energia 2000-2018.

Fonte: (STROMPREIS, 2019b)

Se o limite de 52 GW for mantido, possivelmente significará um declínio acentuado na construção de novos sistemas fotovoltaicos, com graves efeitos sobre a indústria solar e a transição energética alemã. A Figura 4.10, retirada de (BSW SOLAR, 2018), ilustra a previsão de diminuição da potência anual após atingido o limite total de potência de 52 GW.

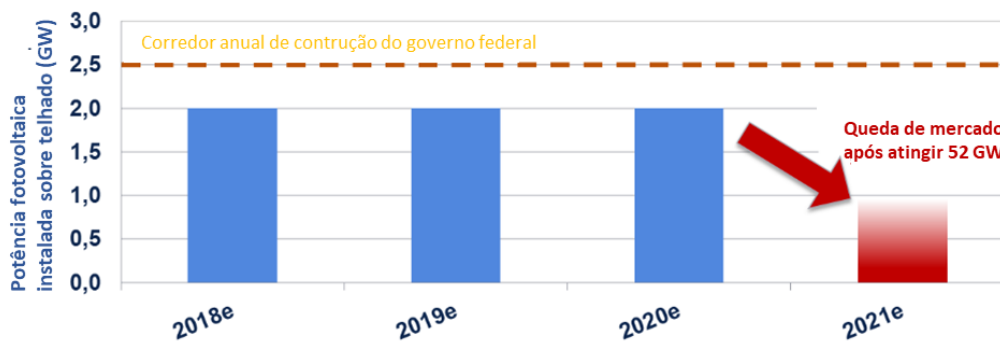


Figura 4.10: Desenvolvimento indicativo do mercado para sistemas fotovoltaicos em telhados, mantendo o limite de 52 GW. Fonte (BSW SOLAR, 2018)

Para manter as consequências do aquecimento global dentro de limites razoáveis, é importante que o suprimento de energia seja constituído e baseado em energias renováveis isentas de dióxido de carbono. Segundo (QUASCHNING, 2013), são necessários, para que o cenário de proteção do clima seja priorizado, uma capacidade fotovoltaica instalada de pelo menos 200 GW e uma geração de energia solar de 180 TWh, pelos próximos 25 anos.

Ainda é defendido por (QUASCHNING, 2013) que o limite de potência de 52 GW não significaria o colapso total do mercado. Assumindo que a remuneração do EEG permitiu uma operação econômica de sistemas fotovoltaicos, os custos de produção do EEG já estão bem abaixo dos custos de compra de energia da rede por clientes domésticos e pequenas empresas.

Dessa forma, se considerável percentual da energia produzida for consumida, é possível que seja economicamente viável, sem o recebimento do subsídio, a aquisição de um sistema fotovoltaico, sendo que o pré-requisito seria o maior consumo possível simultaneamente com a geração própria.

Isso significa que, caso não haja armazenamento por baterias, o tamanho máximo do sistema deve ser de apenas entre 1 ou 2 kWp, segundo (QUASCHNING, 2013), pois, caso a potência do sistema seja superior, torna-se mais difícil obter tal simultaneidade. Entretanto, o armazenamento leva a novos custos. Somente quando os custos adicionais de investimento

para sistemas de bateria caírem abaixo de 500 € por kWh, atualmente é de 2.000 € / kWh, seu uso será economicamente viável.

Vale ressaltar que, mesmo com os altos custos de sistemas de armazenamento por meio de baterias, observa-se que, de acordo com a Figura 4.11, retirada de (BSW SOLAR, 2018), já ocorre um movimento nesta direção.

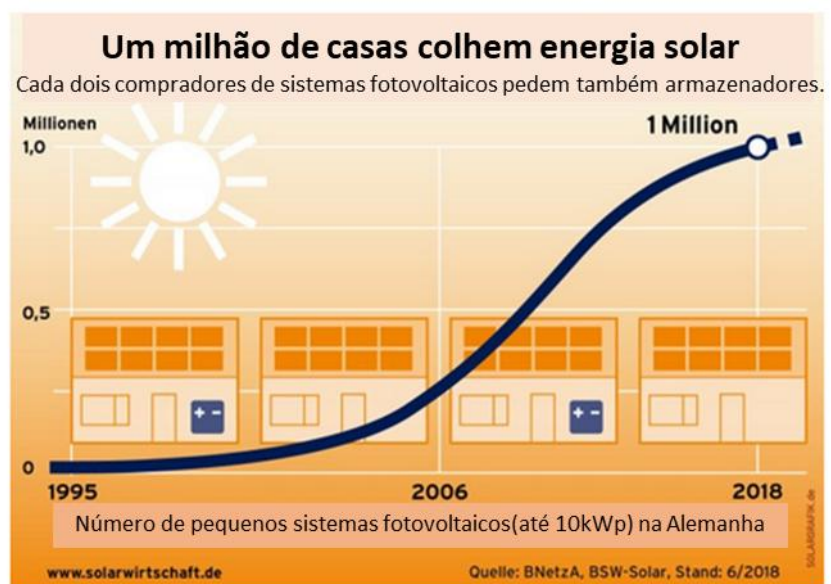


Figura 4.11: Crescimento da compra de baterias por proprietários de sistemas fotovoltaicos até 10 kWp.  
Fonte (BSW SOLAR, 2018)

A cada dois compradores de sistemas fotovoltaicos, um solicita, também, sistema de armazenamento. O crescimento do mercado de baterias já conta um milhão de proprietários de sistemas fotovoltaicos, de até 10 kWp, que também possuem sistema de armazenamento de energia. Vale comentar que o aumento do uso de baterias associado à geração fotovoltaica vem sendo foco de análises sobre os possíveis impactos ambientais, relacionados à sua construção e descarte.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As revisões dos marcos legais dos setores elétricos brasileiro e alemão mostram que, para se alcançarem os benefícios esperados com a maciça injeção de geração fotovoltaica, procedimentos precisam ser elaborados para que, na prática, a evolução ocorra de forma positiva.

Os impactos das ações que visam ao fomento da energia fotovoltaica devem ser analisados com cautela, pois podem gerar resultados que caminham na direção oposta ao desejado. Uma análise que considere esta geração em um contexto mais amplo, que considere as esferas técnica (elétrica e energética), socioeconômica e ambiental, não constitui tarefa trivial, exigindo conhecimentos multidisciplinares diversos.

Avaliando apenas os aspectos levantados neste capítulo, percebe-se a complexidade em se encontrar um ponto de equilíbrio, considerando os consumidores que possuem geração própria, os consumidores que não optaram por esta geração, as empresas distribuidoras, dentre inúmeros outros pilares desta equação.

Mesmo diante de tal complexidade, o estudo realizado nesta dissertação permitiu identificar alguns pontos merecedores de atenção, os quais originaram as sugestões propostas no capítulo que se segue.

## **CAPÍTULO 5**

### **SUGESTÕES DE FOMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL E NA ALEMANHA**

#### **5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

As propostas apresentadas neste capítulo buscam contribuir para o fomento da energia fotovoltaica nos países Brasil e Alemanha, por meio de sugestões relacionadas às políticas públicas para o desenvolvimento dos seus mercados. Estas se baseiam nas discussões registradas nos capítulos anteriores, que permitiram uma visão ampla da condição de cada país, inclusive de suas fragilidades.

Para o sistema alemão, as propostas se apresentam mais detalhadas, uma vez que este se encontra bem estruturado, possibilitando a identificação de pontos de interesse, de forma mais direta. Com relação ao sistema brasileiro, as sugestões são mais gerais, em decorrência das incertezas que ainda o cercam.

O capítulo está estruturado de forma a, inicialmente, introduzir informações sobre os sistemas de ambos os países, visando a uma contextualização anterior às propostas (pré-propostas) e, posteriormente, apresentar as sugestões do trabalho.

#### **5.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS PROPOSTAS**

##### **5.2.1 ALEMANHA – CONTEXTUALIZAÇÃO PRÉ-PROPOSTAS**

Conforme constatado por meio dos dados já apresentados neste trabalho, a Alemanha se encontrava, no ano de 2017, e ainda se encontra, em uma situação de destaque no cenário energético mundial. Ocupa a quarta colocação entre os países com maior potência solar fotovoltaica instalada, conforme mostra a Figura 5.1, retirada de (QUASCHNING, 2019).

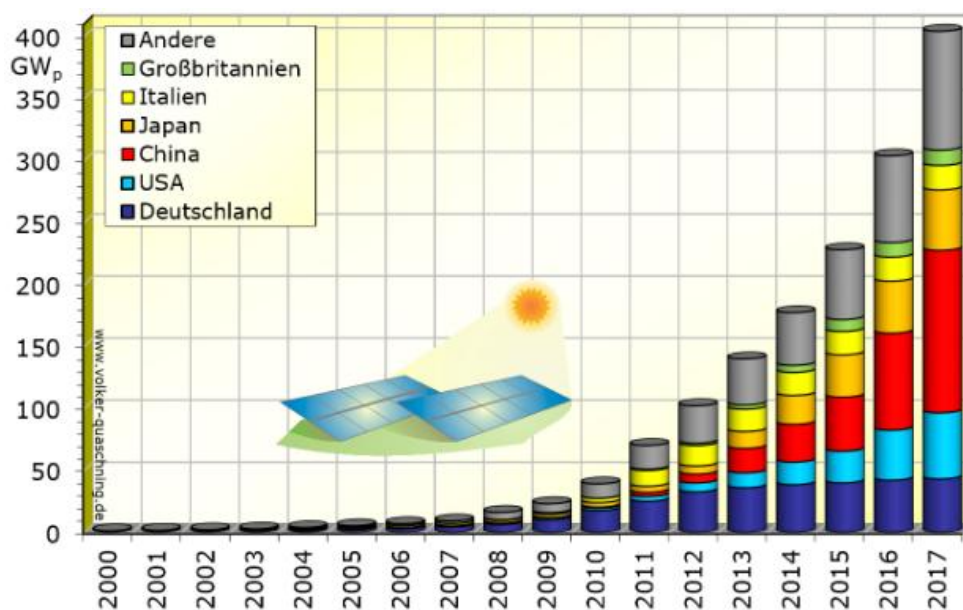


Figura 5.1: Países com maior capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no mundo.

Fonte: (QUASCHNING, 2019)

O processo de desenvolvimento de tal tecnologia, como analisado no Capítulo 2, concentrou-se inicialmente em programas de P&D, desenvolvidos através do envolvimento de centros de pesquisa, universidades e indústria e, em seguida, expandindo para a demonstração e comercialização.

Com a influência de produtos chineses no mercado fotovoltaico, com preços bastante atrativos, desde o final dos anos 2000, o setor de P&D da Alemanha começou a se concentrar em reduzir ainda mais os custos de produção de tecnologias baseadas em silício e, ao mesmo tempo, o país fortaleceu o investimento no desenvolvimento de componentes e equipamentos fotovoltaicos (GRAU, 2012). Os contínuos investimentos em P&D no setor fotovoltaico demonstraram o apoio do governo alemão para o desenvolvimento dessa tecnologia e resultaram em:

- Aumento no desempenho das células fotovoltaicas;
- Redução nos custos de produção;
- Aumento da eficiência do módulo de silício para 20% em 2012;
- Aumento significativo do número de patentes, conforme Figura 5.2, retirada de (AEE, 2014).

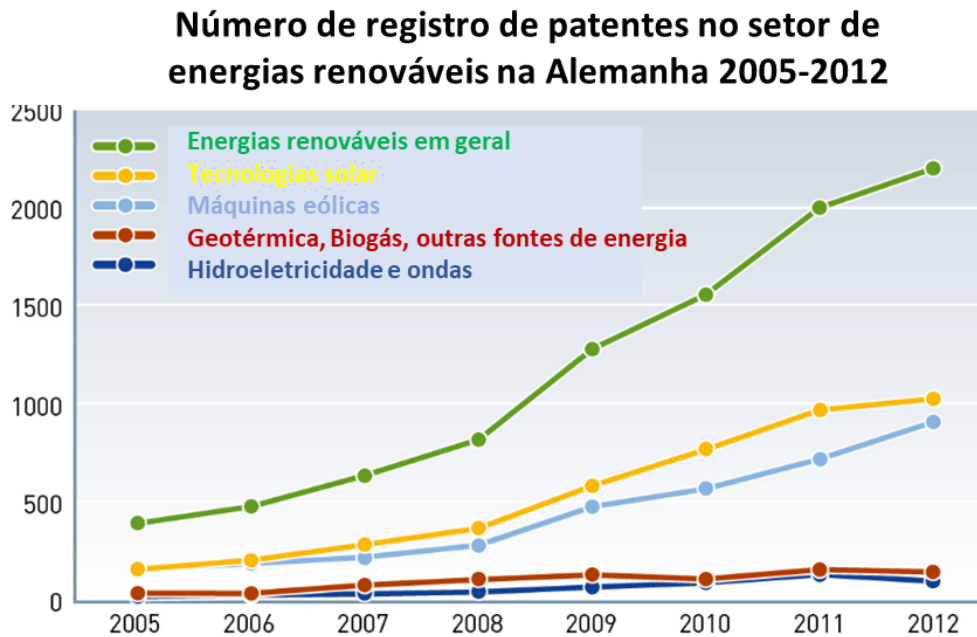


Figura 5.2: Número de patentes no setor de energias renováveis na Alemanha entre 2005 e 2012. Energia solar fotovoltaica em amarelo. Fonte: (AEE, 2014)

O desenvolvimento de qualquer tecnologia por meio de atividades paralelas de pesquisa e investimentos em produção industrial associam duas vertentes essenciais para que o fomento seja próspero. A combinação bem equilibrada de políticas em torno da oferta e demanda ajudou o país a conquistar tal relevância, dando resultados visíveis em relação à transição energética e aos benefícios econômicos.

### 5.2.2 BRASIL – CONTEXTUALIZAÇÃO PRÉ-PROPOSTAS

O Brasil, no ano de 2016, atendia quase 45% de sua demanda de energia através de recursos renováveis, conforme Figura 5.3, retirada de (EPE, 2019), trazendo uma posição de destaque para um dos países que menos produz carbono e seus derivados.

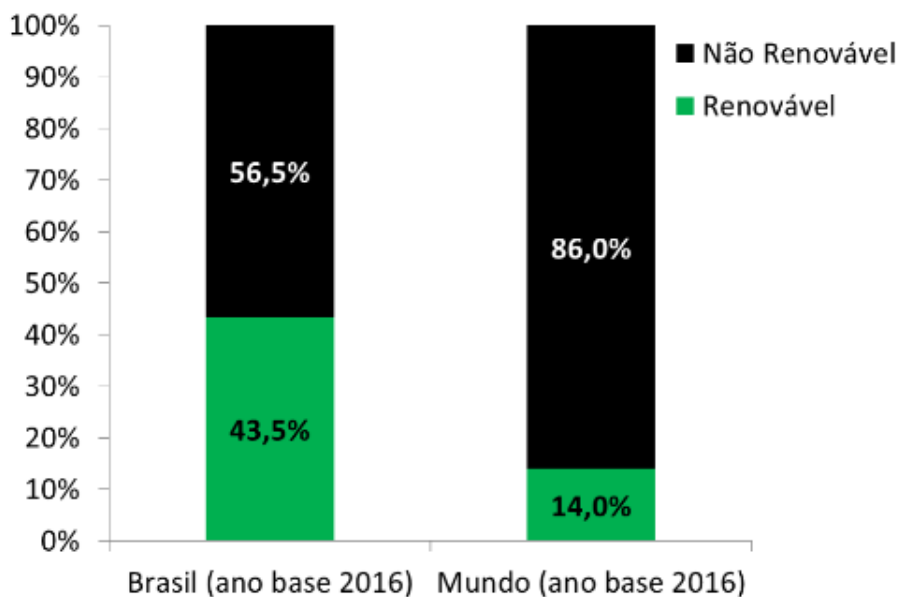


Figura 5.3: Comparação percentual da matriz energética brasileira e mundial.

Fonte: (EPE, 2019)

Tal fato, associado com os altos níveis de radiação solar, comparado com outros países do mundo, mostram que o desenvolvimento do setor de energia renovável ocorre não apenas pela disponibilidade de recursos naturais, ou seja, determinantes de oferta, mas também por aspectos de demanda, como renda, população e tarifa de energia elétrica.

O desafio de colher seus benefícios, então, está na capacidade do país de desenvolver oportunidades no lado da demanda que estimulem e promovam a geração solar fotovoltaica de forma confiável.

### 5.3 PROPOSIÇÕES ESTRATÉGICAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO FOTOVOLTAICO NA ALEMANHA

Conforme abordado no Capítulo 4, é defendido por (QUASCHNING, 2013) que, se considerável percentual da energia produzida pelo sistema fotovoltaico for consumida, é possível que seja economicamente viável, sem o recebimento do subsídio, a aquisição de um sistema fotovoltaico.

O desenvolvimento do mercado fotovoltaico, a partir do modelo de autoconsumo, necessita, porém, de uma nova abordagem política que seja menos onerosa e implique um crescimento sustentável das instalações fotovoltaicas.

O modelo de autoconsumo pode trazer maior crescimento do mercado fotovoltaico, com menos custos das *feed-in* pagas, e ainda limitar os custos no nível da rede, quando se deixa de investir em reforços. No entanto, a integração fotovoltaica através de um modelo de autoconsumo levanta novas questões relacionadas a mudanças nos interesses das partes relacionadas ao mercado de energia.

Conforme já citado no Capítulo 2, por definição, o autoconsumo de energia fotovoltaica refere-se ao consumo diretamente no mesmo local em que é produzida, com menor potência fornecida à rede (IEA, 2014). Dessa forma, quando a tarifa *feed-in* para os proprietários de sistemas fotovoltaicos é menor do que os preços de eletricidade no varejo, o modelo de autoconsumo se torna uma opção interessante, a exemplo do que poderá ocorrer com a Alemanha nos próximos anos.

Existem vários fatores para se definir a viabilidade econômica do modelo de autoconsumo:

- Os custos do sistema fotovoltaico são uma das variáveis mais importantes;
- O índice de autoconsumo que define a taxa entre o consumo no local e a produção total do sistema instalado no local.

Portanto, é necessário escolher locais de instalação onde seja possível correlacionar de forma otimizada o padrão de consumo de energia local com a produção de energia do sistema fotovoltaico, proporcionando uma adaptação ideal do perfil de carga para o modelo de autoconsumo.

É importante lembrar que a correlação pode ser melhorada com o sistema de armazenamento, o que aumenta, porém, os custos do sistema fotovoltaico.

O modelo de autoconsumo pode ser aplicado em vários setores, com diferentes proporções de autoconsumo, para a produção de energia do sistema fotovoltaico. Possíveis aplicações para cada setor, retiradas de (MINISTÈRE, 2014), são apresentadas a seguir:

1. Industrial e comercial: boa correlação entre consumo no local e perfil de produção. O foco é no consumo durante o dia.

2. Residencial: fraca correlação entre consumo local e perfil de produção. Com a redução nos custos, os sistemas residenciais se tornarão mais atrativos se combinados com soluções de armazenamento (por exemplo, baterias).

3. Edifícios coletivos: melhor correlação entre consumo e produção no local com distribuição geográfica mais ampla com edifícios coletivos interconectados em uma zona.

4. Zona não interligada (com armazenamento): ideal para fornecer energia em áreas isoladas para substituir combustíveis fósseis ou resolver problemas de interconexão.

O setor residencial tem um pico de demanda pela manhã e à noite. Dessa forma, a correlação entre a produção de energia fotovoltaica e o consumo no local é bastante frágil, pois uma pequena parte da energia fotovoltaica gerada é autoconsumida sem um sistema de armazenamento (entre 30% e 40% (EPIA, 2013)). Já em supermercados e escritórios, há uma robusta correlação entre a produção de energia fotovoltaica ao meio dia e o padrão de consumo.

Sob uma estrutura de políticas adequadamente projetada, o modelo de autoconsumo pode fornecer alguns benefícios específicos, minimizando a distância entre produção e consumo a quase zero. Alguns benefícios foram retirados, conforme abaixo, de (IEA-RETD, 2014):

- Reduzir as perdas de energia durante a transmissão e distribuição;
- Evitar o congestionamento do sistema;
- Reduzir investimentos para extensão de rede ao usar as superfícies existentes de edifícios conectados à rede;
- Evitar investimentos adicionais para reforço da rede, já que o sistema fotovoltaico ajuda a reduzir os picos de demanda;
- Aumentar a independência de energia, eventualmente por meio do acoplamento com sistemas de armazenamento.

Devido à relevante penetração na rede de sistemas fotovoltaicos na Alemanha, existem limites e desafios para o desenvolvimento do modelo de autoconsumo, no que se refere às atuais infraestruturas de rede, e possível alteração nos mecanismos do mercado de energia (IEA, 2014):

- Impacto financeiro em diversos *players* ou partes interessadas no mercado de energia fotovoltaico, conforme Figura 5.4, elaborada pelo autor.
- Dificuldades para planejamento e previsão de longo prazo do fornecimento de energia elétrica. No entanto, um conjunto bem projetado de sistemas fotovoltaicos de baixa descentralização pode ajudar a suavizar a intermitência de energia fotovoltaica, o que permitiria limitar os custos de balanceamento que podem ser induzidos por grandes usinas fotovoltaicas centralizadas.

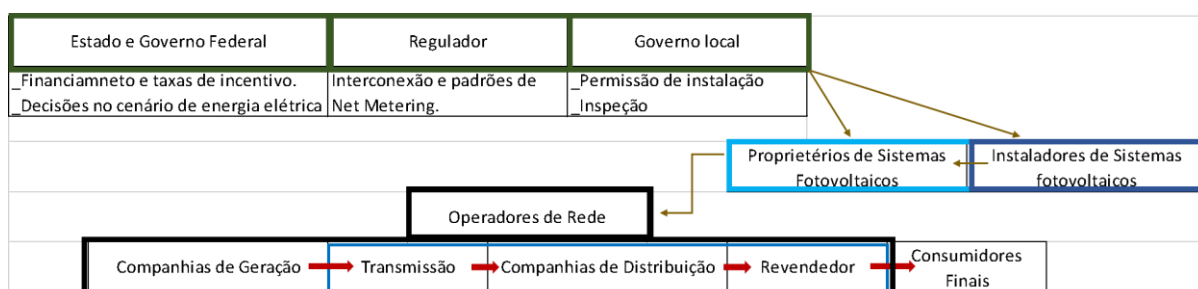


Figura 5.4: *Players* na cadeia de valor para o mercado de energia.

Fonte: Autoria própria

Com base nas características do modelo de autoconsumo descritas acima, propõe-se:

- 1- Dar prioridade às instalações fotovoltaicas com o melhor perfil correspondente entre a demanda no local e geração do sistema fotovoltaico.
- 2- Aumentar o perfil de correspondência entre padrões de demanda no local e produção de sistemas fotovoltaicos.
- 3 - Preparar estratégias para minimizar as perdas econômicas dos principais interessados:
  - A- Companhias de Geração: lucros reduzidos devido à diminuição das vendas de eletricidade; redução de receita de vendas no mercado *spot*; menos investimento em termos de decisões a longo prazo.
  - B- Operadores de Rede: gerenciamento de rede com grande penetração de energia fotovoltaica intermitente; receita reduzida devido ao menor consumo de eletricidade da rede.
  - C- Usuários Finais: as taxas de eletricidade aumentam com menos contribuintes (sob recuperação de custos fixos); mudança de custo de sobretaxas para contribuintes.

4- Permitir a conexão à rede com um esquema de compensação adequado

A permissão para se conectar à rede elétrica é atualmente necessária para garantir a confiabilidade dos sistemas fotovoltaicos. As regras e regulamentos relativos à ligação à rede desempenharão uma variável chave na economia do modelo que afeta as decisões de produtores de energia solar fotovoltaica (IEA-RETD, 2014). Em longo prazo, o modelo de autoconsumo fotovoltaico pode ser desenvolvido desconectando-se da rede quando o sistema de armazenamento se tornar economicamente viável para os usuários. No entanto, antes que isso aconteça, o modelo de autoconsumo precisa de políticas de suporte que permitam a conexão à rede com compensação econômica adequada. O nível, o tipo e o valor da compensação variam de acordo com as decisões políticas do país.

5- Estabelecimento de visão política de longo prazo

A estratégia política, fomentar ou não o uso de tal modelo, determinará o nível de aplicabilidade no *mix* energético. Esta estratégia política deve apresentar uma visão de longo prazo para dar a todas as partes interessadas tempo para se prepararem para a mudança com autoconsumo fotovoltaico no sistema elétrico.

#### **5.4 PROPOSIÇÕES ESTRATÉGICAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO FOTOVOLTAICO NO BRASIL**

Conforme abordado, também no Capítulo 4, observou-se que está sendo aguardada, para os próximos anos, alteração na resolução normativa que regulamenta a injeção de energia solar fotovoltaica na rede de distribuição. Nota-se que o governo alemão, conforme citado nos capítulos anteriores, após aproximadamente 20 anos de fomento no setor de energia solar fotovoltaica e da forte expansão e integração de tal tecnologia no mercado energético, decidiu-se por estabelecer reduções graduais (ocorreram desde as primeiras emendas no EEG) mais intensas nos subsídios pagos aos proprietários de sistemas fotovoltaicos e pelo cancelamento total dos subsídios ao atingir-se 52 GW de capacidade instalada.

Ao contrário do mercado energético fotovoltaico alemão que, apesar de aplicar as medidas acima citadas, se consolidou e ocupou posição de relevância, tal tecnologia não obteve o mesmo sucesso no Brasil, até o momento. Apesar das resoluções normativas

divulgadas e das demais medidas tomadas com a finalidade de promoção dessa fonte alternativa de energia, não foram obtidos números significativos de inserção.

Antes mesmo que novas propostas e projetos fossem implementados, com o objetivo de fomentar e acelerar o crescimento fotovoltaico no país, foi divulgado, pela ANEEL, o interesse em se reduzirem os benefícios da compensação de energia elétrica, baseado na REN 482/2012, introduzindo novo custo para quem desejar adquirir tal sistema. Dessa forma, entende-se que, com a Análise de Impacto Regulatório (AIR) divulgada, ocorrerá desaceleração do mercado fotovoltaico brasileiro.

Com base nas possíveis mudanças descritas na lei, e objetivando uma real expansão da tecnologia fotovoltaica no Brasil, propõe-se:

#### 1- Considerar metas e objetivos obrigatórios

Particularmente pela instável situação econômica brasileira, é possível que os investimentos no setor de energia, principalmente no que se refere ao fomento da energia solar fotovoltaica, assim como outras fontes de energia renovável, fiquem para segundo plano. Para que o sucesso na aplicação de tal tecnologia seja alcançado é preciso que metas sejam criadas, controladas e cumpridas.

#### 2- Política industrial flexível

Uma política industrial abrangente foi essencial para o crescimento do mercado de energia solar fotovoltaico na Alemanha. O governo alemão ofereceu isenções fiscais para empresas de energia renovável, assim como subsídios tarifários e políticas favoráveis.

O setor no Brasil ainda não está neste estágio. O mercado brasileiro é bastante fechado, e altas tarifas são impostas aos produtos importados. No entanto, não existem políticas eficazes que protejam e apoiem as empresas locais. Sem planejamento e metas abrangentes, o mercado não desenvolve, sendo um enorme desafio para as empresas que procuram se estabelecer.

#### 3- Cooperação internacional

O estabelecimento de parceria internacional é recomendado quando se buscam sinergias. As experiências acumuladas e o conhecimento em produção e instalação de energia fotovoltaica podem ser transmitidos para novas regiões, provocando crescimento econômico.

As alianças estratégicas ocorrem quando duas ou mais organizações trabalham juntas para buscar benefícios mútuos sob os objetivos compartilhados. Cada parte contribui em uma ou mais áreas estratégicas da aliança (recursos ou habilidades específicas) para alcançar objetivos comuns.

#### 4- Um modelo de lucro atraente

O Brasil deve adotar formas mais confiáveis de obter energia solar. Globalmente, nações que impulsionam seus setores de energia solar adotam, entre várias alternativas, a introdução de tarifas *feed-in*, a exemplo do apresentado na Alemanha. O Brasil deve realizar uma avaliação aprofundada de sua política de energias renováveis e escolher uma abordagem que atenda às suas necessidades, não simplesmente copiando casos de sucesso, mas projetando um sistema de políticas complementares, que atendam classes de consumidores diferentes de forma particular, porém atrativa para captar investimentos.

## 5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propostas apresentadas para o sistema alemão se relacionam a sugestões relacionadas ao modelo de autoconsumo, no que diz respeito à prioridade das instalações fotovoltaicas, às estratégias para minimizar as perdas econômicas das partes envolvidas, ao esquema de compensação adequado quanto às conexões à rede e ao estabelecimento de visão política de longo prazo.

Para o sistema brasileiro, as sugestões se apresentam em um nível mais abrangente, estando relacionadas à importância de se estabelecer com clareza as metas e os objetivos a serem seguidos, traçando modelos capazes de captar investimentos. Ressalta-se, também, a necessidade de se implantar uma política industrial mais flexível para as empresas que procuram se estabelecer no setor. A cooperação internacional para alcançar objetivos comuns com outros países é destacada.

Percebe-se que os desafios ainda são muitos, mas que, quando se tem maior clareza quanto à direção e aos passos a serem seguidos, os objetivos vão sendo aos poucos alcançados.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE

Este trabalho evidencia a importância de se adotarem políticas públicas estratégicas visando ao desenvolvimento dos mercados fotovoltaicos. Mostra, também, que tais políticas devem ser ajustadas às realidades dos países onde são aplicadas, e que precisam ser avaliadas com cautela, pois podem gerar resultados indesejados, e adaptadas, quando necessário.

Das questões levantadas nesta dissertação, percebe-se não ser trivial encontrar um ponto de equilíbrio, considerando todos os interessados, tais como os consumidores que possuem geração própria, os consumidores que não optaram por esta geração, as empresas distribuidoras, dentre outros.

Mesmo diante desta complexidade, a compreensão das características e das dinâmicas relativas aos sistemas do Brasil e da Alemanha, adquirida a partir das investigações realizadas, permitiu a proposição de sugestões aplicadas às políticas públicas para o desenvolvimento dos mercados fotovoltaicos destes países.

Percebe-se que, embora a transição energética transcorra de forma diferente para os dois países, em decorrência de diversos fatores, em ambos foi e está sendo necessário tempo para uma progressiva adaptação.

Ressalta-se que o trabalho desenvolvido foi de extrema importância para o autor, já que possibilitou que o mesmo compreendesse com maior profundidade como se dá o fomento da tecnologia solar fotovoltaica na Alemanha, sempre tida como referência quando o assunto é abordado. Com relação ao Brasil, apesar deste ser uma referência em índices de radiação solar, não tinha sido, de fato, até então compreendido o motivo pelo qual tal tecnologia não se desenvolveu e não alcançou altos níveis de inserção na matriz energética.

Em especial para o caso brasileiro, conclui-se que o histórico energético do país, assim como a composição de sua matriz energética, constituem duas importantes razões que, somadas à pouca atratividade das políticas públicas propostas pelo governo e ao ainda elevado custo do sistema fotovoltaico, compõem o leque de possíveis razões para que o crescimento da tecnologia fotovoltaica no Brasil ocorresse de forma lenta. Vale ressaltar que o desenvolvimento dos setores de energia renovável ocorre não apenas pela disponibilidade de

recursos naturais, ou seja, determinantes de oferta, mas também por aspectos de demanda, como renda, população e tarifa de energia elétrica.

Para trabalhos futuros sugere-se que seja investigada, por meio de estudo de casos, a viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos com diversos níveis de potência aplicados na modalidade de autoconsumo, baseado nas tarifas de energia atuais na Alemanha, assim como custos finais dos sistemas fotovoltaicos com e sem sistemas de armazenamento. Recomenda-se, também, que sejam traçados cenários de transição e cenários futuros, considerando que, atingindo a meta governamental de 52 GW, o subsídio seja reduzido a zero (considerando o modelo de autoconsumo) e alternativas em que os subsídios continuem a existir para determinadas faixas de potência em que, notoriamente, obtém-se alguma espécie de vantagem, tanto para o proprietário do sistema fotovoltaico, quanto para o operador de rede e o governo.

Na perspectiva de fomento da energia fotovoltaica no Brasil, sugere-se que sejam também criados diferentes cenários em que possam ser alocadas tarifas de compensação para energia que seja injetada na rede. Dessa forma espera-se que o atual modelo implementado pelo governo seja complementado com uma parcela em que uma remuneração monetária seja oferecida.

Espera-se que a Alemanha atinja as metas a que se propõe de forma tão contundente, no sentido de tornar a sua matriz energética de fato mais limpa e renovável, e que o mercado brasileiro possa incluir de forma mais intensa a energia solar fotovoltaica em sua matriz energética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (ABSOLAR, 2019) Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Contribuições Referentes à Consulta Pública Nº 010/2018. Acesso em 03 de abril de 2019, disponível em [http://www.aneel.gov.br/consultas-publicas?p\\_p\\_id=consultaspublicasvisualizacao\\_WAR\\_AudienciasConsultasPortletportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column2&p\\_p\\_col\\_count=1&consultaspublicasvisualizacao\\_WAR\\_AudienciasConsultasPortletportlet\\_documentoId=4697&consultaspublicasvisualizacao\\_WAR\\_AudienciasConsultasPortletportlet\\_tipoFaseReuniao=fase&consultaspublicasvisualizacao\\_WAR\\_AudienciasConsultasPortletportlet\\_jspPage=%2Fhtml%2Fconsultas-publicas-visualizacao%2Fvisualizar.jsp](http://www.aneel.gov.br/consultas-publicas?p_p_id=consultaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column2&p_p_col_count=1&consultaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet_documentoId=4697&consultaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet_tipoFaseReuniao=fase&consultaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fconsultas-publicas-visualizacao%2Fvisualizar.jsp)
- (AEE, 2014) Agentur für Erneuerbare Energie. 2014. Acesso em 27 de fevereiro de 2019, disponível em <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/patentanmeldungen-im-bereich-erneuerbare-energien>
- (ANEEL, 2009) Resolução Normativa nº365, de 19 de maio de 2009. Acesso em 03 de maio de 2019, disponível em <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2009365.pdf>
- (ANEEL, 2012a) Resolução Normativa nº482, de 17 de abril de 2012. Acesso em 07 de novembro de 2018, disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>
- (ANEEL, 2012b) Resolução Normativa nº481, de 17 de abril de 2012. Acesso em 10 de janeiro de 2019, disponível em <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012481.pdf>
- (ANEEL, 2015) Resolução Normativa nº687, de 24 de novembro de 2015. Acesso em 10 de dezembro de 2018. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>
- (ANNEEL, 2017) Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0056/2017 - SRD/ ANEEL. Maio 2017
- (ANNEEL, 2018) Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0062/2018-SRD/SCG/SRM/SGT/SRG/SMA/ANEEL. Maio 2018
- (ANEEL, 2019) BIG-Banco de Informações da Geração. Acesso em 07 de janeiro de 2019, disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>
- (ANTONIOLLI, 2019) Antonioli, Montenegro, Rüter. Análise crítica do documento “Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída - Resolução Normativa nº 482/2012 - Relatório de Análise de Impacto Regulatório

- (AIR) nº 0004/2018-SRD/SCG/SMA/ANEEL”, 2019
- (BMW, 2018) Jahrewirtschaftsbericht. Soziale Marktwirtschaft heute – Impulse für Wachstum und Zusammenhalt. 2018
- (BSW SOLAR, 2018) Stellungnahme des Bundesverband Solarwirtschaft e.V, Novembro 2018, disponível em <https://www.bundestag.de/resource/blob/579310/6991bb9de7250559830999abfe8b1c9f/sv-koernig-data.pdf>
- (CLEARINGSTELLE, 2019) Clearingstelle EEB. Acesso em 03 de fevereiro de 2019, disponível em <https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/beitrag/1934>
- (DGS, 2019) Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, 2019
- (EEG, 2000) Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetz und des Mineralölsteuergesetz
- (EEG, 2004) Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG 2004). Acesso em Janeiro de 2019. [https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/private/active/0/eeg04\\_061107.pdf](https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/private/active/0/eeg04_061107.pdf)
- (EEG, 2009) Statistikbericht zur Jahresendabrechnung 2009 nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) Redaktionsschluss 28. März 2011
- (EEG, 2012) Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2012). Acesso em Janeiro de 2019. [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Gesetze-Verordnungen/eeg\\_2012\\_bf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Gesetze-Verordnungen/eeg_2012_bf.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- (EEG, 2014) Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014). Acesso em Janeiro de 2019 [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetz-fuer-den-ausbau-erneuerbarer-energien.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetz-fuer-den-ausbau-erneuerbarer-energien.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- (EEG, 2017) Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2017). Acesso em Janeiro de 2019 [https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/BJNR106610014.html](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html).
- (EPE, 2012) Empresa de Pesquisa Energética. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. 2012
- (EPE, 2013) Empresa de Pesquisa Energética. Nota Técnica DEA 19/14. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no

- Brasil– Condicionantes e Impactos. 2013
- (EPE, 2014) [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetz-fuer-den-ausbau-erneuerbarer-energien.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetz-fuer-den-ausbau-erneuerbarer-energien.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- (EPE, 2019) Empresa de Pesquisa Energética, 2019. Acesso em Janeiro de 2019. <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.
- (EPIA, 2013) European Photovoltaic Industry Association. Self-consumption of PV electricity, 2013.
- (FERRAÇO, 2016) Ferração, A.L. Transição energética no Brasil: entraves e possibilidades no âmbito institucional, 2016.
- (FONSECA, 2014) Fonseca, P. A transição energética: o papel das redes inteligentes de energia, 2014.
- (FRAUNHOFER ISE, 2012) Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Zusammengestellt von Dr. Harry Wirth, Fraunhofer ISE. Fassung vom 27.07.2012
- (FRAUNHOFER ISE, 2018) Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Zusammengestellt von Dr. Harry Wirth, Fraunhofer ISE. Fassung vom 20.07.2018
- (FRAUNHOFER ISE, 2019) Stromerzeugung in Deutschland im ersten Halbjahr 2019. Fraunhofer ISE. Fassung vom 03.07.2019
- (GRAU, 2012) Grau, T., Huo, M. e Neuhoff, K., Survey of Photovoltaic Industry and Policy in Germany and China. Energy Policy, Volume 51, 2012.
- (IEA, 2013) Energy Policies of IEA Countries - Germany. International Energy Agency IEA. Paris. 2013
- (IEA, 2014) IEA PVPS, 2014. Trends 2014 in PV Applications - Report IEA-PVPS T1-25, 2014.
- (IEA-RETD, 2014) IEA-RETD. Residential prosumers-drivers and policy options, 2014.
- (INERGIAL, 2019) Inergial, Reenergize; Revisão da REN 482/2012: Impactos para a Geração Distribuída e para a Energia Solar, 2019. Disponível em <https://inergial.com.br/#reenergize>
- (MINISTÈRE, 2014) Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie of France. Rapport sur l'autoconsommation et l'autoproduction de l'électricité renouvelable, 2014
- (MURKISCH, 2018) Entwicklung der EEG-Einspeisevergütung disponível em <https://www.zolar.de/blog/entwicklung-der-eeg-einspeiseverguetung>

- (QUASCHNING, 2013) Ursachen des 52-GW-Deckels und Folgen für die Anlagenentwicklung von Photovoltaiksystemen. 28. Symposium Photovoltaische Solarenergie. März 2013
- (QUASCHNING, 2019) Erneuerbare-Energien-und-Klimaschutz disponível em <https://www.volker-quaschning.de/datserv/pv-welt/index.php>
- (REICHMUTH, 2011) Vorbereitung und begleitung der erstellung des erfahrungsberichtes - Solare Strahlungsenergie. 2011
- (STROMPREIS, 2019a) Strom Report\_Zahlen Daten Fakten, disponível em <https://1-stromvergleich.com/strom-report/eeg-umlage/#eeg-umlage-2019>
- (STROMPREIS, 2019b) Strom Report\_Zahlen Daten Fakten, disponível em <https://1-stromvergleich.com/strom-report/strompreis/>

## APÊNDICE A

### IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL E NA ALEMANHA - SUMÁRIO

#### A.1 NO BRASIL

Tabela A.1: Impacto da implementação de políticas públicas no Brasil.

Fonte: Autoria própria

Impacto da implementação de políticas públicas no Brasil			
Norma - Ano	Ações indicadas - Foco	Impactos	Observações
REN 482/2012	Possibilita a injeção de potência na rede de energia elétrica por: Microgeração distribuída e Minigeração distribuída e determina o Sistema de Compensação de Energia Elétrica,	Baixo crescimento no número de novos sistemas fotovoltaicos (Figura 3.17).	Microgeração distribuída: potência instalada menor ou igual a 100kW; Minigeração distribuída: potência instalada superior a 100kW e menor ou igual a 1MW; Sistema de Compensação de Energia Elétrica: sistema no qual a microgeração distribuída ou minigeração distribuída, compense o consumo de energia elétrica ativa.
REN 687/2015	Cria novos nichos de consumidores e modalidades de negócios.	Os novos modelos de geração contribuem para o aumento do número de instalações (Tabela 3.4).	Novas modalidades: Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras; Geração compartilhada; Autoconsumo remoto.

## A.2 NA ALEMANHA

Tabela A.2: Impacto da implementação de políticas públicas na Alemanha.

Fonte: Autoria própria

Impacto da implementação de políticas públicas na Alemanha			
Norma - Ano	Ações indicadas - Foco	Impactos	Observações
EEG 2000	Remuneração de eletricidade gerada por sistemas fotovoltaicos em até 50 Centavos/kWh.	Baixo crescimento no número de novos sistemas fotovoltaicos (Figura 3.3).	Metas fixas e de longo prazo: fornecimento sustentável de energia, proteção climática e maior desenvolvimento de tecnologias.
EEG 2004	Padronização de meta fixa para a expansão das energias renováveis (12,5% em 2010 e pelo menos 20% até 2020).	Aumento no crescimento no número de novos sistemas fotovoltaicos (Figura 3.3). De 53 MWp em 2000 para 670 MWp em 2004.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 57,4 centavos de euro/kWh para potência &lt;= 30kW;</li> <li>• 54,6 centavos de euro/kWh para potência &gt; 30kW;</li> <li>• 54,0 centavos de euro/kWh, para potência &gt; 100 kW.</li> </ul>
EEG 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>_Acessibilidade remota dos operadores de rede ao controle das usinas de geração de energia;</li> <li>_Promoção da comercialização direta pelo modelo prêmio de mercado;</li> <li>_Reajuste da estrutura e o número de parágrafos da EEG de 24 para 66 para melhor direcionar a remuneração e ajustar ao desenvolvimento do mercado.</li> </ul>	Aumento no crescimento no número de novos sistemas fotovoltaicos (Figura 3.3). De 56 MWp em 2000 para 3.794 MWp em 2009.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 28,74 centavos por kWh para potência &lt;= 30 kW;</li> <li>• 27,33 centavos por kWh para potência &lt;= 100kW;</li> <li>• 25,86 centavos por kWh para potência &lt;= 1MW;</li> <li>• 21,56 centavos por kWh para potência &gt; 1MW.</li> </ul>
EEG 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>_Redesenho das classes de remuneração (potência instalada até 10kW, até 40kW, até 1.000kW e até 10.000kW);</li> <li>_Aumento da quota das energias renováveis no fornecimento de eletricidade para pelo menos 35% até 2020, 50% até 2030, 65% até 2040 e 80% em 2050;</li> <li>_Foi determinada uma meta de expansão total para sistemas fotovoltaicos subsidiados na Alemanha, totalizando 52 GW.</li> </ul>	Redução da tarifa <i>Feed-in</i> em 15% para sistemas fotovoltaicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 10kW de potência instalada: 19,5 ct/kWh;</li> <li>• Até 40kW de potência instalada: 18,5 ct/kWh;</li> <li>• Até 1.000kW de potência instalada: 16,5 ct/kWh;</li> <li>• Até 10MW de potência instalada: 13,5 ct/kWh;</li> <li>• Até 10MW (sistema fotovoltaico sobre o solo) de potência instalada: 13,5 ct/kWh.</li> </ul>
EEG 2014	Até 2025, a quota de energias renováveis deverá situar-se entre 40 e 45% e, em 2035, entre 55 e 60%.	<ul style="list-style-type: none"> <li>_Redução no crescimento no número de novos sistemas fotovoltaicos (Figura 3.9 e 3.10). Redução (como média entre as diversas faixas de potência) de aproximadamente 15 centavos de euro por kWh;</li> <li>_A rápida expansão das energias renováveis resultou em aumento na taxa EEG (<i>EEG-Umlage</i>).</li> </ul>	Meta de aumento de volume anual (os chamados corredores de expansão): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia solar: 2,5 GW (brutos) por ano.</li> </ul>
EEG 2017	Introdução das modalidades: "aluguel de energia elétrica" e "aluguel de telhados".	Construção anual de usinas Energia Solar Fotovoltaica (Figura 3.10).	A partir de 2017, o montante da compensação por energia renovável não seria governamental, mas sim, determinado por leilões no mercado. Potência instalada acima de 750kWp.