



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

CYNTHIA DE BARROS LIMA SCARPATI

A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM SISTEMAS CONECTADOS
À REDE ELÉTRICA NO BRASIL: ASPECTOS ECONÔMICOS E
POLÍTICAS DE INCENTIVO

VITÓRIA
2017

CYNTHIA DE BARROS LIMA SCARPATI

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM SISTEMAS CONECTADOS
À REDE ELÉTRICA NO BRASIL: ASPECTOS ECONÔMICOS E
POLÍTICAS DE INCENTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Gestão Sustentável e Energia.

Orientador: Prof^a. D.sc. Adriana Fiorotti Campos.

VITÓRIA

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S285e Scarpati, Cynthia de Barros Lima, 1988-
A energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica no Brasil: aspectos econômicos e políticas de incentivo / Cynthia de Barros Lima Scarpati. – 2017.
171 f. : il.

Orientador: Adriana Fiorotti Campos.
Coorientador: Eduardo Ariel Ponzio.
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Energia solar fotovoltaica. 2. Energia solar. 3. Política pública. 4. Geração distribuída de energia elétrica. 5. Células fotoelétricas. I. Campos, Adriana Fiorotti. II. Ponzio, Eduardo Ariel. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 628

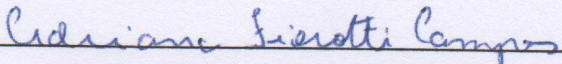
Cynthia de Barros Lima Scarpati

**A Energia Solar Fotovoltaica em Sistemas
Conectados à Rede Elétrica no Brasil:
Aspectos Econômicos e Políticas de Incentivo**

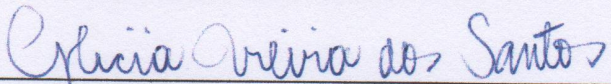
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração Gestão Sustentável e Energia.

Aprovada em 08 de agosto 2017.


COMISSÃO EXAMINADORA



Profª. D.Sc. Adriana Fiorotti Campos
Orientadora - PPGES / CT / UFES



Profª. Drª. Glícia Vieira dos Santos
Examinadora Interna - PPGES / CT / UFES


Prof. PhD. Alexandre Ottoni Teatini Salles
Examinador Externo - PPGECO/CCJE/UFES

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre está à frente de todas as decisões da minha vida.

Aos meus pais, Antônio e Iracema, pelo carinho e amor que sempre foram fundamentais em todos os momentos.

Ao meu esposo, Aécio, pelo amor, compreensão e companheirismo, dividindo a carga ao longo deste trabalho; pelo ânimo e o incentivo sempre presente em todos os momentos.

À minha família e aos meus amigos pelo apoio e compreensão.

Aos amigos que fiz durante o mestrado, Luan e Victor Hugo, que estiveram sempre presentes, acreditando, ajudando, colaborando de diferentes maneiras nas etapas deste trabalho.

À minha orientadora Adriana, pela confiança depositada no meu trabalho, orientação, competência e apoio, o que me permitiu concluir este trabalho com êxito.

Aos membros da banca. Ao examinador externo, Prof. Dr. PhD. Alexandre Ottoni Teatini Salles, por ter aceitado o convite; à Prof.^a. Dra. Glicia Vieira dos Santos, pela sabedoria compartilhada.

Aos demais colegas de Mestrado e ao corpo de Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da UFES, por contribuírem para a minha formação.

RESUMO

A energia solar fotovoltaica constitui uma via fundamental para o desenvolvimento sustentável e diversificação da matriz elétrica nacional. Com o aumento nos preços dos combustíveis fósseis aliado às crescentes preocupações ambientais, a energia dessa fonte surge como alternativa de energia limpa, principalmente após a formulação e implantação do Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro, que estabeleceu mecanismos para aumentar a competitividade das fontes alternativas de energia frente às fontes convencionais. O Brasil é privilegiado por ser um país localizado na região intertropical, possuindo elevados níveis de insolação para o aproveitamento de energia solar durante todo o ano.

Os sistemas de energia elétrica, tradicionalmente, são compostos por grandes produtores que fornecem a energia para diferentes clientes através de redes de transmissão e distribuição, sendo este modelo de transmissão conhecido como centralizado. Atualmente, a tendência é a introdução da descentralização na geração de energia elétrica, através da geração distribuída de energia. Sob essa perspectiva, este trabalho buscou apresentar as principais políticas de incentivo fiscal, regulatórias e de financiamento público para a energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica no Brasil, ressaltando os aspectos econômicos e perspectivas futuras para a geração fotovoltaica centralizada e distribuída no país.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica; Políticas de Incentivo; Geração Fotovoltaica Distribuída; Leilões de Energia.

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy is a fundamental way for the sustainable development and diversification of the national electricity matrix. With the increase in fossil fuel prices coupled with growing environmental concerns, this energy source emerges as a clean energy alternative, especially after the formulation and implementation of the New Model of the Brazilian Electric Sector, which established mechanisms to increase the competitiveness of alternative sources of energy against the conventional sources. Brazil is privileged to be a country located in the intertropical region, possessing high levels of insolation for the use of solar energy throughout the year.

Traditionally, electric power systems are composed of large producers that supply energy to different customers through transmission and distribution networks, and this transmission model is known as centralized. Currently, the trend is the introduction of decentralization in the electricity generation through distributed generation of energy. From this perspective, this study aimed to present the main fiscal incentive, regulatory and public financing policies for photovoltaic solar energy in systems connected to the grid in Brazil, highlighting the economic aspects and future prospects for centralized and distributed photovoltaic generation in the country.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy; Incentive Policies; Distributed Photovoltaic Generation; Energy Auctions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração convencional <i>versus</i> inclusão de renováveis e geração distribuída	20
Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos básicos para a elaboração da pesquisa.	26
Figura 3 - Capacidade solar global acumulada global instalada por país, 2015	29
Figura 4 - Investimento global em energia, por tipo de tecnologia, 2012/2016	32
Figura 5 - Célula, painel e arranjo fotovoltaico	37
Figura 6 - Princípio básico de um sistema FV	38
Figura 7 - Diagrama esquemático de uma aplicação de um sistema FV isolado	40
Figura 8 - Diagrama esquemático de um sistema FV conectado à rede	40
Figura 9 - Países com políticas de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, por tipo, 2015	47
Figura 10 - Representação de um sistema de tarifas FiT e FiP	51
Figura 11 - Tipos de <i>net metering</i>	55
Figura 12 - Estimativa da média global dos custos dos sistemas fotovoltaicos, 2009/2014	67
Figura 13 - Média ponderada global do LCOE para usinas fotovoltaicas real e projetada	71
Figura 14 - Evolução mundial dos preços dos leilões de usinas fotovoltaicas, 2010/2016	72
Figura 15 - Barreiras ao desenvolvimento das energias renováveis	83
Figura 16 - Mapa da irradiação global horizontal no mundo	91
Figura 17 - Mapa da irradiação global horizontal no Brasil, 1999/2013.....	91
Figura 18 – Agentes institucionais do setor elétrico brasileiro.....	93
Figura 19 - Participação dos agentes nos ambientes de contratação	97
Figura 20 – Eventos de contratação de energia no ACR	99

Figura 21 - Tipos de leilões de geração de energia no Brasil	100
Figura 22 - Estados Brasileiros que ainda não aderiram ao Convênio ICMS nº 16/2015	108
Figura 23 - Capacidades contratadas e preços médios resultantes dos Leilões de Energia de Reserva no Brasil, 2008/2016	111
Figura 24 - Sistema de Compensação de Energia Elétrica	114
Figura 25 - Projetos fotovoltaicos em construção e em construção não iniciada, por região, Maio/2017.....	128
Figura 26 - Tarifa de eletricidade versus custo da geração distribuída fotovoltaica	137

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Taxas de crescimento da oferta mundial de energias renováveis entre 1990/2014	21
Gráfico 2 - Evolução da capacidade global de energia solar fotovoltaica, 2006/2016	29
Gráfico 3 - Evolução da capacidade instalada de geração solar fotovoltaica em países selecionados, 2007/2016	30
Gráfico 4 – Novos investimentos mundiais em energia renovável por países desenvolvidos e em desenvolvimento, 2006/2016	31
Gráfico 5 - Empregos no setor de energia renovável no mundo, 2012/2016	33
Gráfico 6 - Distribuição global das instalações fotovoltaicas <i>off-grid</i> e <i>on-grid</i> , 2000/2015	34
Gráfico 7 - Segmentos globais de instalações fotovoltaicas, 2011/2015.....	34
Gráfico 8 - Instalações fotovoltaicas centralizadas e descentralizadas na rede, por região em 2015	35
Gráfico 9 - Variações do LCOE para a energia solar fotovoltaica por taxas de desconto, 2015	70
Gráfico 10 - Participação das fontes na capacidade instalada de geração de energia elétrica, Abr/2017	88
Gráfico 11 – Evolução da contratação da energia solar fotovoltaica nos Leilões de Energia de Reserva, por projetos e energia contratada	112
Gráfico 12 - Participação em Leilões de Expansão, 2005/2016	124
Gráfico 13 - Preço médio por fonte em Leilões de Expansão, 2005/2016	124
Gráfico 14 - Relação de usinas fotovoltaica em operação no Brasil, em março de 2017	126
Gráfico 15 - Resultado dos preços de contratação da energia solar fotovoltaica nos Leilões de Energia de Reserva	129

Gráfico 16 – Relação de unidades de geração fotovoltaica distribuída no Brasil, Abr/2017.....	132
Gráfico 17 - Evolução quadrimestral das instalações de geração distribuída fotovoltaica, 2012/2017	133
Gráfico 18 - Composição do custo total da instalação de um sistema fotovoltaico .	134
Gráfico 19 – Comparação dos preços de sistemas fotovoltaicos por faixa de potência no Brasil, 2015	135
Gráfico 20 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil, Abr/2017.....	139
Gráfico 21 - Custos de investimentos para energia solar fotovoltaica em países selecionados, 2015	140
Gráfico 22 - Perspectiva de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos GD no Brasil	141
Gráfico 23 – Evolução da energia solar fotovoltaica centralizada e distribuída no Brasil, na capacidade instalada no SIN, 2017/2030	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Políticas para energias renováveis.....	48
Quadro 2 - Barreiras à difusão da energia solar fotovoltaica	84
Quadro 3 - Comparação entre os Ambientes de Contratação Livre (ACL) e Regulada (ACR)	97
Quadro 4 - Principais alterações da REN nº 687/2015 em relação à REN nº 482/2012	103
Quadro 5 - Contexto histórico das principais políticas de incentivo à fonte solar fotovoltaica no Brasil	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade de geração solar fotovoltaica para a última década (GW), 2007/2016	30
Tabela 2 - Participação da energia solar fotovoltaica nos leilões de energia em 2016	73
Tabela 3 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil, Abr/2017.....	90
Tabela 4 - Irradiação solar diária média para as capitais do Brasil, 2016	92
Tabela 5 - Adesões ao Convênio ICMS nº 16/2015	108
Tabela 6 - Leilões realizados com participação de usinas solares.....	125
Tabela 7 - Usinas fotovoltaicas em operação no Brasil, Mar/2017.....	126
Tabela 8 - Usinas do tipo UFV em construção e em construção não iniciada no Brasil	128
Tabela 9 - Parâmetros da geração fotovoltaica centralizada	130
Tabela 10 - Valores do LCOE das usinas fotovoltaicas na China e na Alemanha, 2015	130
Tabela 11 - Resumo das UCs com geração distribuída por tipo de geração	131
Tabela 12 - Parâmetros de cálculo do custo nivelado da geração distribuída fotovoltaica residencial	136

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
Abragel	Associação Brasileira de Energia Limpa
ACL	Ambiente de Contratação Regulada
ACR	Ambiente de Contratação Livre
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ARSP	Agência Reguladora de Serviços Públicos
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CERNE	Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COFINS	Contribuição ao Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
COP21	21ª Conferência das Partes
EEG	<i>Erneuerbare-Energien-Gesetz</i>
EIA	<i>U.S. Energy Information Administration</i>
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FiP	<i>Feed-in Premium</i>
FiT	<i>Feed-in Tariff</i>
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
FV	Fotovoltaico
GD	Geração Distribuída
GNL	Gás Natural Liquefeito

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEA-PVPS	<i>International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme</i>
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
KfW	<i>Kreditanstalt für Wiederaufbau</i>
LA	Leilão de Ajuste
LCOE	<i>Levelized Cost of Energy</i>
LE	Leilão Estruturante
LEE	Leilão de Energia Existente
LEN	Leilão de Energia Nova
LER	Leilão de Energia de Reserva
LFA	Leilão de Fontes Alternativas
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NDRC	<i>National Development & Reform Commission</i>
NEA	<i>National Energy Administration</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
NOS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PADIS	Apoio ao Desenvolvimento da Indústria de Semicondutores
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PIS	Programa de Integração Social

PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
REC	<i>Renewable Energy Certificate</i>
REIDI	Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
REN	Resolução Normativa ANEEL
REN21	<i>Renewable Energy Policy Network for the 21st Century</i>
SFCR	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
SIN	Sistema Interligado Nacional
TPES	<i>Total Primary Energy Supply</i>
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
UC	Unidades Consumidoras
UFV	Central Geradora Fotovoltaica
UHE	Usinas Hidrelétricas
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
UTE	Usinas Termelétricas
WACC	<i>Weighted Average Capital Cost</i>
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1. OBJETIVOS.....	24
1.1.1. Objetivo geral	24
1.1.2. Objetivos específicos	24
1.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	25
2. A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	27
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	27
2.2. PANORAMA MUNDIAL	28
2.3. ASPECTOS TÉCNICOS	36
2.3.1. Tecnologia	36
2.3.2. Aplicações	39
2.3.2.1. Sistemas isolados	39
2.3.2.2. Sistemas conectados à rede	40
2.4. POLÍTICAS DE INCENTIVO.....	42
2.4.1. Energias renováveis e políticas públicas	43
2.4.2. Políticas de incentivo às fontes renováveis	46
2.4.2.1. Incentivos fiscais	48
2.4.2.2. Políticas regulatórias	49
a) Tarifas feed-in.....	50
b) Net metering	53
c) Certificados de energia renovável e cotas.....	55
d) Leilões de energia	59
2.4.2.3. Financiamento Público	63
2.5. ASPECTOS ECONÔMICOS.....	65
2.5.1. Custo nivelado de energia (LCOE)	68
2.5.2. LCOE e leilões de energia solar fotovoltaica	71
2.6. EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO SOLAR FOTOVOLTAICO.....	74
2.6.1. China	74

2.6.2. Alemanha	79
2.7. BARREIRAS AO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA.....	82
2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
3. A ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA NO BRASIL	87
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	87
3.2. PANORAMA NACIONAL	87
3.3. SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	93
3.3.1. Comercialização da energia elétrica	95
3.3.2. Leilões para contratação de energia elétrica	100
3.3.3. Contratação da geração distribuída	102
3.4. POLÍTICAS DE INCENTIVO À ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA NO BRASIL	104
3.4.1. Incentivos fiscais	105
3.4.1.1. Descontos	105
3.4.1.2. Isenções fiscais	106
3.4.2. Políticas regulatórias	109
3.4.2.1. PROINFA	109
3.4.2.2. Leilões de energia de reserva	110
3.4.2.3. <i>Net metering</i> e geração distribuída	113
3.4.2.4. Certificados e cotas de energias renováveis	115
3.4.3. Financiamento público	116
3.4.3.1. ProGD	116
3.4.3.2. BNDES	117
3.4.3.3. Outros tipos de financiamentos	118
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	122
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	122
4.2. GERAÇÃO CENTRALIZADA.....	123
4.2.1. Aspectos econômicos	129
4.3. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	131
4.3.1. Aspectos econômicos	133

4.4. GERAÇÃO CENTRALIZADA VERSUS GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	138
4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	143
5. CONCLUSÃO	145
5.1 PROPOSIÇÕES.....	147
REFERÊNCIAS.....	148

1. INTRODUÇÃO

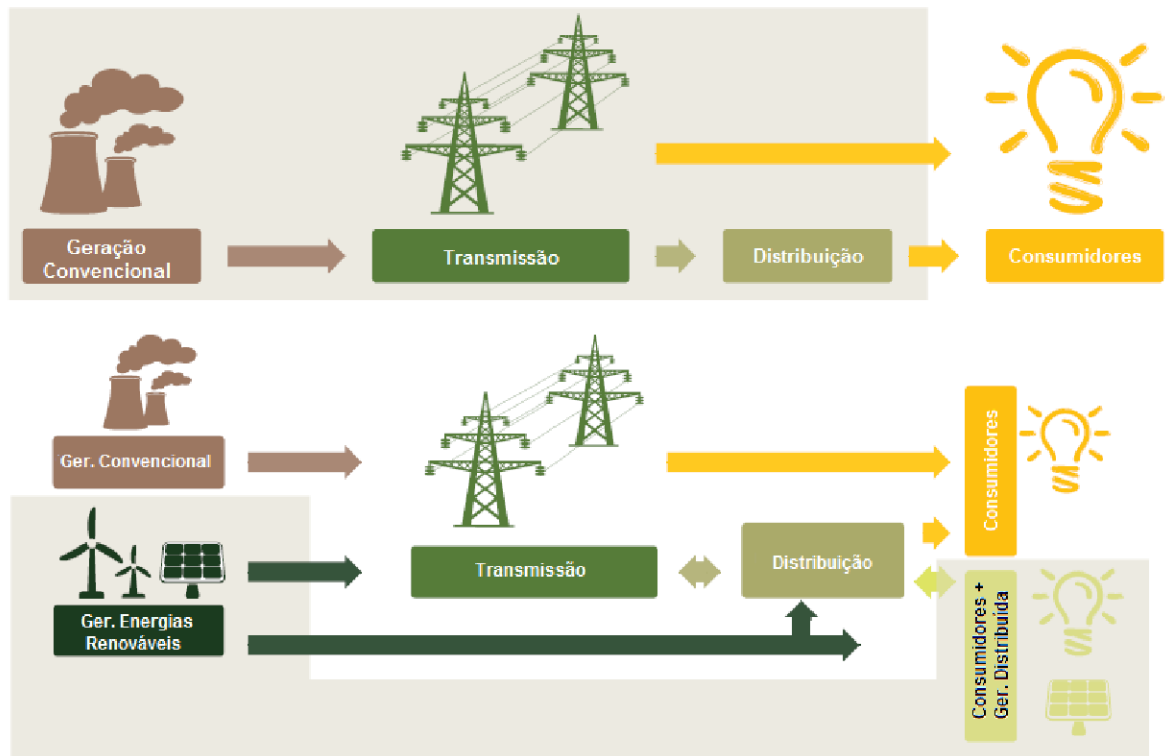
A energia é um vetor essencial para o desenvolvimento social e econômico de uma sociedade. Além da disponibilidade e confiabilidade do suprimento de energia, é de fundamental importância que mecanismos, como o acesso à energia e a promoção eficiente dos recursos naturais, estejam presentes para que o crescimento econômico seja considerado sustentável (LA ROVERE et al., 2010).

Neste cenário, as fontes renováveis de energia desempenham um papel importante no desenvolvimento sustentável dos países. Isso porque elas colaboram para o crescimento econômico, reforçam o acesso à energia para as populações rurais, geram empregos, reduzem o impacto ambiental da produção de energia e contribuem para a melhoria da qualidade de vida (KRUCKENBERG, 2015).

A fim de estimular a difusão dessas fontes, os formuladores de políticas têm se confrontado com uma variedade de opções (DELMAS; MONTES-SANCHO, 2011). Segundo Polzin e outros (2015), as políticas de incentivo atuam através de estímulos à diversidade tecnológica e à redução dos riscos e dos custos associados às fontes renováveis de energia.

De acordo com *The International Renewable Energy Agency* (IRENA), essas políticas são determinantes no que se refere ao ritmo que as fontes de energias renováveis se desenvolvem no mundo. Esses incentivos contribuem para a segurança, estabilidade e confiabilidade do sistema de energia (IRENA, 2016a). As mudanças com a introdução das energias renováveis como fonte de geração de energia elétrica são ilustradas na Figura 1.

Figura 1 - Geração convencional *versus* inclusão de renováveis e geração distribuída

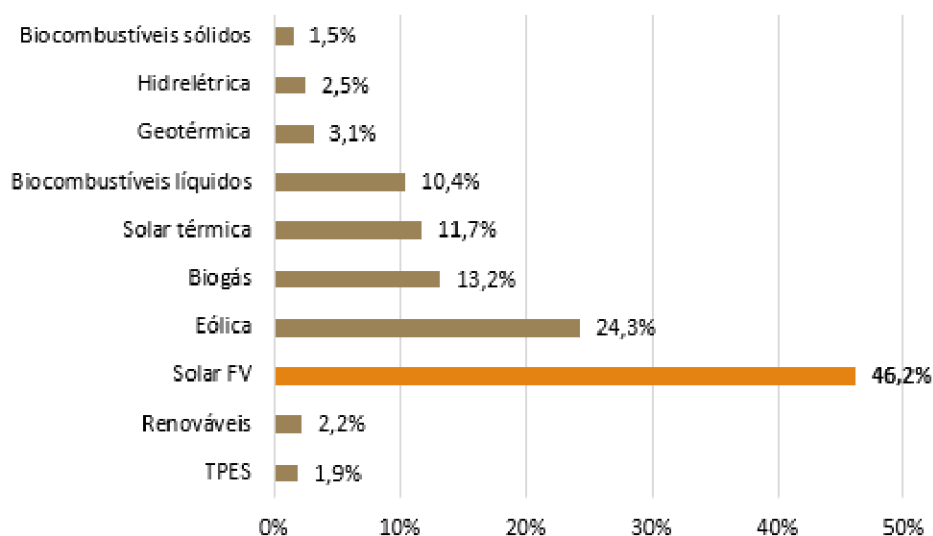


Fonte: Adaptado (IRENA, 2016a, p. 8).

Como pode ser observado na Figura 1, no sistema de geração convencional a direção da energia é unidirecional: das usinas para os consumidores. A partir do aumento da demanda de energia, como resultado do crescimento da economia e da população, é necessária a construção de novas usinas de geração, bem como de novas linhas de transmissão e distribuição (ENERGYPRO, 2017).

De acordo com a *International Energy Agency* dos Estados Unidos (IEA), desde 1990 as fontes renováveis de energia crescem a uma taxa média anual de 2,2%, valor ligeiramente superior à taxa de crescimento da oferta total mundial de energia primária (TPES – do inglês *Total Primary Energy Supply*), que corresponde a 1,9% (ver Gráfico 1). O crescimento é especialmente elevado para a energia solar fotovoltaica, que cresceu a taxas anuais médias de 46,2% (IEA, 2016).

Gráfico 1 - Taxas de crescimento da oferta mundial de energias renováveis entre 1990/2014



Fonte: Adaptado (IEA, 2016a, p. 4).

Existem basicamente dois tipos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, os sistemas de geração centralizada e de geração distribuída. Enquanto o primeiro contempla usinas de grande porte, o segundo abrange usinas próximas ao local de consumo, com instalações nos telhados das residências ou edifícios (LORA; HADDAD, 2006). Geralmente, a geração distribuída não consegue competir em igualdade de condições com a geração centralizada, embora ofereça confiabilidade e economia, que não podem ser obtidos através de sistemas elétricos tradicionais (ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2010).

Em muitos mercados na atualidade, as energias renováveis competem com antigas usinas de forma desigual. Isso porque, no caso das usinas já existentes, os consumidores e os contribuintes já pagaram os juros e a depreciação dos investimentos iniciais. Em virtude disso, são necessárias ações de viés político e econômico, para superar as distorções do mercado, de forma que as tecnologias renováveis possam competir segundo os seus próprios méritos (GREENPEACE, 2015).

Nesse contexto, as políticas de incentivo visam a correção da diferença de custos, avançando para a redução dos riscos dos investimentos de capital. Além disso, criam mercados para as tecnologias de energias renováveis, facilitam a implantação das usinas e possibilitam reduções de custos através de economias de escala e melhorias tecnológicas (IEA, 2016b).

Nesse cenário, o mercado fotovoltaico aponta como um dos mais disputados em todo o mundo, principalmente na Europa, na China e nos Estados Unidos, devido à sua perspectiva de rápido crescimento, aliada aos elevados níveis de investimentos atuais. No Brasil, o crescimento desse mercado está se tornando mais significativo, especialmente após a inserção da fonte solar na matriz nacional e a sua introdução nos leilões de energia elétrica, em um momento que o setor de energia enfrenta dificuldades em razão da redução dos fluxos hídricos e do consequente aumento dos preços da eletricidade (SAMPAIO; GONZÁLEZ, 2017).

Conforme expõe Castro, Jannuzzi e Drumond Júnior (2016), as políticas de incentivo direcionadas às fontes renováveis de energia são fundamentais para viabilizar a geração fotovoltaica no Brasil, tanto para os sistemas de pequena escala, quanto para grandes usinas.

Embora a utilização da tecnologia fotovoltaica para geração de energia elétrica já ocorra há algumas décadas, foi somente a partir dos ditames da Resolução Normativa ANEEL nº482/2012 (REN nº 482/2012) que as conexões de sistemas à rede das concessionárias foram autorizadas, fato que promoveu o desenvolvimento significativo do mercado fotovoltaico no país. Em 2015, foi publicada a Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 com o objetivo de alterar, aprimorar e expandir a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (ANEEL, 2015a, 2012a).

Além das legislações específicas, o governo brasileiro está criando oportunidades para construção de usinas fotovoltaicas. Ao final de 2014, ocorreu a entrada, em grande escala, da energia solar no Leilão de Energia de Reserva (LER). Nesse ínterim, foi fomentado mais de R\$ 4 bilhões em projetos de usinas fotovoltaicas, garantindo a contratação de 890 MW (megawatts) (EPE, 2014a; KONZEN, 2016).

Castro, Jannuzzi e Drumond Júnior (2016) enfatizam que os subsídios governamentais foram fundamentais para que a fonte solar fosse competitiva comercialmente. Além disso, acrescentam que “apesar de não estarem diretamente ligados ao mercado de geração distribuída, esses projetos abriram portas para fabricantes, investidores e empresas” (CASTRO; JANNUZZI; DRUMOND JÚNIOR, 2016, p. 1).

Dessa forma, a questão que se coloca neste trabalho consiste em: **quais são as atuais políticas de incentivo à energia solar fotovoltaica para geração de energia**

elétrica em sistemas conectados à rede elétrica e quais são os aspectos econômicos que abrangem os sistemas fotovoltaicos no Brasil?

No decorrer da pesquisa buscou-se avaliar as experiências internacionais e verificou-se que diversas políticas de incentivo abrangem as energias renováveis, sem distinção entre as fontes.

À luz de análises teóricas das principais políticas de incentivo mundiais, das fontes renováveis de energia e da experiência internacional no desenvolvimento do mercado solar fotovoltaico em mercados já consolidados, como é o caso da Alemanha e da China, este estudo torna-se uma importante ferramenta para a análise da energia solar fotovoltaica no cenário nacional atual.

Tendo em vista o exposto, o trabalho realizado procura identificar os principais mecanismos de incentivo fiscal, regulatório e de financiamento público para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil. Isto é particularmente importante, pois a energia solar fotovoltaica encontra-se em fase inicial de desenvolvimento no Brasil, sem a relevância que tem sido atribuída às outras fontes renováveis de energia na agenda energética nacional, como é o caso da bioenergia e da energia eólica.

Para tanto, a dissertação está organizada em cinco capítulos, incluindo esta introdução.

O Capítulo 2 apresenta as diferentes vertentes da literatura publicada para os dados técnicos, políticos e econômicos da energia solar fotovoltaica a nível mundial. Para exemplificar os efeitos práticos, são apresentados os principais mecanismos para a promoção à fonte solar fotovoltaica utilizados na China e Alemanha, países que detêm a maior capacidade instalada de geração solar fotovoltaica na atualidade. Além disso, são expostas as barreiras para o desenvolvimento das fontes renováveis de energia, principalmente para a energia solar fotovoltaica.

No contexto histórico brasileiro, o Capítulo 3 apresenta o panorama nacional do setor elétrico e as políticas de incentivo aplicadas às fontes renováveis de energia renovável, focando especificamente na energia solar fotovoltaica. São apresentados os principais aspectos a respeito da comercialização da energia elétrica, dos leilões de energia e do processo de contratação da energia proveniente da geração distribuída. Além disso, este capítulo inclui o embasamento teórico, que abrange os

principais mecanismos fiscais, regulatórios e de financiamento público utilizados para a promoção e desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil.

O Capítulo 4 apresenta os resultados, em termos de capacidade instalada, além dos aspectos econômicos e condições atuais da energia solar fotovoltaica no Brasil. Por fim, no Capítulo 5, estão resumidas as conclusões da dissertação e as proposições específicas para a energia solar fotovoltaica no Brasil.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Identificar as políticas de incentivo (fiscal, regulatória e de financiamento público) e os aspectos econômicos (LCOE e custos gerais) que abrangem a energia solar fotovoltaica como fonte de geração de energia elétrica em sistemas conectados à rede no Brasil.

1.1.2. Objetivos específicos

Para atingir o objetivo citado, os seguintes tópicos serão abordados:

- Identificar as principais políticas de incentivo que colaboraram para o desenvolvimento do mercado fotovoltaico na China e Alemanha, países considerados destaques em capacidade instalada de energia solar fotovoltaica;
- Apresentar os principais aspectos econômicos relacionados à geração de energia elétrica a partir da fonte solar fotovoltaica no Brasil, considerando o custo nivelado de energia (LCOE) e os custos gerais;
- Apresentar o panorama atual e as perspectivas futuras da energia solar fotovoltaica como fonte de geração de energia elétrica em sistemas conectados à rede no Brasil.

1.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento desta dissertação, decidiu-se por uma pesquisa exploratório-descritiva, utilizando-se de análises documentais e bibliográficas, a partir de materiais que envolvem as políticas de financiamento público, regulatórias e os incentivos fiscais.

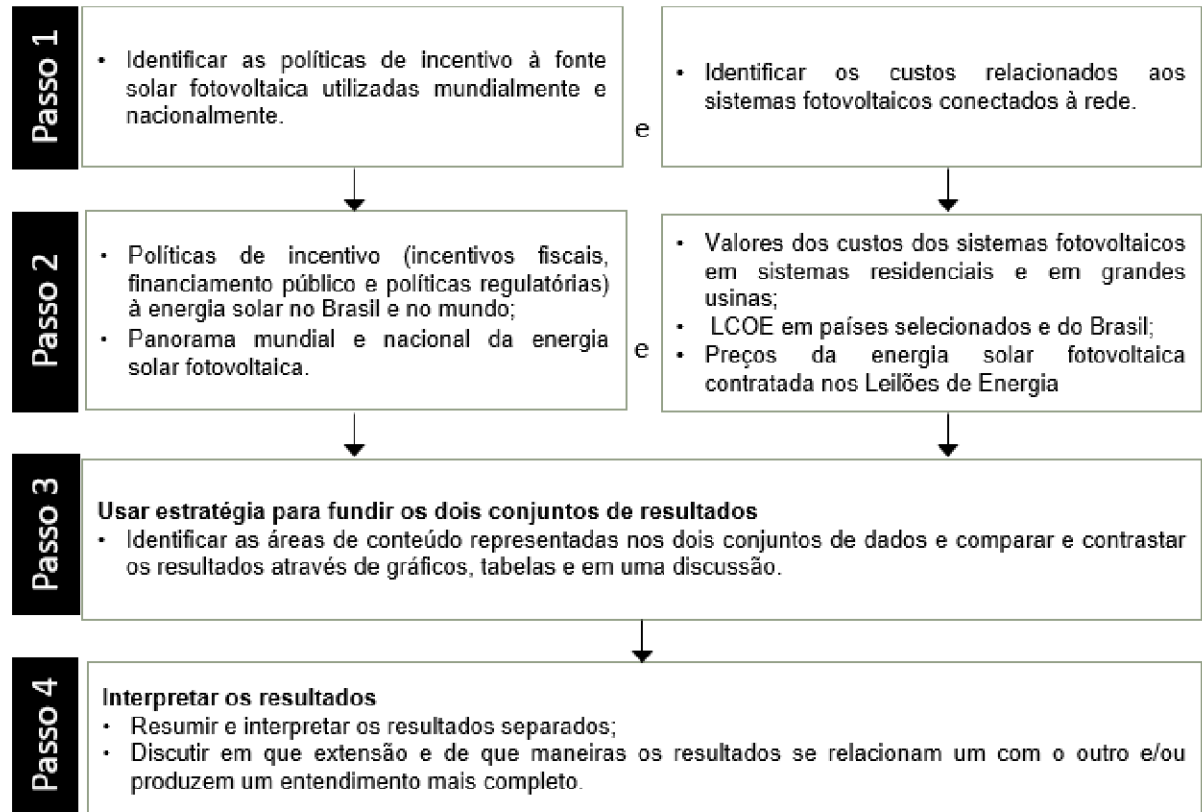
Devido a sua finalidade de produzir conhecimentos concentrados à solução de problemas específicos, abrangendo verdades e interesses locais, esta pesquisa caracteriza-se como aplicada.

Realizou-se uma análise quantitativa, compreendendo os valores do custo nivelado de energia (LCOE – do inglês *Levelized Cost of Energy*) dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, os preços contratados nos Leilões de Energia Elétrica e os custos gerais dos equipamentos que compõem um sistema fotovoltaico no Brasil. Além disso, foi realizada uma comparação entre os preços aplicados no Brasil, na China e na Alemanha para os sistemas fotovoltaicos centralizados e distribuídos.

O LCOE foi utilizado para avaliar economicamente o custo de geração de energia, contemplando todos os custos ao longo da vida útil do empreendimento. Assim, considera-se que há viabilidade econômica quando as tarifas praticadas são maiores do que o LCOE calculado.

Os procedimentos de coleta e dados para a elaboração deste trabalho estão delineados no fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos básicos para a elaboração da pesquisa



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Creswell e Clark (2013).

Para uma melhor compreensão, foi realizada a fusão dos resultados e, posteriormente, seguiu-se com a sua interpretação, baseada na discussão sobre os mecanismos de incentivos internacionais adotados por países considerados destaques em capacidade de geração solar fotovoltaica.

2. A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo IEA (2011a) a quantidade anual de energia recebida do sol ultrapassa o total estimado de recursos fósseis, incluindo a fissão de urânio. Kalogirou (2016, p. 1), descreve que “basicamente, todas as formas de energia no mundo como o conhecemos são de origem solar. Petróleo, carvão, gás natural e madeira são originalmente produzidos por meio de processos fotossintéticos [...]”. O autor acrescenta que a maior vantagem da energia solar, quando comparada à outras formas de energias renováveis, é seu fornecimento limpo, sem poluição ambiental (KALOGIROU, 2016).

Nos últimos anos, o uso da energia solar tem avançado como resultado de políticas governamentais em favor de fontes alternativas de energia. Em 2016, de acordo com *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21), a energia solar fotovoltaica foi a principal fonte de capacidade de geração de energia adicional no mundo. A maioria desses mercados são impulsionados por políticas governamentais (REN21, 2017).

Este capítulo é organizado em oito seções incluindo esta introdução.

A seção 2.2 apresenta o panorama mundial da energia solar fotovoltaica, identificando a sua evolução da capacidade global da última década, bem como a distribuição global das instalações fotovoltaicas centralizadas e distribuídas.

A seção 2.3 apresenta os aspectos técnicos dos sistemas fotovoltaicos. Esta seção introduz os conceitos fundamentais do princípio básico de um sistema fotovoltaico, classificando-os em centralizados e distribuídos.

A seção 2.4 trata da revisão de literatura a respeito das políticas de incentivo inerentes às fontes renováveis de energia, focando principalmente na energia solar fotovoltaica.

A seção 2.5 apresenta os aspectos econômicos da fonte solar e fornece os principais conceitos do LCOE. Esta seção aborda também a participação mundial da energia solar fotovoltaica nos leilões de energia.

A seção 2.6 apresenta a experiência internacional da utilização das políticas de incentivo à energia solar fotovoltaica, detalhando o desenvolvimento do mercado fotovoltaico na Alemanha e na China, que representam os mais significativos mercados fotovoltaicos.

A seção 2.7 apresenta as principais barreiras à energia solar fotovoltaica. As considerações finais encerram o capítulo.

2.2. PANORAMA MUNDIAL

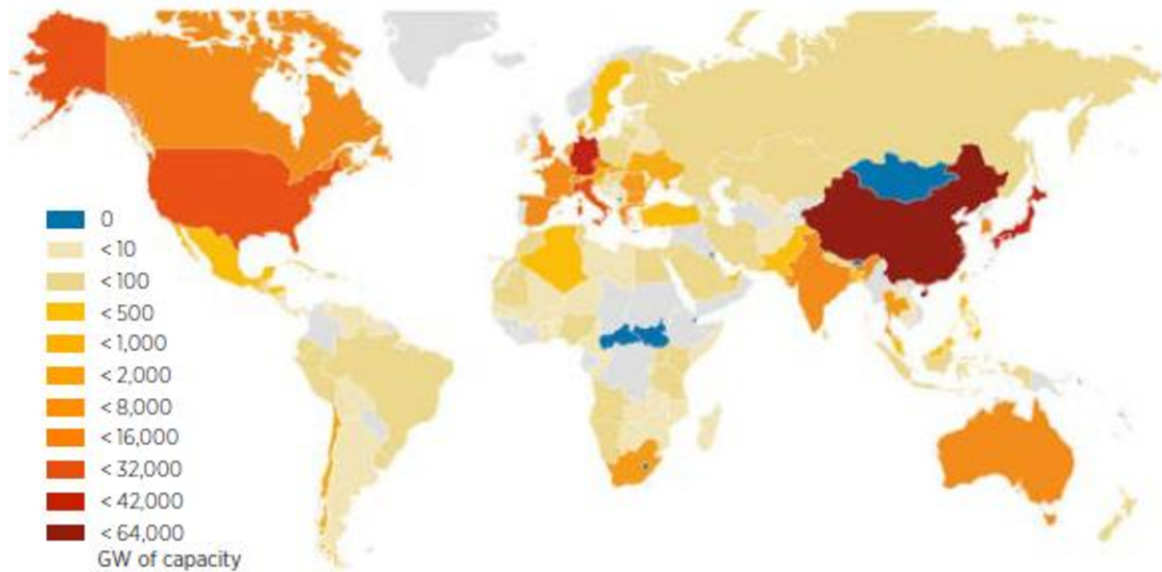
A transição global para um futuro com baixa emissão de carbono é um dos desafios enfrentados pelo setor energético. Em 2014, as energias renováveis ultrapassaram o carvão como a maior fonte de capacidade de geração de energia e tornaram-se a segunda maior fonte de fornecimento de eletricidade. No entanto, enquanto algumas energias renováveis já são competitivas nos mercados existentes, outras não conseguem sobreviver sem mecanismos de incentivo, como é o caso da energia solar fotovoltaica (IEA, 2016b).

A energia solar fotovoltaica tem experimentado um significativo crescimento nos últimos anos. Desde o início dos anos 2000, o mercado mundial de energia fotovoltaica tem crescido exponencialmente, impulsionado por países industrializados, principalmente pela Alemanha, Estados Unidos e China (HUGHES; MECKLING, 2017).

Segundo Urban, Geall e Wang (2016) os preços de mercado e os custos subjacentes dos sistemas fotovoltaicos caíram drasticamente nos últimos anos, tornando a energia solar fotovoltaica competitiva face aos combustíveis fósseis, em muitos países.

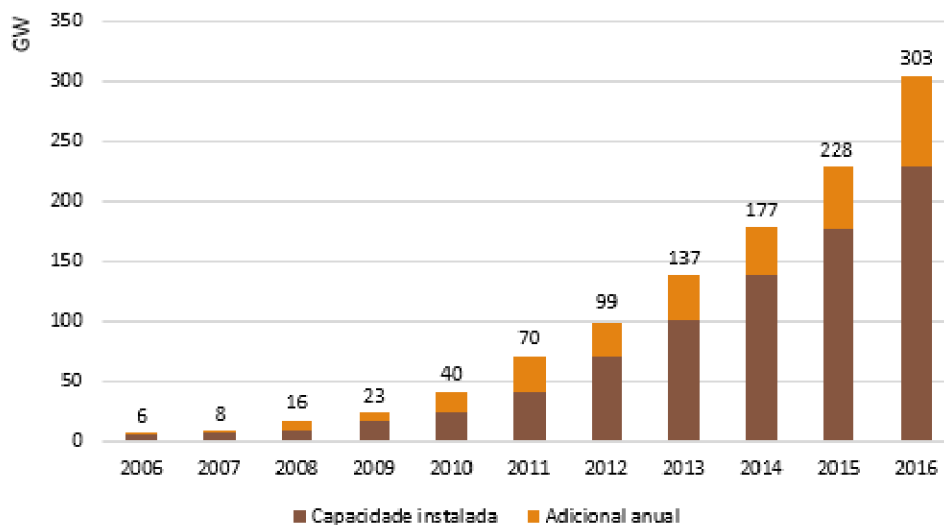
Em 2015, a energia solar fotovoltaica representou cerca de 30% da capacidade de geração de energia renovável adicionada a nível mundial, sendo utilizada na maioria dos países (ver Figura 3) (IRENA, 2017a). Durante 2016, foram adicionados 75 GW de capacidade global de energia solar, totalizando 303 GW de capacidade instalada, como pode ser observado no Gráfico 2.

Figura 3 - Capacidade solar global acumulada global instalada por país, 2015



Fonte: IRENA (2017a, p. 69).

Gráfico 2 - Evolução da capacidade global de energia solar fotovoltaica, 2006/2016



Fonte: Adaptado de REN21 (2017, p. 66).

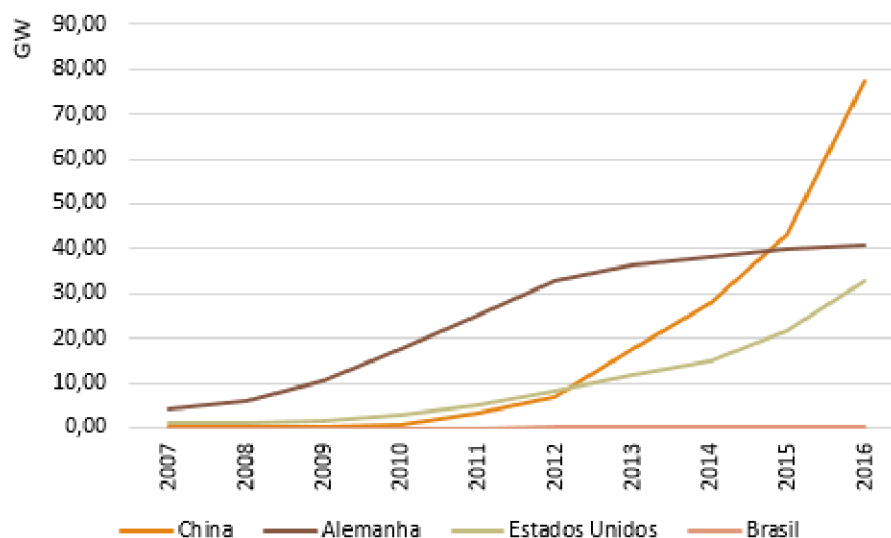
De acordo com IRENA (2017b), China, Alemanha e Estados Unidos representaram juntos 52% da capacidade instalada ao final de 2016. Hughes e Meckling (2017) afirmam que o crescimento inicial do mercado solar fotovoltaico teve início na Alemanha, que dispôs da maior capacidade produtiva de geração até 2014. Em 2015, a China assumiu a liderança mundial da capacidade instalada de energia solar fotovoltaica, lugar que até então era ocupado pela Alemanha, conforme a evolução apresentada na Tabela 1 e no Gráfico 3.

Tabela 1 - Capacidade de geração solar fotovoltaica para a última década (GW), 2007/2016

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Mundo	8,68	14,65	22,58	38,90	69,75	99,35	135,4	172,3	220,1	290,8
África	0,08	0,10	0,14	0,22	0,33	0,41	0,69	1,52	1,65	2,49
Ásia	2,18	2,74	3,58	5,24	9,83	16,49	36,47	59,55	88,63	139,1
China	0,10	0,14	0,30	0,80	3,30	6,80	17,45	28,05	43,18	77,42
América Central e Caribe	0,02	0,03	0,05	0,07	0,11	0,17	0,26	0,32	0,90	1,08
Europa	5,30	10,48	16,92	29,68	52,10	70,00	81,00	88,75	97,13	102,2
Alemanha	4,17	6,12	10,56	17,55	25,04	32,64	36,34	38,23	39,79	40,99
América do Norte	1,02	1,21	1,73	3,16	5,71	9,40	13,04	16,82	24,30	36,10
Estados Unidos	0,97	1,15	1,61	2,91	5,17	8,14	11,76	14,88	21,68	32,95
América do Sul	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,14	0,16	0,43	1,13	1,91
Brasil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de IRENA (2017b).

Gráfico 3 - Evolução da capacidade instalada de geração solar fotovoltaica em países selecionados, 2007/2016



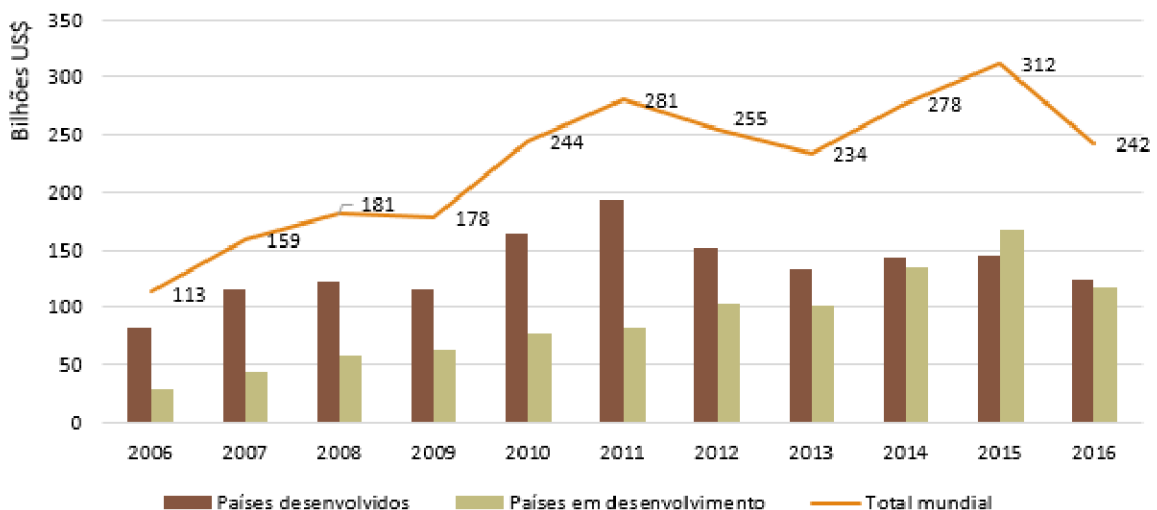
Fonte: Elaboração própria a partir de dados de IRENA (2017b).

Além da evolução em termos de capacidade instalada no ano de 2016, a energia solar fotovoltaica também apresentou significativo destaque nos investimentos em energias renováveis, embora o investimento total em energias renováveis tenha diminuído em relação a 2015.

Segundo REN21 (2017) o investimento em energia renovável nos países desenvolvidos apresentou uma queda de 14% em 2016. Entre os países em desenvolvimento e emergentes, o investimento total em energia renovável diminuiu 30%.

No Gráfico 4 pode-se visualizar a evolução dos investimentos mundiais em energias renováveis por países desenvolvidos e em desenvolvimento, entre 2006 e 2016.

Gráfico 4 – Novos investimentos mundiais em energia renovável por países desenvolvidos e em desenvolvimento, 2006/2016



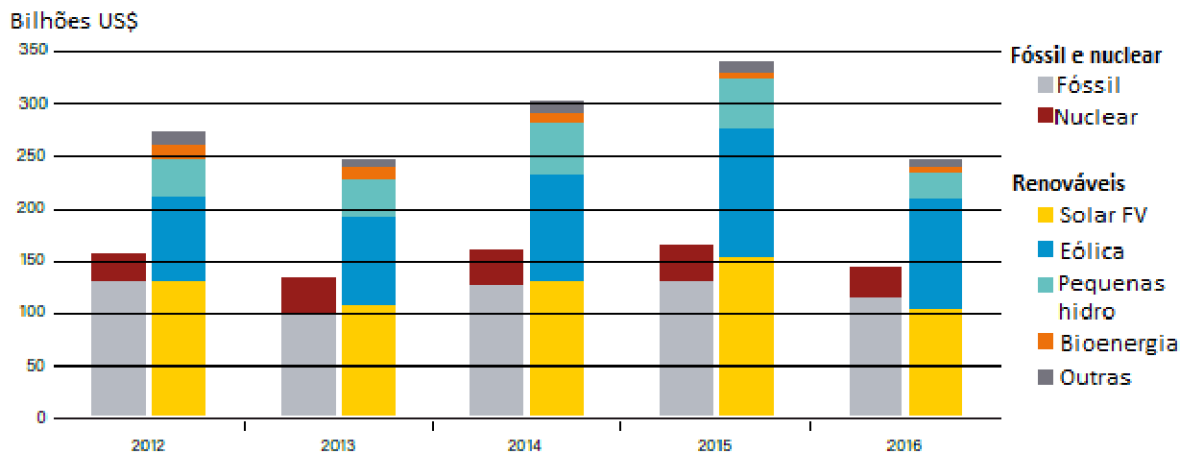
Fonte: Adaptado de REN21 (2017, pág. 112).

Conforme Gráfico 4, as economias em desenvolvimento alcançaram os países desenvolvidos, no que se refere aos investimentos em energia renovável, pela primeira vez em 2015. No entanto, os países desenvolvidos retomaram a liderança em 2016. Na lista dos dez principais investidores em energias renováveis, três são países emergentes e sete países desenvolvidos. Com a China na liderança, seguida dos Estados Unidos, os principais países incluem o Reino Unido, o Japão e a Alemanha. Os cinco países seguintes foram Índia, Brasil, Austrália, Bélgica e França (REN21, 2017).

Houve dois motivos principais para a diminuição do investimento global em energia renovável em 2016. Um deles foi a desaceleração dos investimentos na China e em alguns outros países em desenvolvimento. O outro foi a significativa redução de custos em energia solar e energia eólica, que também melhorou a competitividade de custos dessas tecnologias. O resultado foi que, em 2016, os investidores conseguiram adquirir uma maior capacidade de energia renovável por um menor preço (REN21, 2017).

Os investimentos globais em energia por tipo de tecnologia (renovável, fóssil e nuclear), entre 2012 e 2016, podem ser observados na Figura 4.

Figura 4 - Investimento global em energia, por tipo de tecnologia, 2012/2016



Fonte: Adaptado REN21 (2017, p. 117).

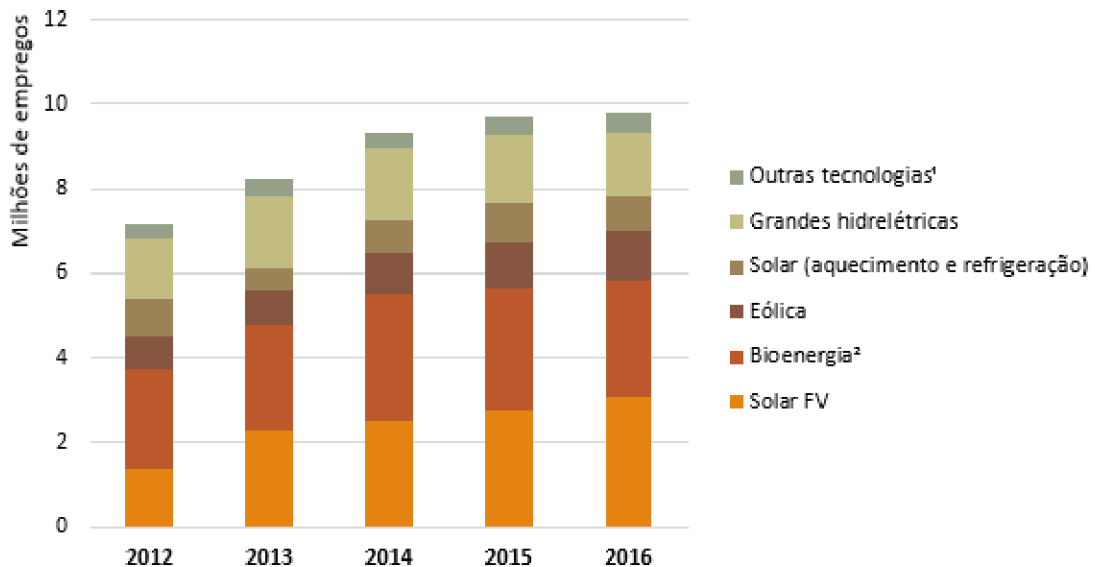
Os dados constantes na Figura 4 demonstram que nos últimos anos o investimento em energias renováveis se concentrou na fonte solar, seguido de perto pela energia eólica. A criação de valor através dos investimentos em energias renováveis resulta em benefícios econômicos e sociais, incluindo geração de emprego e renda.

Segundo Ortega e outros (2015), os empregos criados nas energias renováveis estão relacionados à fabricação, instalação, operação e manutenção dos sistemas. Na atualidade, a fonte solar fotovoltaica é considerada o maior empregador de energia renovável no mundo.

Em 2016, dos 9,8 milhões de empregos criados mundialmente no setor das energias renováveis, a fonte solar fotovoltaica foi responsável por, aproximadamente, 31,6%

dos empregos (IRENA, 2017c). No Gráfico 5, pode-se visualizar a distribuição dos empregos no setor das energias renováveis, por tipo de tecnologia.

Gráfico 5 - Empregos no setor de energia renovável no mundo, 2012/2016



Fonte: Adaptado (IRENA, 2017c, p. 5).

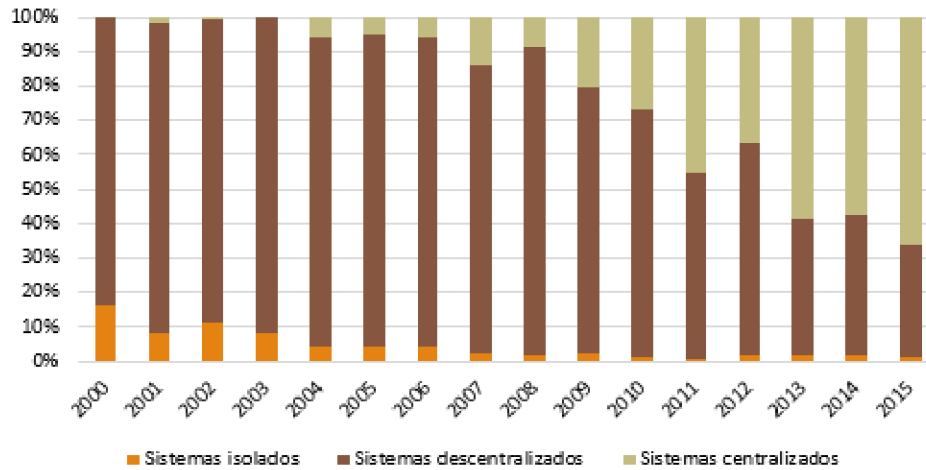
Notas: 1) inclui a energia geotérmica, pequenas hidrelétricas, energia solar concentrada (CSP), resíduos municipais e industriais, energia oceânica e outras; 2) inclui os biocombustíveis líquidos, biomassa sólida e biogás.

Apesar da criação de empregos no setor da energia solar fotovoltaica, conforme ilustra o Gráfico 5, a contribuição desta fonte renovável para a geração de eletricidade global permanece pequena, em torno de 1,2% em 2015. Isso se explica por vários fatores: a tecnologia vem crescendo a partir de uma base muito baixa em comparação com as tecnologias de geração convencional; a procura global de eletricidade continua a aumentar; e a energia solar fotovoltaica tem um fator de capacidade relativamente baixo (IRENA, 2017a).

Conforme Nakabayashi (2014, p. 19), “na década de 90, os sistemas fotovoltaicos eram aplicados, na maioria, em sistemas isolados e, a partir da década seguinte, os sistemas passaram a ser, predominantemente, conectados à rede elétrica”. A evolução dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede inverteu o curso em 2013. Os sistemas fotovoltaicos centralizados evoluíram com rapidez e a maior parte dos principais desenvolvimentos nos mercados emergentes provém de sistemas de utilidade (usinas fotovoltaicas).

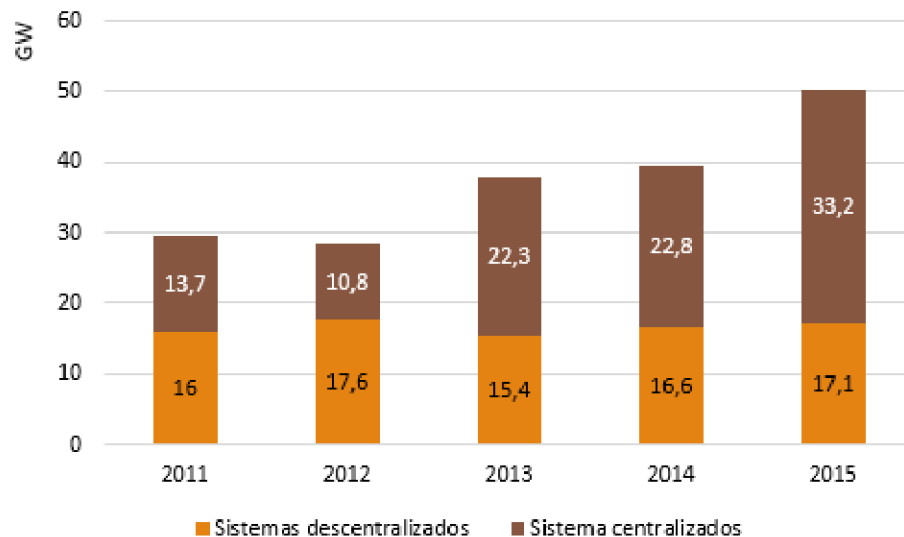
Corroborando com a ideia, IEA-PVPS (2016) ressalta que as usinas fotovoltaicas (sistemas centralizados) cresceram de 22,8 GW, em 2014, para 33,2 GW em 2015. As distribuições globais das instalações fotovoltaicas são apresentadas nos Gráficos 6 e 7.

Gráfico 6 - Distribuição global das instalações fotovoltaicas off-grid e on-grid, 2000/2015



Fonte: Adaptado (IEA-PVPS, 2016, p. 12).

Gráfico 7 - Segmentos globais de instalações fotovoltaicas, 2011/2015



Fonte: Adaptado (IEA-PVPS, 2016, p. 14).

As usinas fotovoltaicas exigem empresas fabricantes e instituições de financiamento para criar plantas em um tempo relativamente curto. Além disso, em 2015, houve progressos notáveis em termos de preços da eletricidade fotovoltaica através de

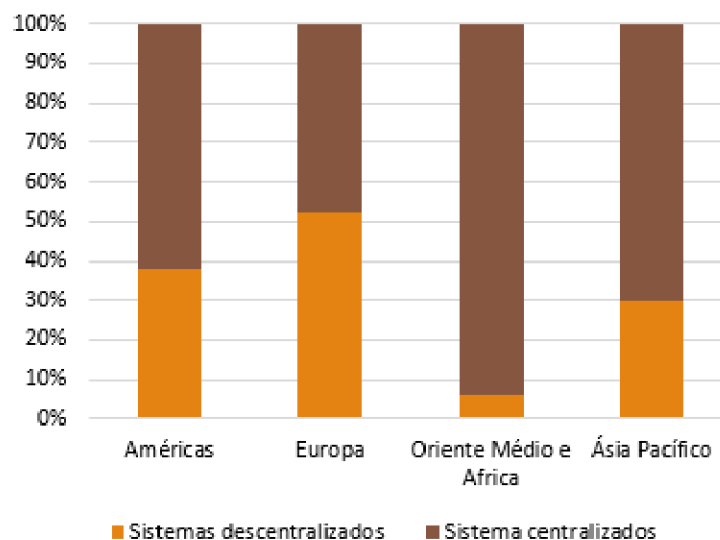
leilões que tornaram a geração fotovoltaica ainda mais atrativa em algumas regiões do mundo. Globalmente, os sistemas fotovoltaicos centralizados representaram mais de 60% do mercado em 2015, impulsionado principalmente pela China, Japão e Estados Unidos (IEA-PVPS, 2016).

Para a IEA-PVPS (2016), a queda dos preços nos últimos anos trouxe vários países e segmentos de mercado para perto de certo nível de competitividade. Isso ocorre em países onde o preço de varejo da eletricidade em vários segmentos de consumidores é maior que o custo de produção da eletricidade fotovoltaica.

No entanto, os segmentos distribuídos (descentralizados) enfrentam obstáculos devido às dificuldades de se estabelecer políticas de incentivo e políticas regulatórias para o autoconsumo. Nesse sentido, o tamanho absoluto do mercado para as aplicações de energia fotovoltaica distribuída manteve-se praticamente estável entre 2011 e 2015, enquanto o mercado centralizado (usinas fotovoltaicas) cresceu significativamente (ver Gráfico 8).

Os leilões também prepararam o caminho para preços baixos de eletricidade fotovoltaica em vários mercados-chave. Estes preços em declínio estão abrindo novos modelos de negócios para implantação de sistemas fotovoltaicos.

Gráfico 8 - Instalações fotovoltaicas centralizadas e descentralizadas na rede, por região em 2015



Fonte: Adaptado (IEA-PVPS, 2016, p. 15).

Na seção seguinte, mais detalhes são dados sobre os aspectos técnicos dos sistemas fotovoltaicos, como, por exemplo, o princípio básico de funcionamento de um sistema fotovoltaico e suas aplicações.

2.3. ASPECTOS TÉCNICOS

Embora o foco desta dissertação seja as políticas de incentivo e os aspectos econômicos da energia solar no Brasil, entender o funcionamento de um sistema fotovoltaico torna-se importante devido às suas diversas aplicações.

Esta seção revisa o princípio básico de funcionamento da tecnologia solar fotovoltaica, seguido pelo detalhamento dos vários tipos de sistemas fotovoltaicos atualmente disponíveis, seguido aplicações dos sistemas fotovoltaicos isolados e dos conectados à rede. Cabe ressaltar que, dentre estes sistemas, os sistemas conectados à rede centralizados e descentralizados constituem o cerne deste trabalho.

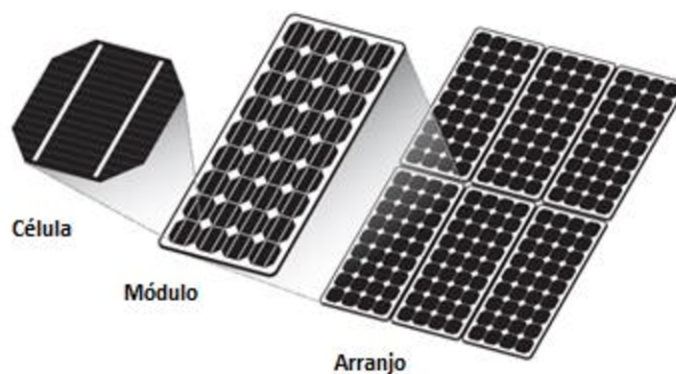
2.3.1. Tecnologia

O principal fator que afeta a produção de energia elétrica de um sistema fotovoltaico (FV) é a radiação solar (KALOGIROU, 2016). Cerca de 885 milhões de Terawatt-hora (TWh) de radiação solar atingem a superfície da Terra a cada ano. O recurso solar varia significativamente ao longo do dia, semana e mês, dependendo das condições meteorológicas locais. No entanto, a maior parte da variação anual está relacionada com a geografia da Terra (PINHO; GALDINO, 2014).

Em 1839, o físico Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em eletricidade através de células fotovoltaicas. Certos materiais possuem a propriedade de absorver fótons de luz e liberar elétrons (RÜTHER; ZILLES, 2011).

As células fotovoltaicas (Figura 5) são fabricadas a partir de diversos semicondutores, sendo os mais comumente utilizados: silício (Si), compostos de sulfeto de cádmio (CdS), sulfeto de cobre (Cu_2S) e arseneto de gálio (GaAs). Quanto à estrutura atômica, as células fotovoltaicas podem ser monocristalinas, policristalinas ou amorfas. As células de silício cristalino correspondem a 80% do mercado fotovoltaico, além de serem consideradas as mais eficientes, por fornecerem uma maior potência por unidade de área do módulo (KALOGIROU, 2016).

Figura 5 - Célula, painel e arranjo fotovoltaico



Fonte: Adaptado (SAM LEX SOLAR, 2017).

De acordo com Urban, Geall e Wang (2016) a tecnologia solar fotovoltaica foi desenvolvida e tem avançado ao longo de muitas décadas. Durante cerca de cinco décadas, os sistemas solares fotovoltaicos têm sido predominantemente instalados fora da rede para uso descentralizado e empregados extensivamente em espaçonaves e satélites. Embora a tecnologia não seja nova, a instalação em larga escala de energia solar fotovoltaica é um desenvolvimento relativamente recente a nível mundial, que data do final de 1990.

Segundo Sá (2013), a tecnologia fotovoltaica parte do princípio de que a radiação solar, composta por unidades de energia discretas chamadas fótons, ao incidir sobre o material semicondutor do painel é absorvida e convertida em corrente elétrica.

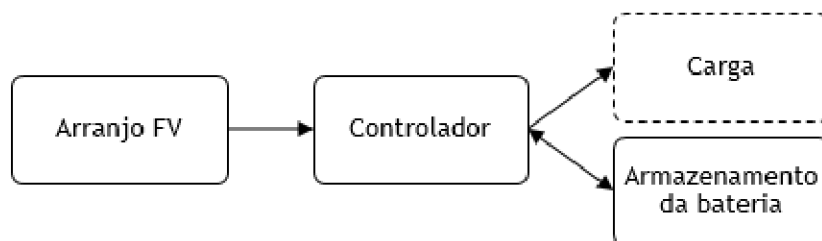
Nesse contexto, Kalogirou (2016), Pinho e Galdino (2014) apontam que a potência elétrica a partir de uma única célula é pequena, de modo que várias células fotovoltaicas são encapsuladas formando módulos fotovoltaicos que produzem tensão e corrente específica quando iluminadas, ao mesmo tempo em que

promovem a proteção das células das condições ambientais. Os módulos fotovoltaicos podem ser conectados em séries ou em paralelo, formando arranjos fotovoltaicos (também conhecidos como matrizes) a fim de produzir tensões ou correntes maiores.

De acordo com IRENA (2012a) a estrutura modular é uma vantagem do sistema fotovoltaico, pois os módulos adicionais podem ser somados, conforme necessário. Sob condições de irradiação uniforme, a corrente e a tensão de cada módulo fotovoltaico são quase iguais, e todo o sistema funciona com bom desempenho. Os sistemas fotovoltaicos (FV) podem ser classificados de acordo com seus requisitos funcionais e operacionais, com as configurações de seus componentes e com a forma a qual o equipamento encontra-se conectado a outras fontes de energia e cargas elétricas.

O princípio básico de um sistema fotovoltaico é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Princípio básico de um sistema FV



Fonte: Adaptado (KALOGIROU, 2016, p. 506).

Em particular, os sistemas FV não emitem poluentes durante a geração de eletricidade, nem exigem uma fonte de combustível para produzir energia. Estas vantagens são pesadas contra a intermitência da energia solar. No entanto, em aplicações remotas com disponibilidade limitada de combustível, os sistemas fotovoltaicos acoplados ao armazenamento de baterias atendem às necessidades locais de energia (OWENS, 2014).

2.3.2. Aplicações

Conforme esclarecem Kalogirou (2016), Pinho e Galdino (2014), Arvizu e Balaya (2012), os sistemas FV podem ser classificados nas seguintes categorias principais:

- Sistemas isolados (*off-grid*), quando não há conexão direta com a rede elétrica;
- Sistemas conectados à rede elétrica (*on-grid*), quando há conexão com a rede elétrica, por sua vez podendo ser de geração centralizada ou distribuída (descentralizada).

Para ambos os casos (isolados e conectados à rede elétrica), os sistemas podem utilizar somente a fonte solar fotovoltaica ou pode haver uma conexão híbrida. Ou seja, é empregado mais de um tipo de gerador de eletricidade, podendo ser renovável ou convencional (KALOGIROU, 2016). “A utilização de cada uma dessas opções depende da aplicação e/ou da disponibilidade dos recursos energéticos” (PINHO; GALDINO, 2016, p. 255).

Como descrevem Arvizu e Balaya (2012), os sistemas fotovoltaicos *off-grid* têm uma oportunidade significativa, em países em desenvolvimento, para a aplicação econômica nas áreas que não possuem acesso à rede. No entanto, os sistemas *on-grid* possuem custos menores, quando comparados com os *off-grid*, uma vez que o armazenamento de energia não é geralmente necessário.

2.3.2.1. Sistemas isolados

Geralmente, os sistemas FV isolados (Figura 7) são instalados em locais remotos, onde não há nenhuma rede elétrica disponível. Seus equipamentos consistem em: um ou mais módulos FV; baterias; um controlador de carga; e opcionalmente, um inverso para realizar a conversão da corrente contínua gerada pelos módulos FV, para a corrente alternada que é requerida, normalmente, pelos aparelhos (KALOGIROU, 2016).

Figura 7 - Diagrama esquemático de uma aplicação de um sistema FV isolado



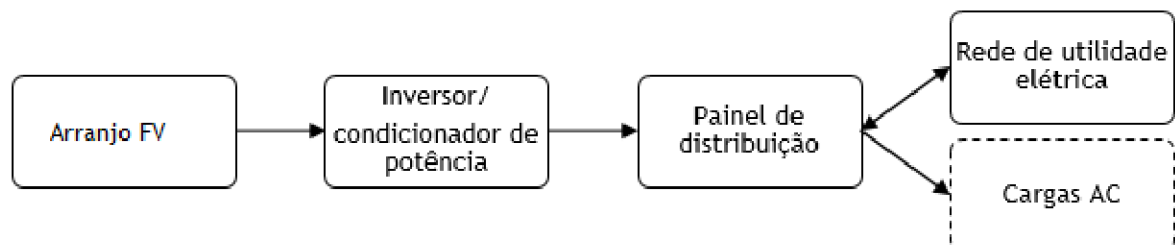
Fonte: Adaptado (KALOGIROU, 2016, p. 507).

Os sistemas FV isolados podem ser encontrados de duas formas: individuais, nos quais a geração ocorre de forma exclusiva para uma única unidade consumidora; e minirredes, em que a geração é compartilhada com um pequeno grupo de unidades que se encontram próximas geograficamente (PINHO; GALDINO, 2014).

2.3.2.2. Sistemas conectados à rede

Nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) (Figura 8), a energia gerada pode ser utilizada imediatamente ou ser vendida para uma empresa de abastecimento de eletricidade. Durante a noite, quando os sistemas FV não são capazes de fornecer a eletricidade necessária, a energia pode ser resgatada a partir da rede. Neste caso, a rede age como um sistema de armazenamento de energia, logo não é necessário a utilização de baterias (KALOGIROU, 2016).

Figura 8 - Diagrama esquemático de um sistema FV conectado à rede



Fonte: Adaptado (KALOGIROU, 2016, p. 507).

Conforme expõe Pinho e Galdino (2014), as potências instaladas nos SFCR variam desde poucos quilowatts (KW) em residências, até alguns megawatts (MW) em grandes usinas.

Em linhas gerais, de acordo com Lora e Haddad (2006), existem basicamente dois tipos de SFCR: centralizados e distribuídos. Enquanto os sistemas de geração centralizados contemplam usinas de grande porte, os de geração descentralizada são comumente utilizados em residências e comércios e abrangem instalações próximas ao local de consumo.

Existem diversas definições associadas ao conceito de geração distribuída. Para NERC (2009) e Momoh, Meliopoulos e Saint (2012), a geração distribuída é definida como um gerador que está situado perto da carga, em particular, que se destina a servir. Enquanto Passey e outros (2011) apontam que as tecnologias de geração distribuída são tipicamente definidas como opções de geração em pequena escala que se conectam à rede de distribuição elétrica.

De acordo com Arvizu e Balaya (2012), os SFCR distribuídos são instalados para fornecer energia a um cliente conectado à rede ou conectados diretamente à rede elétrica. Tais sistemas podem ser integrados nas instalações do cliente ou em edifícios públicos e comerciais. As vantagens para estes sistemas são: redução das perdas de distribuição na rede de eletricidade, uma vez que o sistema está instalado no ponto de utilização; os custos de montagem dos sistemas podem ser reduzidos, caso exista estrutura para tal, e; o próprio conjunto fotovoltaico pode ser usado como um material de revestimento ou telhado da residência ou edifício. Uma desvantagem frequentemente citada é a maior sensibilidade a problemas de interconexão de redes, como a sobretensão e o isolamento não intencional. No entanto, progressos têm sido feitos para mitigar esses efeitos e, atualmente, os inversores possuem recursos de detecção de ilhamento ou anti-ilhamento¹.

No que tange à geração solar fotovoltaica centralizada, a energia fornecida por tal sistema não está associada a um cliente de eletricidade em particular e o sistema não está localizado para executar especificamente funções na rede de eletricidade para

¹ Conforme Gazoli, Villalva e Guerra (2012, p. 39), o objetivo da detecção de ilhamento é “desconectar o inversor da instalação elétrica, cessando o fornecimento de corrente, na ocorrência de falhas no fornecimento da rede elétrica ou em sua ausência (situação de ilhamento), mesmo que o sistema fotovoltaico seja capaz de suprir a demanda de energia local”.

além do fornecimento de energia a granel. Tipicamente, os sistemas centralizados são montados no chão e são maiores do que 1 MW. A vantagem econômica destes sistemas é a otimização dos custos de instalação e operação por meio da compra a granel, rentabilidade dos componentes fotovoltaicos e o equilíbrio dos sistemas em grande escala. Além disso, a confiabilidade dos SFCR centralizados pode ser maior do que os distribuídos, pois eles podem ter sistemas de manutenção com equipamentos de monitoramento, o que pode ser uma parte menor do custo total do sistema (ARVIZU; BALAYA, 2012).

De acordo com Konzen (2016, p. 371)

uma planta geradora fotovoltaica é muito simples, sendo basicamente uma ampliação de um sistema de pequeno porte. Esta simplicidade se reflete em pouco tempo necessário para construir uma central fotovoltaica, em geral, levando menos que um ano. Ainda, a relativa simplicidade dos sistemas, sem partes móveis e girantes ou utilização de fluidos de trabalho, confere robustez às instalações, de forma que seja necessária pouca manutenção, ou quando necessária (limpeza dos módulos, por exemplo) podendo ser realizada à noite, sem interferir na operação.

Além da forma como se conectam à rede, os SFCR também podem ser diferenciados quanto à legislação local vigente. O arcabouço legal aplicado aos sistemas fotovoltaicos centralizados e de geração distribuída no Brasil trata-se de um dos pilares para o desenvolvimento dessa dissertação. Desse modo, será examinado com mais detalhes no Capítulo 3.

A legislação local aplicada às energias renováveis, especialmente à energia solar fotovoltaica, trata-se de um instrumento regulatório das políticas de incentivo. Tendo isso em vista, os distintos tipos de políticas de incentivo e a maneira como são aplicadas no mundo serão apresentados na Seção seguinte.

2.4. POLÍTICAS DE INCENTIVO

O desenvolvimento das fontes renováveis não convencionais, como por exemplo, a energia eólica, foi observada ao longo das últimas décadas. As aplicações de políticas de incentivo específicas às fontes renováveis foram decisivas para o sucesso ou o

fracasso do emprego dessas fontes como geração de energia elétrica. Diversos países estipularam metas e criaram programas objetivando a criação de um ambiente favorável a participação significativa das fontes renováveis na matriz de geração de energia elétrica (DUTRA, 2007).

De uma forma geral, os tópicos abordados nesta seção procuram dar o embasamento teórico das principais políticas de incentivo às fontes renováveis de energia aplicadas mundialmente, para que no Capítulo 3 sejam apresentadas as principais políticas de incentivo aplicadas no Brasil, foco principal desta dissertação.

2.4.1. Energias renováveis e políticas públicas

De acordo com Caldas (2008, p. 5), “as políticas públicas são a totalidade de ações, metas e planos que os governos (nacionais, estaduais ou municipais) traçam para alcançar o bem-estar da sociedade e o interesse público”.

Ao referir-se a políticas públicas, se faz necessário conceituar problemas públicos. Para Secchi (2016, p. 5), o problema público pode ser definido como “a distância entre o *status quo* e uma situação ideal possível para a realidade pública”.

Além disso, um problema pode ser considerado público quando consegue sensibilizar muitas pessoas, ganhando assim a atenção de atores políticos e da sociedade como um todo. No entanto, para ser um problema público não é considerada somente a quantidade de pessoas que são afetadas, mas também a qualidade das pessoas no sentido da sua força política (SECCHI, 2016).

As políticas públicas também estão relacionadas com o desenvolvimento. É nesse sentido que Menkes (2004, p. 57) afirma que “políticas públicas voltadas para o desenvolvimento são, por si, um desafio que aumenta sobremaneira quando se agrega, como requisito desse desenvolvimento, a sustentabilidade”. Para Tiepolo e Canciglieri Júnior (2014, p. 65)

dentro desse aspecto de desenvolvimento sustentável, o planejamento do setor energético é extremamente importante para assegurar a continuidade do abastecimento de energia ao menor custo, com o menor risco contra o desabastecimento, e com os menores impactos socioeconômicos e

ambientais para a sociedade. Além disso, servirá como ferramenta de apoio para a formulação de políticas públicas, na área de energia.

Kone e Buke (2007) acrescentam que a sustentabilidade deve ser utilizada para descrever o equilíbrio desejado entre crescimento econômico, preservação ambiental e produções energéticas. Enquanto Stigka, Paravantis e Mihalakakou (2014) apontam que as fontes renováveis de energia oferecem um grande potencial para a sustentabilidade, pois estão emergindo como alternativas tecnicamente viáveis, economicamente aceitas e socialmente justas.

Segundo Castro (2014, p. 244), a energia “é um insumo estratégico para o desenvolvimento dos países. Trata-se de um setor de infraestrutura que oferece e determina condições básicas para o crescimento econômico e qualidade social”.

Jannuzzi (2000), por seu turno, complementa mostrando alguns resultados negativos da indústria de energia. A indústria de energia é responsável por uma série de impactos negativos no meio ambiente global e local. Assim, o setor público deve agir estabelecendo mecanismos para minimizar os efeitos negativos da produção ou consumo de energia, induzindo o desenvolvimento de novas técnicas e padrões de uso de energia.

Cavaliere e Silva (2003) sugerem que os estímulos ao uso das fontes renováveis de energia colaboram para a redução da dependência energética, criam mercados para as tecnologias de energias renováveis, facilitam a implantação e possibilitam reduções dos custos através de economias de escala e melhorias tecnológicas.

Em 2001, a capacidade adicionada de energia renovável era de 14 GW e a não renovável de 84 GW. Em 2015, a energia renovável representou 61% de toda capacidade adicionada de energia, com 154 GW, e a energia não renovável com 97 GW. Além disso, as energias renováveis representaram 23,5% dos 24,1 TWh de eletricidade gerada no mundo no mesmo ano. As políticas são adaptadas regularmente para atender às mudanças nas condições de mercado à medida que o setor de energia renovável amadurece e se expande (IRENA, 2017a).

Em linhas gerais, as preocupações com o aumento dos preços do petróleo, com o meio ambiente e com a segurança energética, impulsionaram a implementação de políticas para o desenvolvimento das tecnologias de energias renováveis em vários países. As políticas para as energias renováveis são específicas de cada região. Uma

vez que as maiores receitas para os investidores privados no setor da energia ainda residem na geração de energia convencional, as finanças públicas e as políticas públicas são fundamentais para incentivar o financiamento das renováveis (IRENA, 2014a).

Marques e Fuinhas (2012) argumentam sobre a necessidade de uma intervenção pública para promover o uso das energias renováveis. A produção de energia a partir de combustíveis fósseis resulta em elevadas emissões de gases causadores do efeito estufa. Assim, uma maior utilização das fontes renováveis permite a produção de energia mais limpa, que é mais compatível com um futuro sustentável. Além disso, a redução da dependência energética também é frequentemente citada como outra razão que suporta a concepção de políticas públicas de incentivo às energias renováveis.

A *World Commission on Environment and Development* (WCED), criada pela Organização das Nações Unidas (ONU), identifica que sustentabilidade é “satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as próprias necessidades” (WCED, 1987, p. 41, tradução nossa).

É preciso reconhecer que o objetivo de qualquer política energética é contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade. E de todas as opções de política energética, o desenvolvimento de fontes de energias renováveis e o aumento da eficiência energética são as que mais bem atendem aos critérios de desenvolvimento sustentável. Menkes (2004, p. 16) argumenta que

O uso de fontes de energia renováveis para a geração de energia, os índices de eficiência energética adotados, o padrão de emissões de gases de efeito estufa, assim como a universalização do uso de energia elétrica, fazem parte dos principais indicadores, no âmbito energético, de desenvolvimento sustentável.

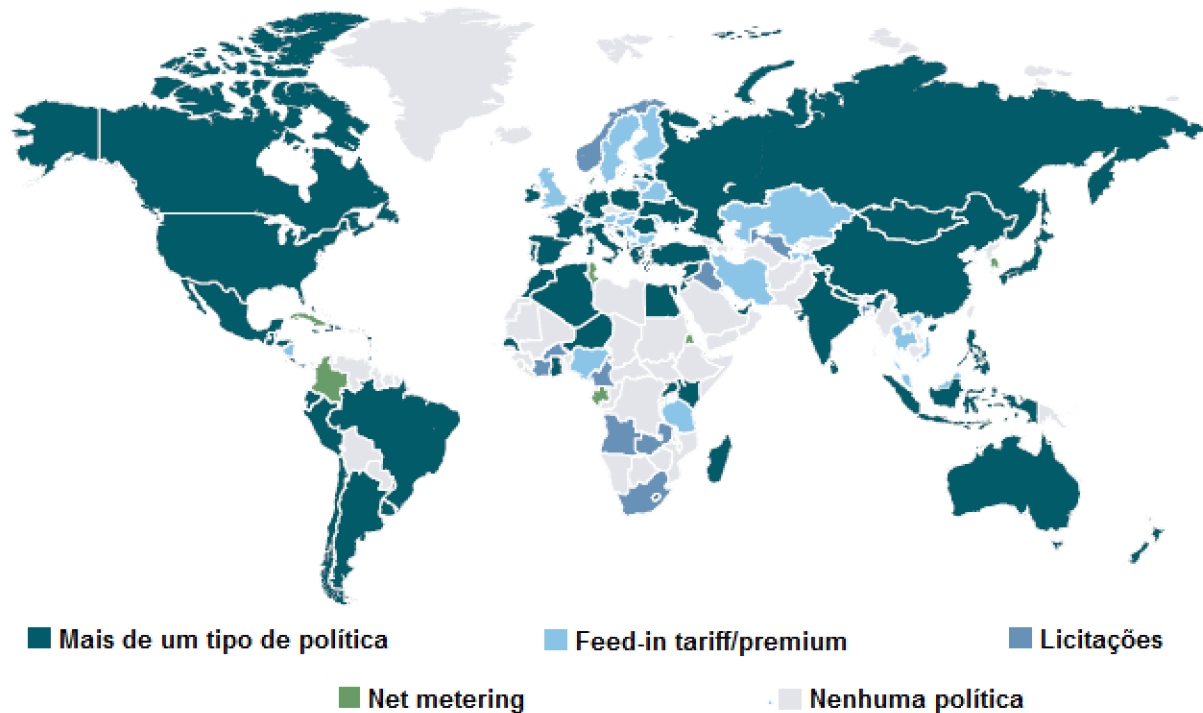
Por sua vez, Sathaye, Lucon e Rahman (2012) consideram que a relação entre as energias renováveis e a sustentabilidade pode ser vista como uma hierarquia de metas e restrições que envolvem considerações globais, regionais ou locais. As energias renováveis devem desempenhar um papel central na maioria das estratégias de mitigação de gases do efeito estufa. No entanto, as tecnologias energéticas, os custos, os benefícios econômicos e as políticas energéticas dependem das sociedades e do ambiente natural no qual estão inseridas.

La Rovere e outros (2010) reforçam que o uso das energias renováveis é uma solução de convergência das perspectivas socioeconômicas, ambientais e estratégicas. Do ponto de vista socioeconômico, a exploração de fontes de energia renováveis está relacionada ao aproveitamento das características energéticas locais, o que pode resultar em ganhos de renda para a população local. Do ponto de vista ambiental, o uso de fontes de energia renováveis gera menos impactos quando comparados aos gerados por combustíveis fósseis. Do ponto de vista estratégico, quando combinado com uma política de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico, as energias renováveis conduzem à capacitação industrial, gerando bens e serviços que têm efeitos multiplicadores sobre a economia.

2.4.2. Políticas de incentivo às fontes renováveis

As políticas de incentivo às energias renováveis diferem de acordo com os contextos nacionais ou locais (ver Figura 9). As políticas apropriadas dependem de diversos fatores, incluindo a escolha da tecnologia, maturidade e barreiras associadas; a cota de mercado das energias renováveis e; o consumo de energia local. Para acelerar o ritmo de implantação, de acordo com os objetivos globais de desenvolvimento sustentável, as políticas de incentivo continuarão a ser cruciais para lidar com barreiras existentes no mercado (IRENA, 2012b).

Figura 9 - Países com políticas de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, por tipo, 2015



Fonte: Adaptado (REN21, 2016, p. 103).

No que tange à sua classificação, Mitchell e outros (2012) esclarecem que não existe uma classificação acordada na literatura para as políticas de incentivo às energias renováveis.

IRENA (2012b), por sua vez, classifica as políticas de incentivo às energias renováveis em quatro categorias: incentivos fiscais, finanças públicas, regulamentação e acesso à rede elétrica. Por seu turno, Lamarca Júnior (2012), Mitchell e outros (2012) seguem a seguinte classificação: regulatórias, de incentivo fiscal e de financiamento público.

No Quadro 1, reúnem-se as principais políticas de incentivo adotadas mundialmente para estimular a geração solar fotovoltaica, bem como a inserção de fontes renováveis na matriz energética por diferentes países.

Quadro 1 - Políticas para energias renováveis

Políticas	Definição
Incentivos fiscais	Subsídios, descontos, imposto sobre valor agregado, imposto sobre o combustível, isenção do imposto de renda, benefício fiscal de importação/exportação, isenção nacional de impostos locais, imposto de carbono, depreciação acelerada e outros benefícios.
Políticas regulatórias	<i>Feed-in tariff</i> , <i>feed-in premium</i> , leilões, cotas, certificados, <i>net metering</i> , mandatos, registros, acesso prioritário ou garantido à rede e despacho prioritário.
Financiamento público	Empréstimos, cobertura cambial, fundo dedicado, fundo elegível, garantias, apoio ao investimento e financiamento direto.

Fonte: Adaptado (IRENA, 2017a; MITCHELL et al., 2012).

Ao referir-se as políticas de incentivo às energias renováveis, Polzin e outros (2015) utilizam-se de algumas argumentações. Primeiramente, os incentivos fiscais e financeiros podem ser fornecidos para acelerar o desenvolvimento de projetos de energias renováveis, como por exemplo, a implementação das tarifas *feed-in* (FiT – do inglês *feed-in tariff*). Para proporcionar alívio fiscal de curto prazo em projetos, podem ser concedidos subsídios e descontos. Na lógica do financiamento da inovação este tipo de instrumento de apoio se revela especialmente relevante nas fases iniciais do desenvolvimento tecnológico. No entanto, também reduz o custo total dos investidores para projetos. Da mesma forma, empréstimos governamentais ou garantias de empréstimos poderiam ser de interesse para atores privados, uma vez que a capacidade de refinar suas atividades é crucial para um compromisso de longo prazo em energias renováveis. A seguir, serão apresentados com mais detalhes os incentivos fiscais, as políticas regulatórias e os principais mecanismos de financiamento público.

2.4.2.1. Incentivos fiscais

Os incentivos fiscais são considerados políticas de incentivo que visam a redução de custos dos sistemas de energias provenientes de fontes renováveis e o aumento da competitividade destes sistemas em relação às fontes de energia convencionais. Eles

podem ser direcionados a tecnologias específicas e a mercados selecionados, e ainda, influenciar a oferta e procura de energia (MITCHELL et al., 2012).

Conforme descrito por REN21 (2017, p. 216, tradução nossa), as políticas fiscais são “um incentivo que proporciona aos indivíduos, famílias ou empresas uma redução na contribuição para o tesouro público através da renda ou de outros impostos”.

Quanto as políticas de incentivo relacionadas às energias renováveis, Costa (2006, p. 18) identifica os seguintes instrumentos: “isenção das taxas aplicadas ao uso da energia para fontes de energia renovável; reembolso de taxas para eletricidade verde; redução de impostos; benefícios fiscais para aqueles que investirem em fontes de energia renovável; e etc”. Outros incentivos fiscais são os subsídios, os descontos, o imposto sobre valor agregado, o imposto sobre o combustível e a depreciação acelerada.

Mitchell e outros (2012) apontam que os incentivos que subsidiam a geração de energia renovável são geralmente preferíveis aos subsídios ao investimento, visto que eles promovem a geração de energia renovável, incentivam a implantação do mercado e promovem aumentos de eficiência.

Corroborando com a ideia, IEA (2011a) acrescenta que os créditos aos investimentos correm o risco de suportar investimentos de baixa produtividade, como foi visto no passado com a energia eólica em alguns países. Este risco, contudo, é mínimo, caso o nível de incentivos aos investimentos tenha sido ajustado para que a produção de energia real seja necessária para rentabilizar esses investimentos, seja através de outro mecanismo de apoio ou através do seu valor de mercado. O crédito fiscal ao investimento é mais eficaz na abordagem direta dos altos custos iniciais e dos riscos tecnológicos associados à implantação antecipada de tecnologias renováveis incipientes.

2.4.2.2. Políticas regulatórias

De acordo com Secchi (2015, p. 25), as políticas de incentivo de caráter regulatório “estabelecem padrões de comportamento, serviço ou produto para atores públicos e

privados”. Por sua vez, Rua e Romanini (2014, p. 4) afirmam que “seus custos e benefícios podem ser disseminados equilibradamente ou podem privilegiar interesses restritos, a depender dos recursos de poder dos atores embarcados”.

Conforme descrito por *The Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), os objetivos das políticas regulatórias são alcançados através do uso de regulamentos, leis e outros instrumentos, visando oferecer melhores resultados econômicos e sociais, melhorando a vida dos cidadãos e das empresas (OECD, acesso em 21 jun. 2017).

Conforme REN21 (2017) as políticas regulatórias para a geração de energia elétrica proveniente de fontes renováveis estavam presentes em 126 países, ao final de 2016. Dentre os principais tipos de incentivos regulatórios, destacam-se: tarifas *feed-in*, *net metering*, certificados de energias renováveis, cotas, metas e leilões de energia. Essas políticas são explicadas com mais detalhes a seguir.

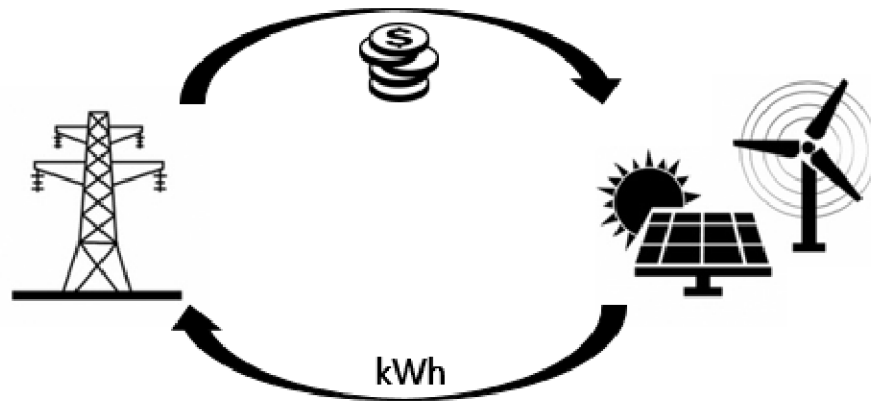
a) *Tarifas feed-in*

Pablo-Romero e outros (2017) reconhecem que existem vários instrumentos políticos para impulsionar o uso de fontes de energias renováveis para geração de energia elétrica. As tarifas *feed-in tariffs* (FiT) e *feed-in premium* (FiP) destacam-se como medidas de regulação baseados no preço dos sistemas de energias renováveis. Isso vem ao encontro de Dutra (2007, p. 20), que concluiu que “as tarifas do sistema *feed-in* podem ser baseadas nos custos evitados das fontes não renováveis de energia ou no preço da energia elétrica do usuário final, adicionada por um bônus ou prêmio que estaria relacionado com os benefícios sociais ou ambientais”.

Em resumo, tanto a FiT quanto a FiP são contratos de longo prazo oferecidos a produtores de energia renovável com base na geração de eletricidade (IEA, 2011a). No sistema FiT o produtor recebe pagamentos totais por kWh de eletricidade gerada com um preço fixo, garantido pelo governo. No sistema FiP o produtor recebe um pagamento por kWh sobre o preço do mercado comercial de eletricidade, sendo

também garantido pelo governo (RAMIREZ et al., 2017). A representação de um sistema de tarifas FiT e FiP pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 - Representação de um sistema de tarifas FiT e FiP



Fonte: Adaptado de Ferroukhi e Hawila (2012, p. 2).

Pyrgou, Kylili e Fokaides (2016) afirmam que o estabelecimento de tais sistemas é considerado essencial para a promoção do desenvolvimento das tecnologias de energias provenientes de fontes renováveis, uma vez que os empreendimentos envolvem diversas despesas com o proprietário e a rede, incluindo os custos de capital, instalação, o operação e manutenção.

Segundo Pablo-Romero e outros (2017), as FiT são os preços mínimos garantidos pelos governos nacionais para cada kW gerado, injetado na rede ou usado para autoconsumo. O principal objetivo político das FiT é oferecer preços fixos garantidos durante um determinado período de tempo para a geração de energia elétrica utilizando como fonte as energias renováveis. As FiTs incluem tanto o preço da eletricidade como o suporte adicional, dado como um pagamento único.

Lamarca Júnior (2012, p. 50), por sua vez, acrescenta que “esta tarifa é baseada no custo de eletricidade produzida, incluindo um retorno de investimento ao produtor, o que reduz o risco de investimentos de longo prazo em novas tecnologias”.

A propósito, Costa (2014, p. 29) menciona que no sistema FiT “o operador de rede é obrigado a celebrar um contrato de compra de eletricidade a um preço legalmente definido. Esta tarifa consiste em dois elementos: numa taxa de pagamento garantido e um montante calculado e definido em legislação”.

No que tange às garantias, Maurer e Barroso (2011) esclarecem que embora as FiTs sejam eficazes em oferecer garantias de receita estáveis para desenvolvedores de projetos² de energia renovável, estabelecer um nível tarifário adequado pode ser desafiador em um ambiente de rápida mudança tecnológica e assimetria de informações.

As FiPs, por sua vez, são um sistema de apoio às energias renováveis que estabelecem um prêmio sobre o preço de mercado existente de eletricidade. Dessa forma, gera duas fontes de renda para os produtores: uma com a venda de energia no mercado elétrico, outra com o recebimento do prêmio. De forma semelhante ao FiT, o prêmio difere segundo os critérios aplicados em cada país (PABLO-ROMERO et al., 2017).

Ao contrário de uma FiT, a remuneração da FiP é mais incerta. Ela consiste em um pagamento à geração de energia renovável com um valor acima do preço de mercado. Entretanto, há incentivos para produzir quando há requisição do sistema de mais energia elétrica (MAURER; BARROSO, 2011). Além disso, as tarifas FiP adicionam um bônus ao preço médio no mercado *spot*³ de energia elétrica. As FiTs são pagamentos com um preço fixo independentes do mercado e os FiP já dependem de como o mercado se comporta (COSTA, 2014).

Bean, Blasquez e Nezamuddin (2017) avaliaram a rentabilidade das opções de política de energia eólica usando uma abordagem de análise custo-benefício. Ao contrário das FiTs, a opção de política FiP desloca os riscos de custo do governo/contribuinte para o investidor.

De acordo com a IEA (2016b), as FiTs têm sido fundamentais na aceleração da utilização das energias renováveis e continuam a ser a forma dominante de apoio às políticas para a geração de energia baseada em energias renováveis. REN21 (2017) reforça que até o final de 2016 as políticas FiT e FiP foram a forma de apoio às energias renováveis mais adotadas em 110 países.

² Os desenvolvedores de projetos são os *designers*, os projetistas, os engenheiros, entre outros profissionais que atuam com o desenvolvimento de projetos em áreas específicas. Eles participam da implantação e controlam a documentação do projeto, além dos ensaios do produto final.

³ No Brasil, o mercado *spot* também é conhecido como mercado de curto prazo. Como caracteriza CCEE (2013, p.8), é um mercado “no qual são liquidadas as diferenças apuradas entre os requisitos e recursos de energia dos Agentes. Esses volumes de energia são valorados ao Preço de Liquidação das Diferenças – PLD”.

Globalmente, as políticas de *feed-in* estão em um período de transição, com formuladores de políticas fazendo mudanças significativas nas taxas e no *design* para acompanhar as mudanças nas condições de mercado, a inovação tecnológica, a queda de preços e a mudança da opinião pública. Alguns países com mercados maduros de energia renovável têm direcionado suas FiTs para tecnologias específicas (por exemplo, a energia solar fotovoltaica) ao mesmo tempo que introduzem licitações (por exemplo, leilões) competitivas para apoiar projetos de maior escala. Por outro lado, os países com mercados do setor das energias renováveis menos desenvolvidos continuaram a explorar o uso de políticas de *feed-in* para incentivar amplamente o desenvolvimento de projetos (REN21, 2016).

b) *Net metering*

O sistema *net metering* é um instrumento político que permite aos clientes de serviços públicos compensar parte ou a totalidade do seu consumo de energia elétrica com a eletricidade produzida por eles próprios a partir de sistemas renováveis de geração de energia elétrica (POULLIKKAS, 2013).

REN21 (2017, p. 217, tradução nossa) define o *net metering* como “um arranjo regulado em que os clientes de serviços públicos com geradores próprios de eletricidade podem receber créditos para o excesso de geração, o que pode ser aplicado para compensar o consumo em outros períodos de cobrança”.

O objetivo da criação do *net metering* foi apoiar a implantação de sistemas de geração distribuída que fazem uso de fontes de energias renováveis em pequena escala, permitindo que os geradores recebessem créditos ou pagamentos pela eletricidade gerada, mas não consumida no local. Em muitos casos, as políticas de *net metering* foram adotadas ao lado de outros mecanismos políticos - como FiTs ou leilões de energia elétrica - que suportam projetos de grande escala (REN21, 2017).

De acordo com Lamarca Júnior (2012, p. 51), a comercialização do excesso de eletricidade às empresas de energia elétrica faz com que “estas possam disponibilizar a eletricidade excedente à rede elétrica e distribuí-la a outros consumidores”.

Campoccia e outros (2014) acrescentam que quando a rede de medição está ativa, a energia produzida e injetada na rede tem o mesmo valor econômico da energia consumida pelos clientes. O consumo de energia elétrica pode, assim, ser compensado ao longo de todo um período de faturamento, independentemente de quando a energia é consumida ou gerada. O excesso de energia é armazenado temporariamente na grade do usuário. Para este fim, é geralmente utilizado um medidor de energia bidirecional, capaz de medir o fluxo de energia em ambas as direções.

Como caracteriza Vieira (2016), o *net metering* dos sistemas fotovoltaicos de geração distribuída quanto à valoração da energia gerada e quanto ao local de instalação e utilização dos créditos. No que concerne à valoração, o sistema subdivide-se em quatro formas, que são: preço de varejo, em que a energia gerada possui o valor igual à energia consumida; preço de atacado, em que a energia gerada é valorada pelo custo de produção da eletricidade; custo da energia evitada, em que a energia gerada pelos sistemas fotovoltaicos é valorada pelo preço de atacado somado às perdas evitadas no transporte; por um valor nulo, em que a quantidade de energia injetada na rede é fornecida à distribuidora a custo zero.

Em relação ao local de instalação, o sistema *net metering* também pode ser subdividido em quatro em grupos, que são: convencional, onde os créditos gerados somente podem ser utilizados na unidade geradora; agregado, onde os créditos gerados podem ser utilizados na unidade geradora ou por unidades localizadas no mesmo terreno; virtual, onde os créditos gerados podem ser utilizados em qualquer unidade consumidora; e comunitário, onde a geração pode ser instalada em lugar distante da unidade consumidora e os créditos podem ser utilizados em qualquer unidade (VIEIRA, 2016). Os tipos de *net metering* quanto à valoração do excedente e quanto ao local da geração distribuída podem ser observados na Figura 11.

Figura 11 - Tipos de *net metering*

Fonte: Adaptado (VIEIRA, 2016, p. 38).

Ao final de 2016 as políticas *net metering* estavam em vigor em 55 países. Elas foram utilizadas para apoiar a implantação da geração distribuída de energias renováveis, permitindo que os geradores recebam crédito ou pagamentos por excesso da geração no local. Em muitos casos, os sistemas *net metering* foram adotados em conjunto com outros mecanismos de políticas — como FiTs ou leilões, que apoiam projetos de maior escala. As revisões das políticas *net metering* estão focando cada vez mais nas normas técnicas de ligação à rede, bem como na introdução de impostos ou taxas sobre consumidores autogeradores que participam nos programas de medição líquida ou geram a sua própria energia (REN21, 2016, 2017).

c) *Certificados de energia renovável e cotas*

O Certificado de Energia Renovável (REC – do inglês *Renewable Energy Certificate*) é um documento (eletrônico ou em papel) que atesta que uma unidade de eletricidade foi produzida a partir de uma fonte de energia renovável. Kumar e Agarwala (2013) o

definem como um mecanismo para promover a geração de energia proveniente de fontes renováveis. As tecnologias que utilizam fontes renováveis como a eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, biomassa e hidroelétrica são elegíveis para ganhar o certificado.

A *United States Environmental Protection Agency* (EPA) afirma que os certificados “são emitidos quando um megawatt-hora (MWh) de eletricidade é gerado e entregue na rede, proveniente de uma fonte renovável de energia” (EPA, acesso em 10 mai. 2017, tradução nossa). De fato, os certificados desempenham um papel importante na contabilidade, rastreamento e atribuição de propriedade à geração e uso de eletricidade renovável.

REN21 (2017, p. 218, tradução nossa) acrescenta que os certificados de energia renovável “podem ser acumulados para cumprir obrigações de energia renovável e também fornecerem uma ferramenta de negociação entre consumidores e produtores”.

Vieira (2016, p. 40) reforça que

[...] para os geradores de fontes renováveis, a receita proveniente da venda de Certificados complementa a receita advinda da venda de energia elétrica, de modo que o valor total recebido por 1 MWh de energia renovável é equivalente ao preço de mercado da energia (no qual os geradores de fontes renováveis concorrem com todos os demais geradores) acrescido do preço de mercado do Certificado (em que os geradores de fontes renováveis concorrem entre si).

Assim como os certificados, outro instrumento utilizado são as cotas⁴ de energias renováveis. “Nesse tipo de política de incentivo, não mais o valor da energia é determinado pelo regulador (como acontece com a tarifa *feed-in*), mas a quantidade de energia comercializada que deve ser proveniente de determinada tecnologia ou fonte” (VIEIRA, 2016, p. 40).

De acordo com Huan e outros (2007), as cotas são consideradas um conjunto de políticas destinadas a garantir uma determinada percentagem de energia derivada de fontes de energia renováveis. Em síntese, as cotas servem para gerar créditos de

⁴ As cotas podem ser encontradas com diferentes nomes em alguns países. Por exemplo: *Renewable Portfolio Standards* (RPS), nos Estados Unidos; *Renewable Energy Targets*, na Austrália; *Renewables Obligations* (RO), no Reino Unido e; *Renewable Electricity Standards* (RES), na Índia (MITCHELL et al., 2012).

energia renovável, por exemplo, demonstrando que um certo número kWh de eletricidade é gerado a partir de recursos renováveis e, em seguida, vendido a um usuário final. Por seu turno, Mitchell e outros (2012) ressaltam que as cotas podem ser ligadas à negociação de certificados de energias renováveis.

Segundo Vieira (2016), quando existe o estabelecimento de metas em um determinado governo, as distribuidoras ou as comercializadoras de energia elétrica são obrigadas a comprar uma quantidade (cota) de fontes renováveis da energia a ser fornecida a seus consumidores. Neste cenário, os certificados de energia renovável visam a garantia do cumprimento das metas e criam mecanismos que permitam que o preço de compra dessa fonte de energia renovável seja valorado por mecanismos de mercado. Assim, “o mecanismo funciona então da seguinte forma: para cada MWh de energia produzida, o gerador ganha um certificado” (VIEIRA, 2016, p. 40).

Geralmente, os certificados são concedidos aos produtores pela eletricidade renovável que eles geram, aumentando a flexibilidade ao permitirem que os atores com obrigações de cotas negociem, vendam ou adquiram créditos para cumprir suas obrigações. Os fornecedores de eletricidade ou outros agentes do setor elétrico provam que cumpriram as suas obrigações ao apresentar, ao regulador ou a outro órgão executivo do país vigente, o número de certificados igual à sua obrigação. Isso ocorre porque algumas políticas não conseguem desencadear a implantação imediata, aprimoramentos e redução de custos de tecnologias renováveis (MITCHELL et al., 2012).

Vale notar a contribuição de IEA (2011a) que diz respeito a relação entre os certificados, cotas e sistemas *feed-in* (FiT e FiP) na geração de energia solar. Os sistemas *feed-in* controlam o nível de incentivos, mas não a quantidade de investimentos feitos. Por conseguinte, torna-se difícil para os regulares acompanhar os custos das tecnologias em ascensão. Por outro lado, as cotas podem controlar o investimento, mas não o nível de incentivo. Na prática, a maioria dos sistemas mistura elementos de controle de preços e controle de quantidade.

Ainda segundo IEA (2011a), como os investimentos iniciais representam a maior parte do custo das energias renováveis, o custo do capital para os concessionários ou fabricantes tem um impacto direto e importante no custo nivelado da eletricidade. As tecnologias emergentes geralmente apresentam alguns riscos de tecnologia, dificilmente eles podem suportar grandes riscos de mercado ao mesmo tempo, o que,

no caso da geração de energia solar, decorre da volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis. Um quadro seguro reduz os custos de capital e, portanto, o custo da energia solar. Por esta razão, as cotas trabalham mais eficazmente se impulsionarem os serviços públicos a oferecer contratos de compra de energia (por exemplo, leilões) em longo prazo e estáveis para os desenvolvedores de projetos solares.

Outro tipo de política regulatória de incentivo, além das Cotas e Certificados de Energias Renováveis, são as Metas. Mundialmente, as metas de participação das energias renováveis continuam a ser um meio importante para os governos expressarem seu compromisso com a implantação das renováveis.

A conclusão do acordo internacional sobre o clima na 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), ocorrida no final de 2015 em Paris, deu um novo impulso aos países para promover incentivos políticos para o desenvolvimento de tecnologias de energias renováveis, o que deve estimular o investimento em quase todos os mercados (ITA, 2016).

A COP21 estabeleceu um acordo em que os 195 países signatários devem trabalhar para que o aquecimento global fique abaixo dos 2°C, anteriormente definidos na era pré-industrial, com esforços para limitá-lo a 1,5°C. Além disso, o acordo visa fortalecer a capacidade dos países de lidar com os impactos das mudanças climáticas (UNFCCC, 2017).

Ainda durante a COP21, ocorreu o lançamento da Aliança Solar Internacional, onde mais de 120 países firmaram o comprometimento com o objetivo principal da aliança, que é levar a energia solar para todas as residências do mundo, facilitar o acesso e diminuir os custos relacionados à esta fonte (SOLAR POWER EUROPE, 2016). Até o final de 2015 as políticas de apoio às energias renováveis estavam em vigor em 146 países (IRENA, 2017a). E para o mesmo ano, as metas de energia renovável tinham sido estabelecidas em 173 países (REN21, 2016).

d) *Leilões de energia*

Maurer e Barroso (2011) relatam que o leilão é um procedimento de alocação, baseado em um critério de avaliação especificado pelo leiloeiro e um conjunto de regras destinadas a alocar ou premiar objetos ou produtos (por exemplo, contratos) com base em um lance financeiro. É considerado transparente devido ao fato de se basear num conjunto de regras determinado pelo leiloeiro e conhecido pelos licitantes antes do leilão. Geralmente, o leiloeiro é o vendedor, que quer maximizar o preço do produto vendido. Quando o leiloeiro quer comprar ou adquirir objetos ou produtos, os leilões são chamados de leilões reversos ou de compras. Em um leilão de compras, o leiloeiro está interessado nos preços mais baixos a serem pagos pela energia a ser vendida pelas empresas de geração (os licitantes). A teoria básica sobre leilões aplica-se igualmente a ambos os casos, pois são imagens espelhadas do mesmo leilão conceitual.

Outro aspecto levantado por Maurer e Barroso (2011) consiste nas regras dos leilões. O leilão pode ser descrito pelas suas três regras principais, a saber: licitação, compensação e preços. As regras de licitação definem como as ofertas devem ser estruturadas e quando elas podem ser submetidas. Por sua vez, a regra de compensação determina como os lances serão comparados para determinar o vencedor e a alocação do objeto ou produto. Enquanto as regras de preços determinam o preço pelo qual o negócio será fechado.

De acordo com IRENA (2015b), os leilões de energia referem-se a processos licitatórios para a aquisição de eletricidade, em que as tecnologias de energias renováveis sejam elegíveis. O produto leiloado pode ser capacidade de geração (MW) ou energia (MWh).

Após a década de 1990, os processos de licitação ocorreram em vários países ao redor do mundo e foram cada vez mais observados nos mercados de eletricidade, que exigiram processos de reestruturação. A maior parte desses processos substituiu os procedimentos regulamentados pelas regras do mercado, induzindo assim um suprimento de energia confiável e eficiente (REGO; PARENTE, 2013).

Fittipaldi e Ramos (2012, p. 186) relatam que “existem várias formas e modalidades de leilões com características bem distintas que podem produzir melhores ou piores

resultados para estes processos”. Por possuírem alguns aspectos que os distinguem de outros bens, os leilões de energia elétrica em um ambiente de comercialização apresentam características e nuances específicas, as quais fazem com que um determinado leilão em particular venha a se tornar melhor do que outros para atingir determinados objetivos de comercialização. No entanto, não importa o tipo de leilão de energia elétrica utilizado, sob determinadas condições, todos devem levar ao mesmo rendimento esperado. Em termos metodológicos, Neves e Pazzini (2012, p. 142) comentam que

[...] há diferentes estruturas que podem ser empregadas na realização de um leilão, como o leilão do tipo inglês, no qual os lances são ofertados pelos compradores e o preço é crescente, sendo o vencedor do certame o comprador que oferece o maior preço, ou o leilão do tipo holandês, certame no qual os lances são oferecidos pelos vendedores com preço decrescente, sendo o vencedor do certame o vendedor que aceita o menor valor pelo seu produto.

Em linhas gerais, de acordo com Rego e Parente (2013), os dois formatos de leilões citados por Neves e Pazzini (2012) têm suas vantagens e desvantagens. Mundialmente, o mais comumente utilizado são os leilões do tipo inglês. No entanto, os do tipo holandês são muito menos vulneráveis a fraudes do que os leilões do tipo inglês. As fraudes podem ocorrer porque os participantes aprendem a cooperar após a interação recorrente. Nos leilões do tipo holandês, os licitantes não cooperativos raramente têm que lidar com retaliação por outros, como a oferta é selada e simultânea. Além disso, o incentivo aos leilões do tipo holandês iguala as chances entre os licitantes de grandes e pequenas empresas.

Dentro dos leilões orientados para atrair novas capacidades de energia elétrica, encontram-se aqueles que incluem: todos os tipos de tecnologias ou tecnologia neutra; apenas energias renováveis; tecnologias renováveis específicas, como por exemplo, apenas energia solar; projetos específicos, por exemplo, atribuir uma concessão num local específico; e recursos (MARAMBIO; RUDNICK, 2017; MAURER; BARROSO, 2011).

Conforme IRENA (2017a), os leilões de energia renovável tornaram-se cada vez mais populares para expandir a geração de energia renovável em países desenvolvidos e em desenvolvimento e são frequentemente implementados em conjunto com outras medidas para incentivar a implantação de energia renovável.

Como faz notar REN21 (2016), uma indicação positiva da maturidade do mercado de energia elétrica é a crescente popularidade do uso de leilões como meio de contratação de energia renovável. Segundo IRENA (2017a), pelo menos 67 países realizaram leilões de energias renováveis, ao final de 2016. Nesse ano os leilões resultaram em preços recorde para a energia solar fotovoltaica e a eólica. Entender os fatores por trás de tais resultados pode apoiar o projeto de futuros leilões e impulsionar a implantação acelerada da energia solar fotovoltaica.

IEA (2016b) acrescenta que os preços de leilão de licitação para fornecimento de eletricidade com base em fontes renováveis são monitorados de perto, servindo assim como um meio de avaliar em que medida as energias renováveis podem competir com outras formas de suprimento. Esse desenvolvimento positivo está associado à crescente maturidade dos mercados de energia renovável, refletida em menores custos de capital, operações e manutenção, mas também no melhor desempenho e outros fatores.

Além disso, segundo IRENA (2017a), os leilões permitem a descoberta de preços reais, o que é particularmente relevante em mercados em constante mudança com tecnologias em rápida obsolescência. Por último, os leilões conduzem a contratos que estabelecem claramente os compromissos e responsabilidades de cada parte, incluindo as remunerações e sanções por infrações e os atrasos para garantir a conformidade dos projetos com a oferta.

Para Kreiss, Ehrhart e Haufe (2017), em contraste com as FiTs, os leilões oferecem um melhor controle de custos e um maior grau de eficiência. No entanto, as FiTs têm vantagens em termos de eficácia.

Ainda nessa mesma linha de considerações, IRENA (2015b) entende que diferentes políticas têm sido utilizadas para atenuar as barreiras não econômicas e as econômicas. Os mecanismos de apoio baseados em tarifas (por exemplo, as FiTs e as FiPs) são os exemplos mais comuns de instrumentos de política de preços, em que o preço é fixado pelo órgão regulador responsável e a quantidade de eletricidade gerada é determinada pelos atores do mercado. Inversamente, no caso dos leilões de energia, o órgão regulador define a quantidade, além de outros critérios, e a tarifa é definida por licitação dos desenvolvedores do projeto.

Del Río e Linares (2014) acrescentam que controlar os custos das energias renováveis   crítico para sua viabilidade política e aceitabilidade social. Neste cenário, os leilões possuem algumas vantagens em compara o com as FiTs, enquanto que suas desvantagens podem ser minimizadas (embora provavelmente não eliminadas) através de um projeto cuidadoso. Os leilões colocam os reguladores no lugar certo: em vez de fazê-los adivinhar os custos da indústria, eles se tornarão provedores de informa es públicas. Além disso, através da incorpora o de um mecanismo de coordena o, este instrumento garante uma intera o eficiente entre os diferentes níveis administrativos envolvidos na implanta o das renováveis.

No que se refere às conformidades desses sistemas de políticas, IRENA (2017a) ressalta que com o sistema *feed in*, a certeza do preço e da quantidade nos leilões, assegura garantias estáveis para os desenvolvedores de projetos de gera o de energia. Em adi o, garante simultaneamente que as metas de gera o de energias renováveis estipuladas pelos países sejam atendidas. Processo semelhante às cotas e certificados de energias renováveis.

Embora os leilões apresentem grandes vantagens, cabe aqui acrescentar as fraquezas potenciais. O risco de atrasos ou cancelamentos de projetos   atribuído ao potencial de licita o excessivamente agressiva no ambiente competitivo do leilão, que tem uma variedade de causas. Estes incluem o otimismo excessivo sobre a redu o de custos de tecnologia e a subestima o das consequências financeiras de um atraso do projeto (IRENA, 2017a).

Outra fraqueza potencial são os custos de transa o associados, que podem ser relativamente altos para ambos os licitantes e leiloeiro. Pequenas ou novas empresas são particularmente afetadas por isso. Os procedimentos administrativos necessários para participarem no leilão (por exemplo, estudos de viabilidade e acordos de qualifica o, depósitos ou obriga es) podem constituir uma barreira   participa o. As políticas de incentivo vigentes na região influenciam no resultado final dos leilões. Isso inclui o quão bem o processo   adaptado ao contexto local em termos de situa o econômica, estrutura do setor de energia, maturidade do mercado de energia e objetivos de implanta o de energia renovável (IRENA, 2017a).

2.4.2.3. Financiamento Público

IRENA (2012c) aponta que os programas de financiamento público voltados às energias renováveis devem procurar minimizar os riscos de investimento e maximizar a promoção do financiamento adicional através de parcerias público-privadas. Assim, uma estratégia financeira abrangente para as energias renováveis deve incluir programas intensivos de capacitação voltados para desenvolvedores de projetos, instituições financeiras e funcionários públicos.

Segundo Simons (2016), a experiência mundial demonstrou que a integração energética, aliada a uma maior participação das energias renováveis, possibilitou a implementação de políticas eficazes e investimentos adequados. As barreiras persistentes ao investimento em energias renováveis nos países em desenvolvimento abrangem espectros econômicos, políticos, jurídicos, técnicos e financeiros. No entanto, a medida que o mercado é desenvolvido, mudam-se as barreiras. A relutância geral dos investidores comerciais é exacerbada pela compreensão limitada dos investimentos em renováveis, aliada a riscos exclusivos e as altas necessidades de liquidez inicial dessas tecnologias.

Assim, os países que não possuem o *know-how* tecnológico necessário para fabricação de equipamentos ou para construção de usinas renováveis têm duas opções: depender de importações de equipamentos e tecnologias ou tentar atrair o investimento estrangeiro em renováveis para a sua região (IRENA, 2013a).

FDI Intelligence⁵ acrescenta que desde 2010 o investimento estrangeiro direto em energia renovável no mundo tem oscilado. Apesar disso, o investimento de capital atingiu seu pico em 2015, com US\$ 76 bilhões registrados, sendo 67% equivalentes à energia solar e eólica (FDI INTELLIGENCE, 2016).

Segundo IRENA (2012c), os governos devem procurar mobilizar os financiamentos de energias renováveis de duas formas abrangentes: estabelecendo quadros de regulação eficaz e de incentivos globais, para que seja possível a transferência do investimento para as renováveis a um nível macro e utilizando fundos públicos específicos para ultrapassar as barreiras de financiamento.

⁵ Setor de inteligência do periódico *The Financial Times*, especializado em Investimento Estrangeiro Direto (FDI - na sigla em inglês *Foreign Direct Investment*).

Os mecanismos de financiamento público podem assumir a forma de fundos governamentais, criados para investir capital em transações privadas. De qualquer forma, os fundos podem ser estruturados para fornecer uma gama de produtos financeiros, como por exemplo: capital de risco para novos desenvolvimentos tecnológicos, capital inicial para atividades de desenvolvimento de projetos e ações em fase final para projetos já totalmente autorizados e prontos para construção (MITCHELL et al., 2012).

Uma vez identificado o conceito de financiamento, faz-se necessário caracterizar outro mecanismo da categoria de financiamento público para geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, que são os empréstimos.

Como descrito por Mitchell e outros (2012), os empréstimos representam a maior parte do financiamento necessário para projetos de energias renováveis. Os mecanismos de financiamento público podem ser utilizados para financiar diretamente projetos, linhas créditos, através de instituições financeiras comerciais locais. Geralmente, as linhas de crédito são preferíveis porque ajudam a construir a capacidade local para financiamento de renováveis.

As instituições de financiamento público fornecem capital público para apoiar projetos do setor público e privado, bem como políticas e programas que servem ao bem público com benefícios econômicos, ambientais ou sociais. Várias destas instituições foram criadas e dotadas de recursos com o objetivo de apoiar o investimento em energia renovável (IRENA, 2016d). Os principais tipos de instituições de financiamento público são apresentados a seguir:

- Instituições financeiras internacionais — bancos de desenvolvimento multilaterais globais e regionais que fornecem fundos, instrumentos de financiamento e instrumentos de mitigação de riscos, como por exemplo, o Banco Mundial, Banco Europeu e Banco Interamericano de Desenvolvimento;
- Instituições financeiras de desenvolvimento — incluem a maior parte das instituições financeiras internacionais e, além disso, englobam agências bilaterais de desenvolvimento, como a Agência Francesa de Desenvolvimento, o Banco Alemão de Desenvolvimento e a Agência Japonesa de Cooperação Internacional. Incluem também bancos nacionais de desenvolvimento e agências de financiamento governamental que fornecem financiamento dentro

de seus próprios países, como o brasileiro BNDES, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social;

- Instituições financeiras locais — instituições financeiras públicas e privadas com presença principal no mercado interno;
- Agências de crédito à exportação — agências públicas e entidades que fornecem empréstimos garantidos pelo governo, garantias e seguros para empresas de seu país de origem com o objetivo de fazer negócios no exterior em países em desenvolvimento e mercados emergentes;
- Instituições financeiras climáticas — incluem fundos climáticos internacionais e instituições intermediárias criadas por múltiplos doadores governamentais para canalizar fundos públicos dos países desenvolvidos para projetos relevantes para o clima em países em desenvolvimento, como por exemplo, o Fundo para o Meio Ambiente Mundial (IRENA, 2016d).

2.5. ASPECTOS ECONÔMICOS

Para competir no setor elétrico, é necessário que as tecnologias fotovoltaicas forneçam eletricidade a um custo igual ou inferior ao custo de outras tecnologias. Obviamente, as tecnologias de geração de energia estão fornecendo eletricidade a custos diferentes, dependendo de sua natureza, combustível, custo de manutenção e tempo de fornecimento de eletricidade. Portanto, a competitividade de um sistema fotovoltaico está ligada à localização, à tecnologia, ao custo de capital e ao custo do próprio sistema fotovoltaico que depende da natureza da instalação, tamanho e ambiente a qual irá operar (IEA-PVPS, 2016).

Segundo a IEA (2016b), os custos das energias renováveis no setor de energia são comumente expressos de duas formas: por unidade de capacidade instalada e por unidade de eletricidade gerada. Os custos por unidade de capacidade instalada são referidos como custos de capital e são expressos em dólares por quilowatt (US\$/kW). São calculados dividindo o investimento total da instalação pela sua capacidade total. Neste cenário, a energia solar fotovoltaica tem liderado as reduções de custos para

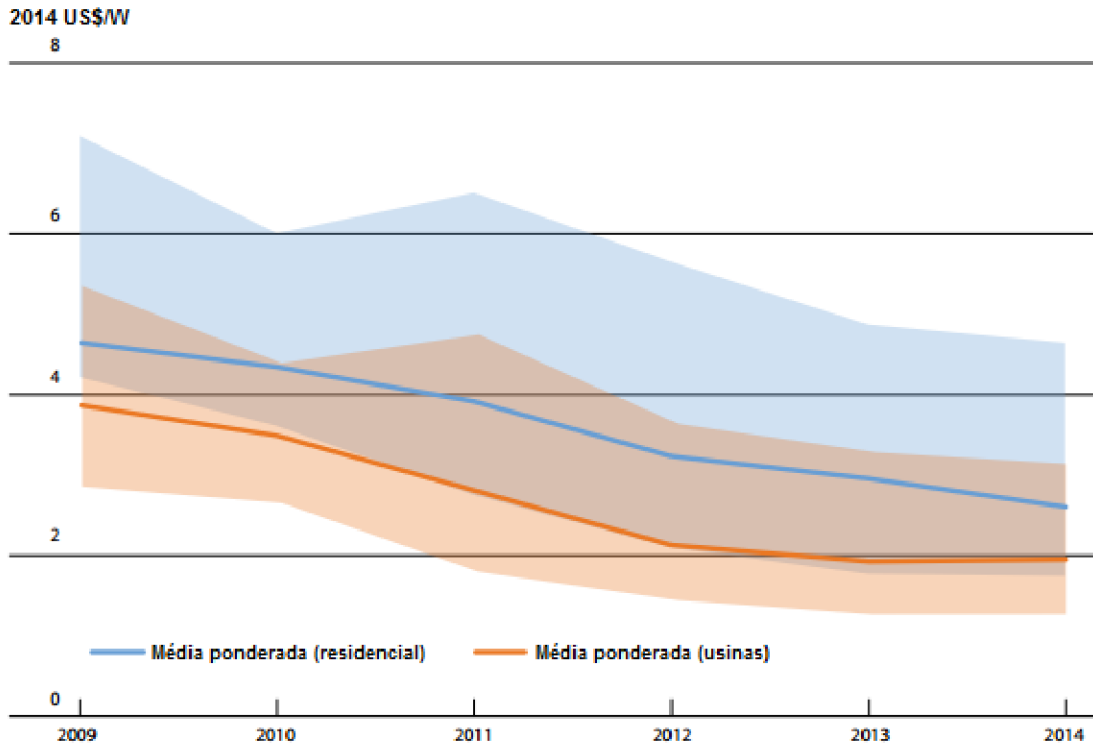
as energias renováveis. As instalações centralizadas e descentralizadas de energia solar fotovoltaica apresentam reduções de custos de 40% a 75% nos principais mercados desde 2010.

Os custos totais instalados para sistemas solares fotovoltaicos caíram rapidamente desde 2008, uma vez que a implantação experimentou um crescimento exponencial, reduzindo não apenas os custos dos módulos, mas também dos outros componentes do sistema (IRENA, 2015c).

Ouyang e Lin (2014) esclarecem que o custo da eletricidade gerada por um sistema fotovoltaico é determinado pelo custo de capital, taxa de desconto, custos variáveis, nível de irradiação solar e a eficiência das células solares. A eficiência sistemática de uma célula fotovoltaica é geralmente assumida como sendo cerca de 80% do seu valor inicial. O custo de financiamento e eficiência é substancial, implicando o enorme potencial de redução de custos. Especificamente, o custo de construção é composto pelo custo do sistema fotovoltaico, da infraestrutura, de instalação, de pagamento de juros e de custo de contingência. Cabe ressaltar que o custo dos módulos fotovoltaicos representa mais de metade do custo total do equipamento no sistema fotovoltaico, que flutua com os preços de mercado.

Na Figura 12 é apresentada a estimativa média global dos custos dos sistemas fotovoltaicos instalados entre 2009 e 2014.

Figura 12 - Estimativa da média global dos custos dos sistemas fotovoltaicos, 2009/2014



Fonte: Adaptado (IRENA, 2015c, p. 88).

A realidade é que os mercados de sistemas fotovoltaicos nas escalas residencial e de serviços públicos estão evoluindo a taxas diferentes e suas políticas de incentivo local têm um impacto significativo nas suas estruturas de custos atuais. E mesmo dentro dos mercados individuais há uma variação enorme nos custos relatados para sistemas fotovoltaicos solares (IRENA, 2015c).

De acordo com IRENA (2016c), nos próximos dez anos a média global dos custos instalados totais dos sistemas fotovoltaicos em escala de utilidade pública poderá diminuir em 57% em relação aos níveis de 2015. Cerca de 70% das reduções de custos virá de uma combinação global entre inovação tecnológica, economias de escala, produção automatizada e pressões econômicas.

Em síntese, os custos da energia solar fotovoltaica incluem custos de equipamentos, de financiamento, de instalação, de operação e manutenção, de combustível e o custo nivelado de energia (LCOE – do inglês *Levelized Cost of Energy*) (IRENA, 2012a).

A análise dos custos pode ser muito detalhada, mas para fins de comparação e transparência, a abordagem adotada para este trabalho será o LCOE.

2.5.1. Custo nivelado de energia (LCOE)

Conforme MIT (2015; 2016), IEA (2016b) e IRENA (2016b), o LCOE é considerado o parâmetro mais comumente utilizado na avaliação da viabilidade econômica da energia solar. Através do LCOE, as tecnologias alternativas podem ser comparadas quando existem diferentes escalas de operação, diferentes períodos de tempo de investimento e funcionamento. O LCOE representa o custo por unidade de eletricidade produzida e é expresso em dólares por megawatt-hora (US\$/MWh).

De acordo com a EIA (2016) o LCOE contabiliza todas as categorias de custos esperados de energia elétrica e inclui custos de capital ou despesas iniciais, serviço da dívida e retorno sobre o capital investido, custos de operação e manutenção, custos de combustível, custos associados para dióxido de carbono ou outras emissões e custos de desmontagem, se aplicável.

IRENA (2016b) acrescenta que o objetivo final de um sistema de energia fotovoltaica é alcançar um LCOE igual ou inferior ao preço de mercado atual de energia elétrica, em um determinado local.

Em síntese, o LCOE pode ser descrito como “o preço mínimo que um gerador teria que receber por cada kWh de produção de eletricidade para cobrir os custos de produção dessa energia, incluindo o lucro mínimo exigido no investimento do gerador” (MIT, 2015, p.104, tradução nossa). Para REN21 (2017, p. 217, tradução nossa), o LCOE é “o preço de custo único da produção de energia (por exemplo, USD/kWh ou USD/GJ) de um projeto que torna o valor presente das receitas igual ao valor presente dos custos ao longo da vida útil do projeto”.

A abordagem usada para avaliar o LCOE é baseada em uma simples análise de fluxo de caixa descontado. Este método de cálculo do custo da eletricidade baseia-se na atualização dos fluxos financeiros (anuais, trimestrais ou mensais) para uma base comum, tendo em conta o valor temporal da moeda. Dada a natureza intensiva em capital da maioria das tecnologias de geração de energia renovável e o fato de que os custos de combustível são próximos a zero, o custo médio ponderado do capital (CMPC ou WACC – do inglês *Weighted Average Capital Cost*) é usado para avaliar se o projeto tem um impacto crítico no LCOE (IRENA, 2016b). A fórmula utilizada para o cálculo do LCOE é dada pela Equação 1:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

Onde, I_t representa as despesas de investimento no ano t , M_t são os gastos com operação e manutenção no ano t , F_t são as despesas de combustível no ano t , E_t é a geração de eletricidade no ano t , r equivale a taxa de desconto e n a vida útil do sistema (IRENA, 2016b; MIT, 2015).

Segundo Yun e outros (2014), o LCOE é o mais utilizado quando é necessário realizar uma comparação entre as tecnologias de produção de eletricidade ou quando é preciso considerar paridades da rede para tecnologias emergentes. Assim, considera-se que há viabilidade econômica quando as tarifas praticadas são maiores do que o LCOE calculado.

Para Filipe (2015), o LCOE apresenta algumas limitações, tais como: não considerar a eletricidade produzida em qualquer época do ano; não considerar a disponibilidade de produção. Ou seja, não há distinção entre as fontes intermitentes e contínuas. Entretanto, Vilela (2014) afirma que é válido apresentar o LCOE, mesmo não sendo utilizado como um critério de seleção final para aquisição de um sistema de geração distribuída no Brasil. Contudo, apesar dessas deficiências, o LCOE é considerado uma medida consensual transparente de geração de custos, além de ser uma ferramenta amplamente utilizada para comparar os custos de diferentes tecnologias geradoras de energia e em discussões de políticas energéticas (IEA/NEA, 2015).

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos possuem um potencial significativo de redução de custos. Um motivo para o otimismo dessa redução é que o LCOE da energia solar fotovoltaica caiu 58% entre os anos de 2010 e 2015, tornando-se cada vez mais competitivo para grandes usinas (IRENA, 2016b; REN21, 2016).

O custo de instalações solares fotovoltaicas pode ser dividido em dois componentes: os módulos e os demais componentes do sistema⁶. Enquanto os próprios módulos se

⁶ Os demais componentes dos sistemas fotovoltaicos aqui referidos são: fiação, interruptores, sistemas de montagem, inversores, baterias e carregadores de bateria. Esses componentes são conhecidos como *Balance of System* (BOS) (IEA/NEA, 2015).

tornaram produtos padronizados, ainda há uma variação significativa nos custos totais dos sistemas fotovoltaicos a nível global (IEA/NEA, 2015).

Na edição de 2015 do relatório “*Projected Costs of Generating Electricity*”, elaborado pela Agência Internacional de Energia em parceria com a Agência de Energia Nuclear da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, os sistemas fotovoltaicos foram divididos em três categorias: residencial, com menos de 20 kWe (quilowatt elétrico); comercial, de 20 kWe a 1 MWe (megawatt elétrico); e usinas, maior que 1 MWe (IEA/NEA, 2015).

As variações do LCOE para os setores residenciais, comerciais e grandes usinas são apresentados no Gráfico 9, com valores calculados com taxas de desconto de 3%, 7% e 10%.

Gráfico 9 - Variações do LCOE para a energia solar fotovoltaica por taxas de desconto, 2015



Fonte: Adaptado (IEA/NEA, 2015, p. 15).

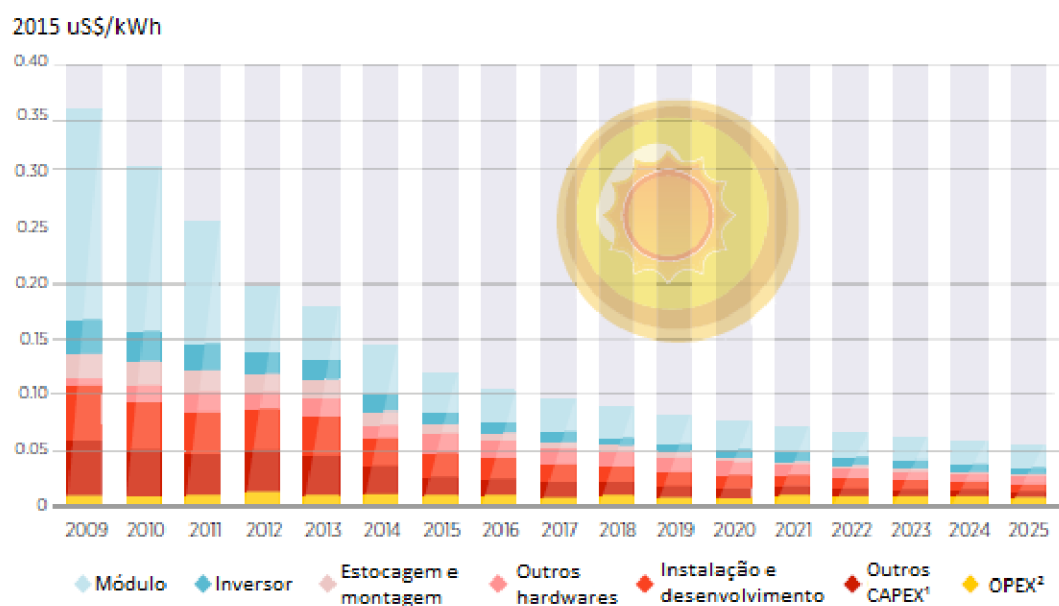
Dentre as categorias apresentadas no Gráfico 9, observa-se os maiores valores de LCOE no setor residencial. No entanto, cabe ressaltar, que o LCOE para os sistemas residenciais apresentou uma queda de 40% a 66% entre 2008 e 2014. Isso não é surpreendente, porque o custo das tecnologias renováveis é determinado em grande parte pela disponibilidade de recursos locais, que pode variar significativamente por regiões. Dentre os países que se destacam, a Alemanha e a China têm, em média, os sistemas fotovoltaicos no setor residencial mais competitivos do mundo (IRENA, 2015c).

No que concerne aos sistemas de grande escala, ou seja, usinas fotovoltaicas, os custos totais apresentaram queda de 29% a 65%, entre 2010 e 2014, dependendo da região. Em 2014, as usinas mais competitivas de usina solar fotovoltaica forneciam regularmente eletricidade por apenas US\$ 0,08/kWh, sem apoio financeiro. Para regiões onde os recursos de financiamento encontravam-se disponíveis, o LCOE apresentava valores de até US\$ 0,06/kWh (IRENA, 2015c).

2.5.2. LCOE e leilões de energia solar fotovoltaica

Entre 2010 e 2015, o LCOE de sistemas fotovoltaicos de escala de utilidade (usinas fotovoltaicas) diminuiu cerca de 60% a nível mundial (ver Figura 13). Globalmente, a média ponderada do LCOE para as usinas fotovoltaicas recém-instaladas foi de US\$0,13/kWh, em 2015. Esse valor é comparado com os US\$0,05/kWh a US\$0,10/kWh das usinas de carvão e gás natural. Isso torna os projetos de escala de utilidade economicamente competitivos com a nova geração de combustíveis fósseis (IRENA, 2017a).

Figura 13 - Média ponderada global do LCOE para usinas fotovoltaicas real e projetada

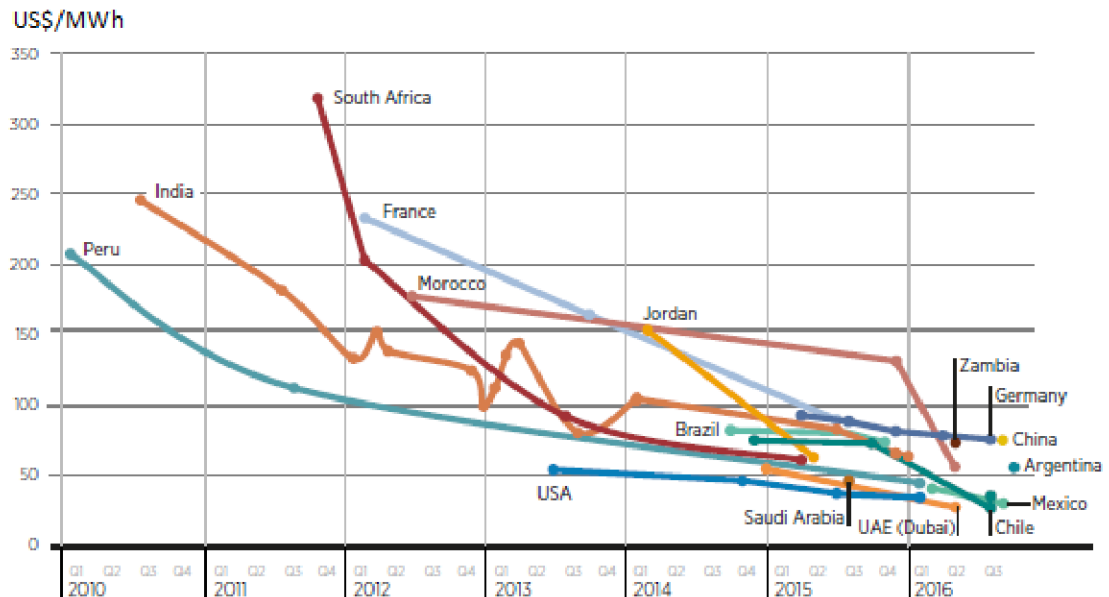


Fonte: Adaptado (IRENA, 2017a, p. 70).

Nota: 1: CAPEX, referente às despesas do capital; 2: OPEX, referente às despesas operacionais.

Nesse contexto, o potencial dos leilões para conseguir preços baixos tem sido uma grande motivação para sua adoção. Particularmente, os preços dos leilões de energia solar fotovoltaica apresentam uma tendência decrescente nos últimos anos, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Evolução mundial dos preços dos leilões de usinas fotovoltaicas, 2010/2016



Fonte: IRENA (2017a, p. 36).

As reduções de custos têm sido o principal impulsionador da expansão global de mercado, incluindo na geração fotovoltaica distribuída. A queda nos preços das tecnologias e a concorrência criada pelos leilões são fatores determinantes para essa redução. No entanto, os preços de oferta baixos também são atribuídos ao acesso a financiamento e a outras condições econômicas específicas de cada país, além da confiança dos investidores e um ambiente de baixo risco e a políticas adicionais de apoio às energias renováveis (IRENA, 2017a).

Em 2010, a energia solar foi contratada a um preço médio global de aproximadamente US\$ 250/MWh, em comparação com o preço médio de US\$ 50/MWh em 2016. As propostas vencedoras nos leilões de energia solar fotovoltaica chegaram a preços ainda mais baixos durante 2015 e 2016. Em 2016, os países que apresentaram os menores custos nos leilões de energia solar fotovoltaica foram Emirados Árabes, Estados Unidos e Chile (ver Tabela 2).

Tabela 2 - Participação da energia solar fotovoltaica nos leilões de energia em 2016

	País	US\$/MWh	Contratação
1	Emirados Árabes (Abu Dhabi)	24,2	350 MW
2	Estados Unidos	26,7	26 MW
3	Chile	29,1	580 GWh/ano
4	Emirados Árabes (Dubai)	29,9	800 MW
5	México (2º Leilão)	32,8	1853 MW
6	México (1º Leilão)	44	1100 MW
7	Peru	48	184,5 MW
8	Brasil	49	325 MW
9	Argentina (2º Leilão)	55	1853 MW
10	Argentina	60	400 MW
11	Zâmbia	67	73 MW
12	Índia	73	6500 MW
13	China	78	1000 MW
14	Alemanha (2º Leilão)	81	130 MW
15	Alemanha (1º Leilão)	84	128 MW
16	Canadá	120	140 MW

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de IRENA (2017d, p. 4).

As maiores contratações foram na Índia, México e Argentina. Os principais determinantes para essa queda dos preços foram acesso a financiamento, confiança dos investidores, presença de um ambiente propício, outras políticas destinadas a apoiar o desenvolvimento de energias renováveis e os elementos específicos dos projetos do leilão (IRENA, 2017d).

Ondraczek, Komendantova e Patt (2015) apresentam uma comparação do LCOE em sistemas fotovoltaicos com áreas de instalações iguais, mas com módulos de diferentes eficiências. Foi constatado que em um dado preço de módulo em US\$/W, módulos fotovoltaicos mais eficientes levam a sistemas LCOE mais baixos. A segunda constatação foi que ao atingir um objetivo LCOE, a eficiência do módulo FV tem um limite inferior que não pode ser compensado pelo preço do módulo. Em resumo, o LCOE irá diminuir com o aumento da produção de energia do sistema.

Além dessa comparação, Ondraczek, Komendantova e Patt (2015) também apresentaram o LCOE para sistemas fotovoltaicos em 143 países selecionados. Foram consideradas as diferenças tanto no recurso solar como no custo de financiamento. O estudo mostra que os valores de LCOE são altamente dependentes da localização, devido às diferenças regionais de custo e à variação da força de irradiação, que tem um efeito direto na produção de energia.

2.6. EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO SOLAR FOTOVOLTAICO

A experiência mundial mostra que as questões ambientais têm sido o principal incentivador ao uso da energia solar fotovoltaica. A necessidade de diversificar a matriz energética local associada a uma geração limpa, confere a esta fonte uma importante oportunidade de desenvolvimento.

Essa experiência, com foco nas políticas de incentivo às fontes de energias renováveis, mais especificamente no que tange ao desenvolvimento do mercado solar fotovoltaico na China e na Alemanha, será exposta nas próximas seções. Esses países representam os mais significativos resultados na implementação de políticas para energia solar, além de serem destaques em termos de capacidade instalada de energia solar fotovoltaica a nível mundial.

2.6.1. China

De acordo com Sener e Fthenakis (2014), o rápido desenvolvimento do mercado solar fotovoltaico na China reflete, principalmente, o apoio governamental. Os programas de eletrificação rural foram a força motriz para a expansão do setor no país nas últimas duas décadas. Primeiramente, o governo central estabeleceu metas políticas gerais

em seus Planos Quinquenais. Em seguida, outros órgãos governamentais usaram esses planos para conceber programas específicos e direcionados.

Para combater a influência adversa da flutuação do mercado global e promover o crescimento sustentado e rápido da indústria fotovoltaica, o governo chinês se propôs a expandir rapidamente o seu mercado interno, especialmente para promover o desenvolvimento da geração fotovoltaica distribuída (URBAN; GEALL; WANG, 2016).

Em 2002, foi criado o Programa de Produção de Eletricidade para o Campo. Como resultado, o programa promoveu fortemente o desenvolvimento do mercado solar fotovoltaica chinês (SUN et. al., 2014). Zhao, Zeng e Zhao (2015) mencionam que o programa também marcou o início da produção de energia fotovoltaica distribuída no país.

A partir de 2004, devido à demanda crescente de energia solar fotovoltaica pelos países europeus, com destaque a Alemanha, a produção fotovoltaica no país experimentou um rápido crescimento. A liderança da cadeia de suprimento mundial veio em 2007, com uma produção total de mais de 1 GW de energia solar fotovoltaica (ZHANG; HE, 2013).

Em 2006, entrou em vigor no país a Lei das Energias Renováveis. Dentre as medidas propostas, destacam-se: alterações na legislação visando o desenvolvimento de eletricidade proveniente de fontes de energia renovável, incluindo uma exigência de compra garantida; preço de compra de eletricidade baseada em energias renováveis determinado pela *National Development & Reform Commission* (NDRC); fornecimento de base legal, regulamentos e práticas administrativas para o suporte elétrico baseado nas energias renováveis; regras de implementação para tarifas de eletricidade baseada em renováveis de acordo com os preços determinados pelo esquema de leilão de energia elétrica, dentre outros (IRENA, 2014b).

Os leilões de energias renováveis foram introduzidos no país em 2003. Em geral, os leilões são realizados em intervalos irregulares, com base em decisões tomadas pelas autoridades nacionais sem agenda de longo prazo. Inicialmente, foram utilizados para descobrir o preço real da eletricidade baseada em fontes renováveis e, posteriormente, para definir o nível para as tarifas *feed-in*. Para a energia solar fotovoltaica, foram anunciadas tarifas *feed-in* unificadas em 2011, após duas rodadas de leilões em 2009 e 2010 (IRENA, 2014b).

A NDRC é encarregada de leilões de energia eólica *onshore*, enquanto a *National Energy Administration* (NEA) é responsável pelos recentes leilões solares e eólica *offshore*. A gestão prática das propostas é realizada por agências de licitação e a publicação das instruções detalhadas fica a cargo da NDRC e NEA. O comitê de avaliação é formado por membros da NDRC, NEA, empresas estatais de energia elétrica, comissões regionais de desenvolvimento e reforma, empresas locais de energia, agências de licitação e demais profissionais especialistas da área (IRENA, 2014b).

A princípio, o país adotou cláusulas de requisitos de conteúdo local em seus mecanismos iniciais de fomento de energia renovável, mas ao passo que o setor de equipamentos de energias renováveis do país progrediu, essas restrições foram consideradas desnecessárias (IRENA, 2015b). Em 2009, a exigência de conteúdo local foi abolida quando a *US-China Joint Commission on Commerce and Trade* se reuniu e a China concordou em remover sua exigência de conteúdo local para algumas tecnologias de energias renováveis (IRENA, 2014b).

Para Zhang e Gallagher (2016), a formação do mercado europeu foi o ímpeto inicial para que as empresas chinesas de tecnologia fotovoltaica pudessem construir instalações de produção através da aquisição de equipamentos do exterior. Além disso, as escolhas políticas na Europa demonstraram ao governo chinês que as tarifas *feed-in* são políticas eficazes para motivar o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica local.

Dessa forma, em 2009, foram lançados os programas *Solar Roof Program* e *Golden Sun Program*, ambos com objetivo de facilitar o crescimento e expandir a escala da indústria de geração de energia fotovoltaica, através de subsídios fiscais, apoio científico e tecnológico e incentivos de mercado (ZHAO; YANG, 2015; LUO et al., 2016). Guo e Guo (2015) apontam que os subsídios ofertados pelo programa Sol Dourado variavam entre 50 a 70% no investimento do sistema fotovoltaico.

Vale notar a contribuição de Zhang (2016) que diz respeito às políticas de incentivo à geração fotovoltaica distribuída na China. Embora os dois programas estimulassem o mercado interno, até certo ponto eles também contribuíram para o excesso de capacidade produtiva na indústria de fabricação de equipamentos fotovoltaicos da China.

Em 2012, o excesso de capacidade produtiva, juntamente com as tensões comerciais do setor fotovoltaico com os Estados Unidos e a Europa, levou o governo a atribuir cada vez mais importância ao seu crescente mercado doméstico de energia solar. Dado que as tarifas de eletricidade varejista e comercial são altas nas províncias orientais e a falta de transmissão de rede, aliada à disponibilidade de terra, restringem cada vez mais as usinas no país, o governo então optou por dar mais ênfase em instalações de geração distribuídas (ZHANG, 2016).

Segundo Pingkuo e Zhongfu (2016), até o final de 2012, a geração distribuída representou 47,4% da capacidade fotovoltaica instalada no país. No primeiro semestre de 2013, a geração distribuída totalizou 1,5 GW dos 2,8 GW da capacidade fotovoltaica instalada, sendo os outros 1,3 GW de geração elétrica em larga escala.

Em março de 2013, foi publicado o anúncio de melhoria do mecanismo de preços de energia elétrica fotovoltaica, que estabeleceu preços de referência para usinas fotovoltaicas e estabeleceu um subsídio de energia elétrica distribuída de 0,35 CNY/kWh⁷. No entanto, a indústria fotovoltaica do país acreditava amplamente que esta tarifa *feed-in* era demasiada baixa. Assim, em agosto de 2013, o governo nacional emitiu outro anúncio de promoção do desenvolvimento para a indústria fotovoltaica, aumentando o subsídio de energia elétrica da geração de energia fotovoltaica distribuída para 0,42 CNY/kWh (GUO; GUO, 2015).

A China lançou, ainda no segundo semestre de 2013, políticas destinadas aos sistemas centralizados fotovoltaicos, através da implementação de leilões de energia e subsídios (RODRIGUES; CHEN; MORGADO-DIAS, 2017). No entanto, ao final desse ano, os subsídios específicos do *Golden Sun Program* foram interrompidos (GUO; GUO, 2015).

Em 2015, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma da China lançou o regulamento do sistema solar fotovoltaico e pôs em prática a nova versão da política para promover a eficiência energética e reduzir as emissões de gases de efeito estufa no país. Uma das medidas da política foi incluir grandes instalações fotovoltaicas nos projetos de geração de energia elétrica (RODRIGUES; CHEN; MORGADO-DIAS, 2017).

⁷ CNY é a moeda oficial da China. Segundo *Investing* (acesso em: 07 abr. 2017), em março de 2013, 1 CNY correspondia a 0,16 dólares americanos.

Do ponto de vista de Zhang e Gallagher (2016), as reduções de custos e as perspectivas globais ajudaram as empresas chinesas a explorar oportunidades de mercado no exterior mais cedo do que outros concorrentes. Além disso, a ampla disponibilidade de financiamento durante os o desenvolvimento inicial da cadeia do setor fotovoltaico na China também permitiu a compra ilimitada de equipamentos de estrangeiros e a rápida construção de instalações de fabricação para atender a demanda no exterior.

De acordo com IRENA (2017a), a expansão da rede de transmissão do país não tem acompanhado o aumento da implantação das fontes renováveis. A maior parte da capacidade instalada da China está localizada longe de suas regiões costeiras altamente povoadas, resultando em recorrentes interrupções do fornecimento de eletricidade. Em face do exposto, medidas foram tomadas, tais como: prioridade de compra de energia elétrica de produtores de energia limpa; metas regionais e nacionais para geração de energia renovável não convencional; obrigatoriedade de ao menos 5% da eletricidade injetadas na rede, provenientes de operadoras chinesas de energia eólica, solar ou biomassa; certificados de energia limpa; maiores tarifas *feed-in* para energia solar fotovoltaica e eólica, dentre outras medidas.

Durante 2016, a China adicionou 34,5 GW de capacidade fotovoltaica, aumentando sua capacidade total de energia solar para 77,4 GW. O aumento recorde ocorreu apesar de um ajuste para baixo nos objetivos energéticos da China para 2020, em resposta a uma desaceleração no crescimento da demanda de eletricidade. Embora grande parte da nova capacidade tenha sido instalada longe dos centros populacionais, 15 províncias adicionaram mais de 1 GW cada e 9 delas estão nas regiões orientais da China (REN21, 2017).

No que concerne aos empregos, ao final de 2016 o setor solar fotovoltaico representava cerca de 1,96 milhões de empregos, dos quais 1,3 milhões na fabricação, 635 mil em construção e instalação e 26 mil em operação e manutenção. No início de 2017, a NEA anunciou planos para investir cerca de US\$ 360 bilhões em geração de energia baseada em energias renováveis até 2020, incluindo US\$ 144 bilhões para energia solar fotovoltaica (IRENA, 2017C).

2.6.2. Alemanha

De acordo com Hashimura (2012), tanto a política quanto a indústria de energia na Alemanha são descentralizadas. Dessa forma, agentes públicos e privados em nível regional e local possuem uma maior influência na governança das empresas do setor, gerando uma estrutura heterogênea e disseminada entre diversos níveis de governo. A descentralização favoreceu diversos programas de suportes de fontes renováveis no país.

Ao final de 2016, a Alemanha contou com 40,9 GW de capacidade instalada de geração de energia solar fotovoltaica. Atualmente, o país é o maior produtor de energia solar fotovoltaica da Europa e detém a segunda colocação a nível mundial, com a China ocupando a primeira colocação (IRENA, 2017b).

De acordo com Avril e outros (2012), as políticas de incentivo do governo alemão para as energias renováveis foram inicialmente estimuladas por preocupações de segurança energética durante a década de 1970. A promoção das fontes renováveis era vista como um meio de aliviar os riscos associados à alta dependência de importação de combustíveis fósseis. Desde então, a Alemanha tornou-se um defensor das medidas de políticas internacionais para enfrentar a mudança climática e adotou um amplo conjunto de ações internas para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa.

Melo, Jannuzzi e Bajay (2016) afirmam que o país oferece uma ampla gama de incentivos, como esquemas de financiamento, programas com foco tecnológico e bolsas para projetos de pesquisa. O governo forneceu incentivos para os fabricantes de energias renováveis, através de subvenções, incentivos financeiros e empréstimos com juros reduzidos. Em contrapartida, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento pelas empresas privadas também são significativos. Por exemplo, em 2010 os investimentos privados em pesquisa e projetos fotovoltaicos totalizaram 300 milhões de euros. Além disso, o Escritório Alemão de Patentes e Marcas registrou 290 patentes alemãs em tecnologias solares no mesmo ano.

Avril e outros (2012) destacam que a energia solar fotovoltaica teve três fases de evolução na Alemanha. A primeira fase ocorreu de 1990 a 1995, com a iniciativa do programa de descontos “1000 *Solar Roof Program*”. Com a implantação desse

programa, a Alemanha tornou-se o primeiro país no mundo a lançar uma importante iniciativa de instalação solar. Este programa proporcionou descontos de até 70% dos custos do sistema para as instalações residenciais na faixa de 1 kW a 5 kW.

A segunda fase do programa teve início em 1999, com a criação do programa denominado “1000 *Solar Roof Program*”. O programa visava o apoio à instalações e extensões fotovoltaicos maiores de 1 kW, empréstimos com taxas de juros 4,5% abaixo das condições de mercado, possível participação de financiamento de até 100%, dentre outros benefícios. Estes empréstimos foram fornecidos pelo Banco Estatal de Desenvolvimento da Alemanha (KfW – do alemão *Kreditanstalt für Wiederaufbau*). Ao final de 2005, o programa “1000 *Solar Roof Program*” concluiu a instalação bem-sucedida de 100.000 sistemas solares conectados à rede elétrica no país (AVRIL et al., 2012).

Em 2000, a Lei de Fontes de Energias Renováveis (EEG – do alemão *Erneuerbare-Energien-Gesetz*) foi promulgada no país, iniciando a terceira fase das políticas de incentivo à energia solar fotovoltaica no país. Conforme Melo, Jannuzzi e Bajay (2016), o principal objetivo da EEG é substituir o carvão e a eletricidade gerada pela energia nuclear por fontes não convencionais de energias renováveis.

De acordo com Grau, Huo e Neuhoff (2012), dentre as tecnologias suportadas, a EEG concede as maiores tarifas *feed-in* para a eletricidade produzida por dispositivos fotovoltaicos. Estas tarifas são classificadas de acordo com a capacidade do sistema fotovoltaico e com o tipo de instalação.

As novas instalações fotovoltaicas tiveram um forte aumento nos anos 2004 e 2009. Conforme explicam Melo, Jannuzzi e Bajay (2016), foram aplicadas novas revisões e alterações ao EEG naqueles anos, como, por exemplo, a quota obrigatória de 30% de fontes não convencionais de energia no fornecimento de eletricidade até 2020 e os regimes de diminuição gradual para ajustar as tarifas *feed-in*.

Na opinião de Sueyoshi e Goto (2014), a EEG criou uma mudança de paradigma das fontes de energia fósseis e nucleares para as renováveis no país. Para Karakaya, Hidalgo e Nuur (2015), a EEG priorizou a redução dos preços do sistema, ajustou a redução na tarifa prêmio de instalações novas e determinou, para o mercado, valores de acordos com metas de crescimento, colaborando assim para a promoção e ampliação dos sistemas fotovoltaicos centralizados e distribuídos na Alemanha.

Após a criação da EEG, o mercado de energia alemão reduziu seus investimentos em combustíveis fósseis e passou a adaptar uma abordagem descentralizada à produção de energia elétrica. As tarifas *feed-in* fornecem incentivos para que as empresas de energias renováveis invistam no desenvolvimento e geração de energias renováveis, diminuindo a barreira inicial de entrada no mercado e reduzindo o custo para produção e consumo, ao longo do tempo (SUEYOSHI; GOTO, 2014).

No que tange às cotas e metas, a política alemã exige que as energias renováveis forneçam 35% da capacidade de geração na matriz elétrica até 2020, e 80% até 2050 (JORDAN, 2014).

Em 2010, a EEG desencorajou a construção de usinas fotovoltaicas em áreas agrícolas e excluiu de sua oferta as tarifas *feed-in* para as instalações nestas localidades. Isso resultou na concentração de grandes sistemas fotovoltaicos em áreas industrializadas e em áreas próximas de rodovias e linhas ferroviárias (IRENA, 2015b). No entanto, em 2016, as restrições tornaram-se mais flexíveis e os locais permitidos pela EEG incluíram terras agrícolas improdutivas (IRENA, 2017a).

Dusonchet e Telaretti (2015) mencionam que o excesso de energia fotovoltaica injetada na rede é remunerado através de um sistema de tarifas *feed-in*. Até 2012, as autoridades alemãs incentivaram o autoconsumo através da atribuição de um bônus. Com o custo decrescente da tecnologia fotovoltaica, o bônus foi removido. Entretanto, ficou estabelecido um limite de 90% em tarifa *feed-in* para instalações fotovoltaicas entre 10 kW e 1 MW, para forçar o autoconsumo. Os restantes 10%, se injetados na rede, seriam remunerados a um preço inferior ao do mercado. Este modelo de integração de mercado entrou em vigor em janeiro de 2014.

Em 2016, a Alemanha promulgou um programa de US\$ 31,5 milhões para fornecer empréstimos e subsídios para apoiar sistemas residenciais de energia solar fotovoltaica, combinados com o armazenamento de bateria. O mercado de armazenamento residencial do país está se expandindo à medida que uma parcela crescente de sistemas fotovoltaicos solares é emparelhada com armazenamento de bateria. Cerca de 25.355 sistemas de armazenamento de energia doméstica foram instalados na Alemanha em 2016, representando cerca de 80% do mercado anual da Europa (REN21, 2017).

A EEG foi a principal força motriz para o desenvolvimento do mercado solar fotovoltaico na Alemanha. Com o objetivo de aumentar a capacidade instalada de fontes de energia renovável e promover uma maior diversificação da matriz elétrica nacional, houve uma revisão da EEG em 2017. Ficou acordado nesta revisão que as taxas de financiamento para sistemas elétricos renováveis com mais de 750 kW de potência instalada não serão mais resolvidas pelo governo, mas serão determinadas por meio de um esquema de leilão baseado em mercado, uma mudança fundamental no financiamento de energia renovável. Isso permitirá uma maior expansão das energias renováveis de forma controlada, sincronizará sua expansão com a atualização da rede e estabelecerá o nível de subsídios para as energias renováveis em leilões baseados no mercado elétrico (IEA-PVPS, 2017).

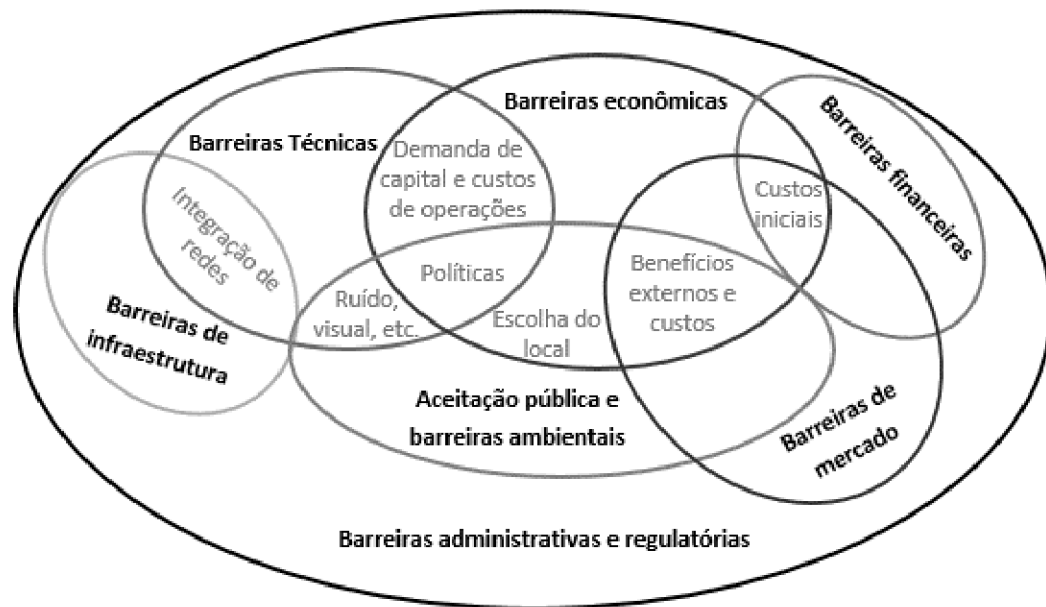
Conforme visto na Seção 2.2, até o final de 2014, a Alemanha detinha a liderança mundial em termos de capacidade instalada de energia solar fotovoltaica. Atualmente, ela possui a terceira colocação, atrás de China e Japão (REN21, 2017).

2.7. BARREIRAS AO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

De acordo com Dutra (2007), para o desenvolvimento das fontes de energias renováveis não convencionais no mercado de energia elétrica, são necessárias políticas de incentivo eficazes, a fim de que as diversas barreiras impeçam a sua integração no mercado convencional. Hafeznia e outros (2017) reconhecem que, apesar de várias políticas de incentivos e metas para a difusão bem-sucedida da utilização das energias renováveis em diversos países, existem barreiras para o seu desenvolvimento de tecnologias, produtos e serviços.

Em geral, as barreiras para as energias renováveis podem ser de natureza política, econômica, financeira, regulatória, técnica, institucional e cultural (IRENA, 2014a). A importância relativa das barreiras individuais pode variar de acordo com a tecnologia e/ou mercado. Também pode mudar à medida que a tecnologia amadurece no decorrer da comercialização e implantação (BARNSELEY; BLANK; BROWN, 2015). Na Figura 15, apresenta-se a relação estabelecida entre as barreiras supracitadas.

Figura 15 - Barreiras ao desenvolvimento das energias renováveis



Fonte: Adaptado (IEA, 2011b, p. 33).

O trabalho de Karakaya e Sriwannawit (2015) identifica as barreiras atuais que impedem a difusão da energia solar fotovoltaica. Para atingir os resultados, foi elaborado uma extensa e sistemática revisão da literatura. As principais barreiras encontradas estão sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Barreiras à difusão da energia solar fotovoltaica

Barreiras	Descrição
Técnicas e Sociais	Qualidades dos sistemas FV; Falta de conhecimento adequado por parte da sociedade; Falta de confiança nas informações publicadas; Conhecimento insuficiente sobre as vantagens dos sistemas FV; Complexidade das tecnologias conectadas à rede; Durabilidade, eficiência, segurança e estabilidade dos sistemas FV; Exposição solar; Espaço limitado em telhados de residências e condomínios; entre outras.
Gestão	Gestão insuficiente e inadequada; Portfólio inadequado de negócios das empresas para o mercado alvo; Serviços de venda e pós-venda negligenciados a unidades rurais; Falta de campanhas educativas para informações sobre o investimento em sistemas FV; Capacidade técnica nacional e infraestrutura existente; Carência de recursos humanos e financeiros para estimular o mercado; Falta de investimento privado no setor fotovoltaico; entre outras.
Econômicas	Alto custo dos módulos e instalações FV; Custo de outras fontes de energias concorrentes na região; Falta mecanismos de financiamento; Incertezas nos processos de financiamento; Falta de incentivos fiscais; Instabilidade política e econômica local; Custo da manutenção dos sistemas FV; Falta de acessibilidade econômica em áreas rurais; entre outras.
Políticas	Redução ou falta de adoção das FiT e FiP; Falta de subsídios ou subsídios insuficientes; Desafios para superar fronteiras jurídicas e burocráticas; Dificuldade em estabelecer combinações de políticas bem coordenadas; Falta de transparência nos Certificados de Energias Renováveis; entre outras

Fonte: Elaborado a partir de dados de Karakaya e Sriwannawit (2015).

Conforme demonstrado no Quadro 2, do ponto de vista técnico e social, a complexidade da interação entre pessoas e sistemas fotovoltaicos pode dificultar a adoção dessa fonte. Em relação ao aspecto econômico, o custo dos sistemas fotovoltaicos ainda é geralmente percebido como alto. Além disso, ainda existem várias barreiras relacionadas à dimensão política e ao gerenciamento da tecnologia solar fotovoltaica. Desse modo, medidas políticas ineficientes e gerenciamento inadequado podem dificultar o processo de difusão em diversos contextos (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, este capítulo analisa em termos teóricos os principais aspectos da energia solar fotovoltaica a nível mundial. Além de apresentar uma visão estática do panorama mundial, das políticas de incentivo, dos aspectos econômicos, da experiência internacional e das barreiras para a difusão da energia solar fotovoltaica.

A energia solar fotovoltaica experimentou um significativo crescimento nos últimos anos. Atualmente, a China é líder em termos de capacidade instalada, geração de emprego e investimento na fonte solar fotovoltaica. A experiência chinesa no rápido desenvolvimento do mercado solar fotovoltaico mostra o forte apoio governamental refletido nas políticas regulatórias, incentivos fiscais e no financiamento público. Por sua vez, a experiência alemã, também abordada nesta dissertação, apresentou a importância da adoção dos mecanismos FiT e FiP, além da iniciativa da implantação de metas, incentivos para as empresas fabricantes e descontos na aquisição de sistemas fotovoltaicos residenciais.

Segundo IRENA (2017a), as políticas de acesso à rede, apoiadas por políticas regulatórias, têm desempenhado um papel instrumental na atração de investimentos em energias renováveis. Dentre os instrumentos de incentivos, a taxa de adoção de leilões aumentou significativamente na última década em diversos países. Isso reflete a evolução do setor e a maturidade crescente das tecnologias, decorrentes da preferência pela promoção das energias renováveis. No entanto, a queda dos custos e a maior conscientização e demanda por energias renováveis também significam que os incentivos financeiros não são mais críticos em muitos países. Ao invés disso, surgiram novos desafios para as energias renováveis e todo o setor de energia, exigindo uma mudança no foco da política.

Nos aspectos econômicos, buscou-se elucidar importantes questões que envolvem a redução dos custos dos sistemas solares fotovoltaicos. Desde 2008 a implantação dos sistemas fotovoltaicos experimentou um crescimento exponencial, reduzindo os custos dos módulos e outros componentes dos sistemas. É interessante ressaltar que o LCOE para os sistemas residenciais apresentou uma queda entre 40% e 66%, no período de 2008 a 2014. Os custos decrescentes e os quadros de políticas de apoio

em vários países ao redor do mundo levaram a um ano recorde para a energia solar em 2016, levando à criação de emprego.

Apesar do rápido desenvolvimento e maturidade tecnológica nos últimos anos, a adoção de sistemas fotovoltaicos ainda enfrenta diversas barreiras. A ampla adoção de sistemas fotovoltaicos, como uma forma de substituição ou complementação de outros sistemas de geração de energia elétrica, é um processo desafiador. Os resultados mostram que as barreiras são evidentes para as economias de baixa e alta renda, abrangendo as dimensões sociais, técnicas, de gestão, econômicas e políticas. Desse modo, o envolvimento de todas as partes interessadas é crucial para promover a adoção desses sistemas.

De uma forma geral, os resultados aqui apresentados servirão de subsídio para a identificação dos programas de incentivos à energia solar fotovoltaica no Brasil apresentados no capítulo a seguir.

3. A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A presença de políticas de incentivo para o desenvolvimento das fontes de energia renovável mostra-se de fundamental importância para um crescimento do uso dessas tecnologias. Como mostrado no capítulo anterior, a presença de uma legislação específica para o desenvolvimento da fonte solar fotovoltaica possibilitou um crescimento acelerado tanto da indústria local quanto na participação dessas tecnologias na matriz elétrica em diversos países.

Os exemplos do desenvolvimento do mercado fotovoltaico da China e da Alemanha mostraram como a forte participação de políticas de incentivo a essa fonte alavancaram não apenas a capacidade de geração de energia solar fotovoltaica no país, mas também diversos segmentos a ela associados, como os investimentos, a criação de empregos e o setor fabril.

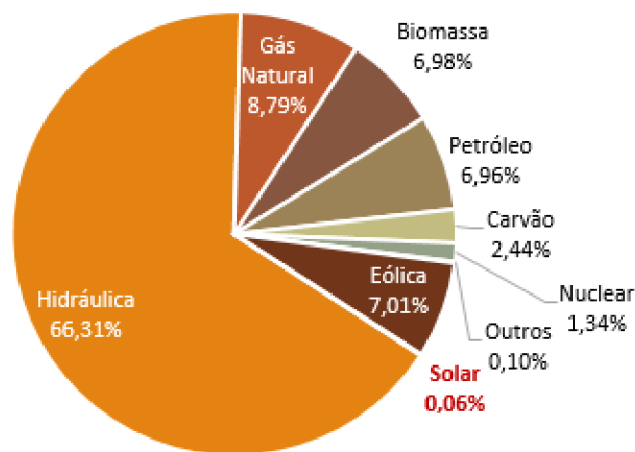
Neste capítulo, será apresentado o panorama nacional da capacidade de geração de energia elétrica, enfatizando a geração solar fotovoltaica. Também serão apresentados os principais conceitos acerca do setor elétrico brasileiro e a comercialização da energia elétrica, especialmente o que tange aos leilões de energia elétrica e à geração distribuída. Por fim, este capítulo mostrará as principais políticas de incentivo para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil.

3.2. PANORAMA NACIONAL

De acordo com o Ministério de Minas e Energia do Brasil (MME, 2017a), a capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil totalizou 151.932 MW no início de 2017. Pela sua base histórica no desenvolvimento do setor elétrico brasileiro, as hidrelétricas possuem um importante papel no mercado de energia renovável, sendo atualmente a principal fonte de geração de energia elétrica (IRENA, 2016a).

Em março de 2017, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possuía quase 208 milhões de habitantes, ocupando a quinta posição de país mais populoso do mundo. Por sua vez, o Ministério de Minas e Energia (MME) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) divulgaram que havia mais de 78 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica no Brasil, em dezembro de 2015. Destas, cerca de 86% correspondem ao setor residencial (IBGE, 2017; MME/EPE, 2016). No Gráfico 10, apresenta-se a participação das fontes na capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil, em abril de 2017.

Gráfico 10 - Participação das fontes na capacidade instalada de geração de energia elétrica, Abr/2017



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de MME (2017a, p.15).

Embora o uso da energia hidrelétrica seja vantajoso em termos de emissões de gases de efeito estufa, as severas secas dos últimos anos expuseram a enorme dependência do país em relação à hidroeletricidade. O sistema brasileiro de fornecimento de eletricidade tem se mostrado vulnerável à escassez de eletricidade e tem exigido uma revisão significativa para enfrentar seus desafios (SILVA; MARCHI NETO; SEIFERT, 2016).

Casagrande Júnior (2015) comenta sobre a falta de chuva suficiente para manter os níveis de água dos reservatórios brasileiros no verão brasileiro de 2014, fato que almejou um descompasso entre a geração de energia elétrica e as demandas do país. Assim, para atender aos setores de consumo, houve a intensificação do uso das usinas termelétricas. Do ponto de vista ambiental, mundialmente, o carvão é o

principal combustível das usinas termelétricas, que além de serem geradoras de gases de efeito estufa, contribuem para o aquecimento global.

Aquila e outros (2017) preocuparam-se em examinar a questão econômica da crise hídrica ocorrida no verão de 2014 no Brasil. Este evento foi um fator determinante no aumento dos preços da eletricidade no mercado e levantou preocupações sobre a capacidade do sistema para garantir que a oferta atendesse demanda de eletricidade.

Ao referir-se às crises de energia elétrica, o Governo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2016) identificou que, em tempos de crise de energia elétrica no país, o aumento dos preços de energia e os receios de um novo racionamento incentivaram o interesse dos consumidores por serviços de eficiência energética e de geração distribuída.

Dos 83 MW da capacidade instalada de geração de energia elétrica a partir da fonte solar no Brasil, cerca de 72,3% são de geração distribuída, o restante é de usinas fotovoltaicas. Sendo que, de janeiro de 2016 a janeiro de 2017, a capacidade de geração de energia nacional a partir da fonte solar fotovoltaica cresceu 290,5% (MME, 2017a).

Apesar da alta taxa de crescimento, a energia solar fotovoltaica ainda é considerada pouco significativa na matriz nacional. Sua utilização é considerada mínima frente aos outros países com maior capacidade de geração fotovoltaica instalada, como China e Alemanha (IRENA, 2017a).

A matriz brasileira de capacidade instalada de geração de elétrica é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil, Abr/2017

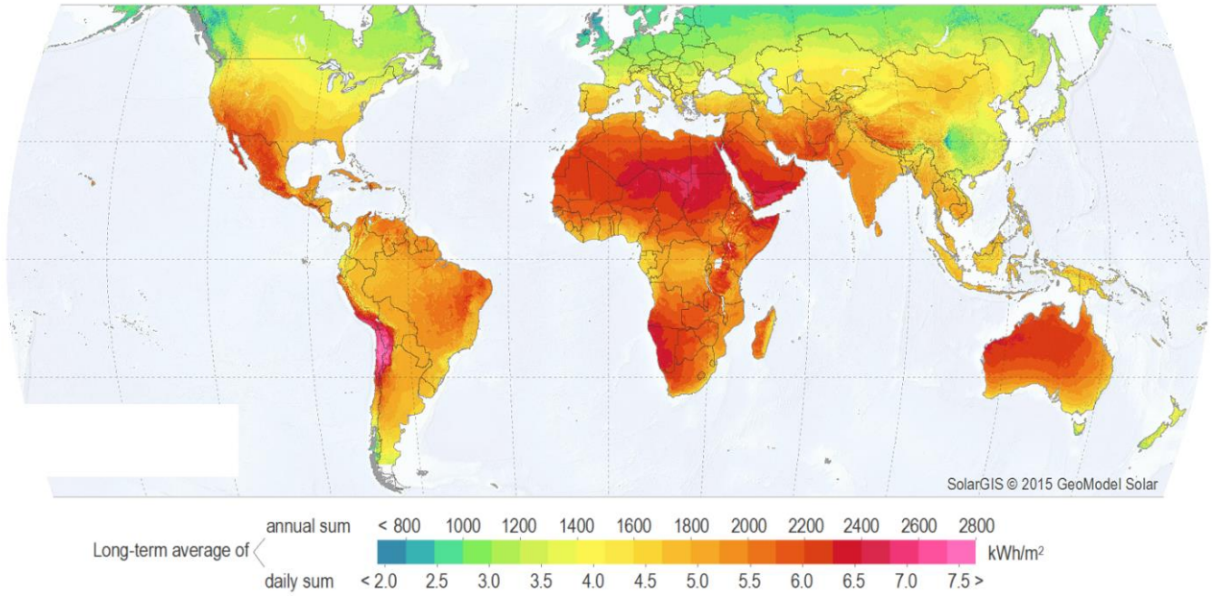
Fonte	Cap. Instalada	Nº usinas	Capacidade inst. (MW)	Capacidade inst. (%)	Evolução da capacidade inst. Abr/2017 - abr/2016
Hidráulica	92.366	1.293	98.110	64,6%	6,2%
UHE	87.066	220	92.605	61,0%	6,4%
PCH + CGH	5.301	1.062	5.498	3,6%	3,7%
CGH GD	-	11	7	0,0%	-
Térmica	41.700	3.042	43.354	28,5%	4,0%
Gás natural	12.439	161	13.009	8,6%	4,6%
Biomassa	13.346	539	10.326	9,4%	6,8%
Petróleo	10.160	2.247	10.295	6,8%	1,6%
Carvão	3.612	23	3.613	2,4%	0,0%
Nuclear	1.990	2	1.990	1,3%	0,0%
Outros	153	30	150	0,1%	-1,8%
Térmica GD	-	40	16	0,0%	-
Eólica	8.521	471	10.374	6,8%	21,7%
Eólica	8.521	423	10.364	6,8%	21,6%
Eólica GD	-	48	10,168	0,0%	
Solar	23	9.175	94	0,1%	309,6%
Solar - fotovoltaica	23	46	25	0,0%	6,9%
Solar GD		9129	69	0,0%	-
Capacidade total sem GD	142.610	4.753	151.829	99,9%	650,0%
Geração distribuída (GD)		9228	103	0,1%	
Total - Brasil	142.610	13.981	151.932	100,0%	6,5%

Fonte: Adaptado (MME, 2017a, p.15).

Devido à sua localização e extensão territorial, o Brasil recebe aproximadamente 1000 MWh de energia solar ao longo do ano (SILVEIRA; TUNA; LAMAS, 2013). Apesar do potencial de radiação solar no Brasil ser considerado elevado em quase todo o território, sua utilização é mínima frente aos outros países com maior capacidade de geração fotovoltaica instalada, como a China e a Alemanha.

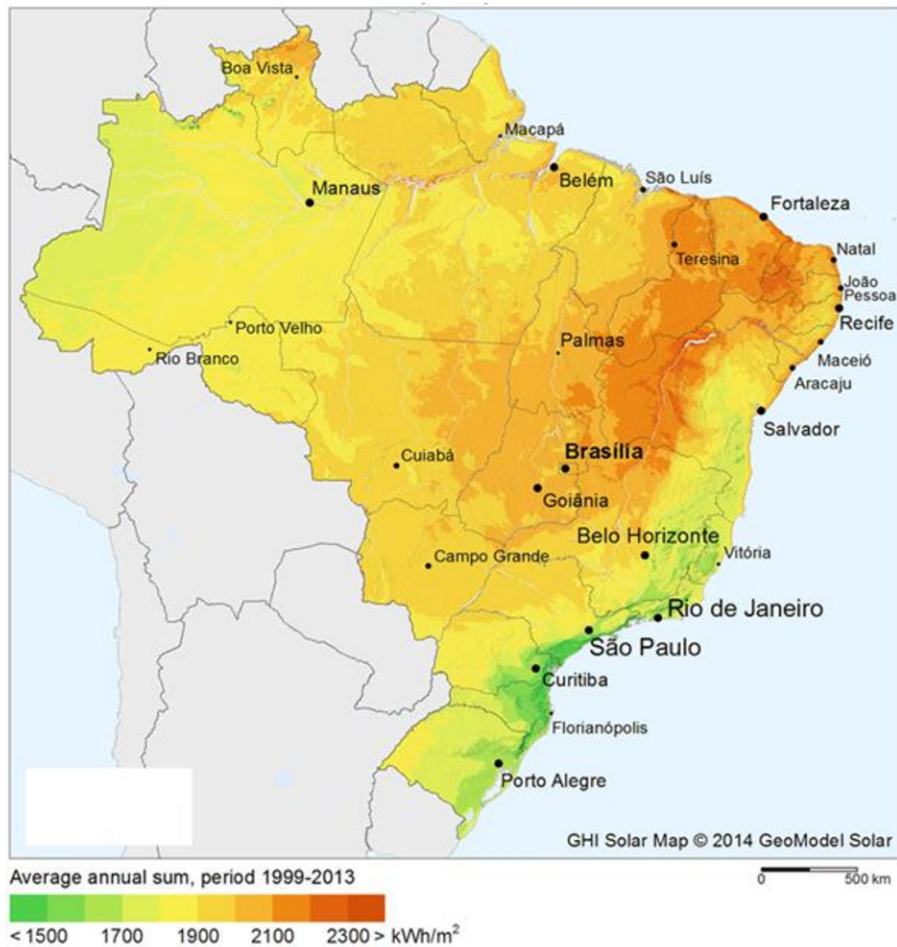
O mapa de irradiação global horizontal no mundo, em 2015, e a média Brasileira entre 1999 a 2013, são apresentados na Figura 16 e na Figura 17.

Figura 16 - Mapa da irradiação global horizontal no mundo



Fonte: SOLARGIS, 2015.

Figura 17 - Mapa da irradiação global horizontal no Brasil, 1999/2013



Fonte: SOLARGIS, 2014.

Segundo Konzen (2016, p. 331), “dadas as condições favoráveis de irradiação solar, é provável que a instalação de plantas fotovoltaicas e heliotérmicas aconteça inicialmente nessas regiões, nas quais pode ser obtido um fator de capacidade mais elevado”. No entanto, praticamente todo território brasileiro é elegível à expansão do aproveitamento do recurso solar (KONZEN, 2016).

Como pode ser visualizado na Tabela 4, o valor máximo de irradiação solar diária média encontrado entre as capitais do Brasil foi de 5,71 KWh/m².dia (quilowatt-hora por metro quadrado), na cidade de Recife, em Pernambuco. Enquanto a menor irradiação solar diária média encontra-se na cidade de Curitiba, com o valor de 3,72 KWh/m².dia.

Tabela 4 - Irradiação solar diária média para as capitais do Brasil, 2016

Irradiação Solar Diária (Média) [kWh/m².dia]			
Aracaju (SE)	5,47	Manaus (AM)	4,92
Belém (PA)	5,05	Natal (RN)	5,66
Belo Horizonte (MG)	4,35	Palmas (TO)	5,04
Boa Vista (RR)	-	Porto Alegre (RS)	4,45
Brasília (DF)	4,93	Porto Velho (RO)	4,56
Campo Grande (MS)	4,93	Recife (PE)	5,71
Cuiabá (MT)	5,10	Rio Branco (AC)	4,46
Curitiba (PR)	3,72	Rio de Janeiro (RJ)	4,57
Florianópolis (SC)	4,24	Salvador (BA)	5,27
Fortaleza (CE)	5,56	São Luiz (MA)	4,91
Goiânia (GO)	5,00	São Paulo (SP)	3,96
João pessoa (PB)	5,50	Teresina (PI)	5,49
Macapá (AP)	5,05	Vitória (ES)	4,88
Maceió (AL)	5,37		

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de CRESESB/CEPEL (2016).

Nota: Não foram encontrados os valores de irradiação solar para a cidade de Boa Vista (RR).

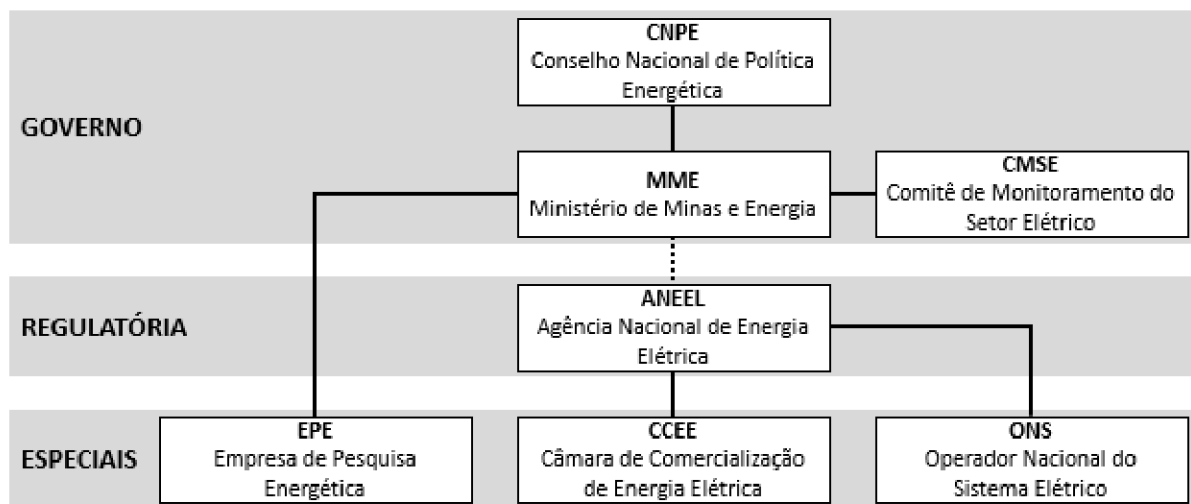
Campos e Moraes (2012) mencionam que a viabilidade em praticamente todo o território brasileiro é considerada uma vantagem da energia solar. Assim, mesmo o Brasil não possuindo uma significativa capacidade instalada de geração de energia solar fotovoltaica, seu potencial de desenvolvimento e aproveitamento é um dos maiores dentre os países que utilizam essa fonte. Entretanto, avaliar somente o

potencial de irradiância solar não captura as perspectivas realistas para a energia solar fotovoltaica. Para entender melhor o cenário atual desta tecnologia no país, é crucial identificar outras variáveis, como por exemplo, o setor elétrico brasileiro, que será apresentado na seção seguinte.

3.3. SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Conforme descrito por Tolmasquim (2015), o setor elétrico brasileiro abrange um complexo conjunto de agentes institucionais, que visam garantir o funcionamento setorial e a modicidade tarifária, a segurança no suprimento e a universalização do acesso. Os agentes institucionais são classificados em três níveis de atividades: de governo, regulatórias e especiais. Na Figura 18, esquematiza-se a estrutura do setor, conforme os agentes.

Figura 18 – Agentes institucionais do setor elétrico brasileiro



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de TOLMASQUIM (2015, p. 31).

As atividades de governo são entendidas como “a expressão política de comando, de iniciativa, de fixação, de objetivos do Estado e de manutenção de ordem jurídica” (TOLMASQUIM, 2015, p. 31). As atividades regulatórias, por sua vez, são entendidas

como “a competência para editar normas abstratas infralegais, adotar decisões discricionárias e compor conflitos num setor econômico” (TOLMASQUIM, 2015, p. 40).

As atividades especiais, por seu turno, englobam “a operação do sistema elétrico e a operacionalização da comercialização de energia, que são desempenhadas por diversas pessoas jurídicas de direito privado atípicas, ou seja, que desempenham funções de interesse público” (TOLMASQUIM, 2015, p. 44).

Com base em Tolmasquim (2015), Neves e Pazzini (2012) e ANEEL (2008), é apresentado a seguir uma breve descrição das competências e atribuições dos agentes que atuam no setor elétrico brasileiro.

- Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) – Órgão de assessoramento vinculado à Presidência da República para formulação de políticas de diretrizes de energia.
- Ministério de Minas e Energia (MME) – Órgão de governo, vinculado à Presidência da República. Principal elemento do CNPE, tendo como competência formular e implantar políticas no setor energético, de acordo com as diretrizes do CNPE.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – É uma autarquia sob regime especial vinculada ao MME. Realiza a regulação e fiscalização da produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, conforme as políticas e diretrizes do governo federal. Embora a ANEEL esteja vinculada ao MME, ela não se reporta ao mesmo. Ela é considerada uma agência reguladora independente, com autonomia de gestão.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – Empresa do MME que tem por finalidade de desenvolver estudos e pesquisas destinadas a subsidiar e apoiar tecnicamente o planejamento do setor energético.
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) – Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos. Viabiliza a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob regulação e fiscalização da ANEEL. A promoção de leilões de compra e venda de energia elétrica, por delegação da ANEEL, é uma das atribuições da CCEE.

- Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) — Entidade de direito privado, sem fins lucrativos. Coordena e controla as atividades do SIN, sob regulação e fiscalização da ANEEL, dentre outras atividades.

Resumidamente, Camilo e outros (2017) esclarecem que o mercado brasileiro de distribuição de energia elétrica é regulamentado pela ANEEL, vinculada ao MME. A ANEEL utiliza duas instituições diferentes para gerenciar o sistema de energia, que são o ONS e a CCEE. Por sua vez, existem na CCEE dois tipos de ambientes de comercialização de energia, o mercado regulado (ACR) e o livre (ACL). As concessionárias no mercado brasileiro devem negociar estritamente no ACR. Para definir a compra de energia, a concessionária deve prever sua demanda para atender à sua base de clientes e posteriormente participar de leilões de energia promovidos pela CCEE para outorgar a carga exigida das empresas de geração.

3.3.1. Comercialização da energia elétrica

O primeiro processo de reforma no setor elétrico brasileiro ocorreu durante a década de 1990. Antes reforma, a estrutura do mercado da indústria de energia elétrica era tradicionalmente dominada por monopólios (VINHAES, 2003).

A reforma de 1990 teve como principais objetivos “atingir as metas de expansão, até então previstas, e ao mesmo tempo aumentar a sua competitividade através de uma maior abertura ao capital privado” (MELLO, 2012, p. 257). No entanto, o processo de reforma foi interrompido por uma severa crise de eletricidade. A ausência de planejamento e a insuficiência do investimento levaram a falhas evidentes que culminaram com um racionamento de energia elétrica entre junho de 2001 e fevereiro de 2002 (ROSA et al., 2013). Do ponto de vista de Tolmasquim (2015, p. 19), uma das causas principais da crise foi a falta de investimento em geração de energia elétrica. Além disso,

[...] a escassez de oferta agravada pela ausência de investimentos na expansão da geração, inviabilizou a competição nas atividades de geração e de comercialização, ou seja, abalou os próprios fundamentos do modelo que se implantava.

As reflexões acerca dos problemas no setor elétrico, levaram a uma revisão do modelo brasileiro. Como resultado, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004 foi criada, lançando um novo marco legal para o setor elétrico (Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro), que fez mudanças significativas no projeto regulatório do setor de energia elétrica. Dentre as principais medidas do Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro, destaca-se a introdução dos leilões para a comercialização da energia elétrica (REGO; PARENTE, 2013).

No universo jurídico, destacam-se as Leis nº 10.847/2004 e 10.848/2004, de 15 de março de 2004, que estabeleceram as bases fundamentais do processo de comercialização. Além dessas, destaca-se o Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, que regulamenta a Lei 10.848/2004 (BRASIL, 2004a, 2004b, 2004c).

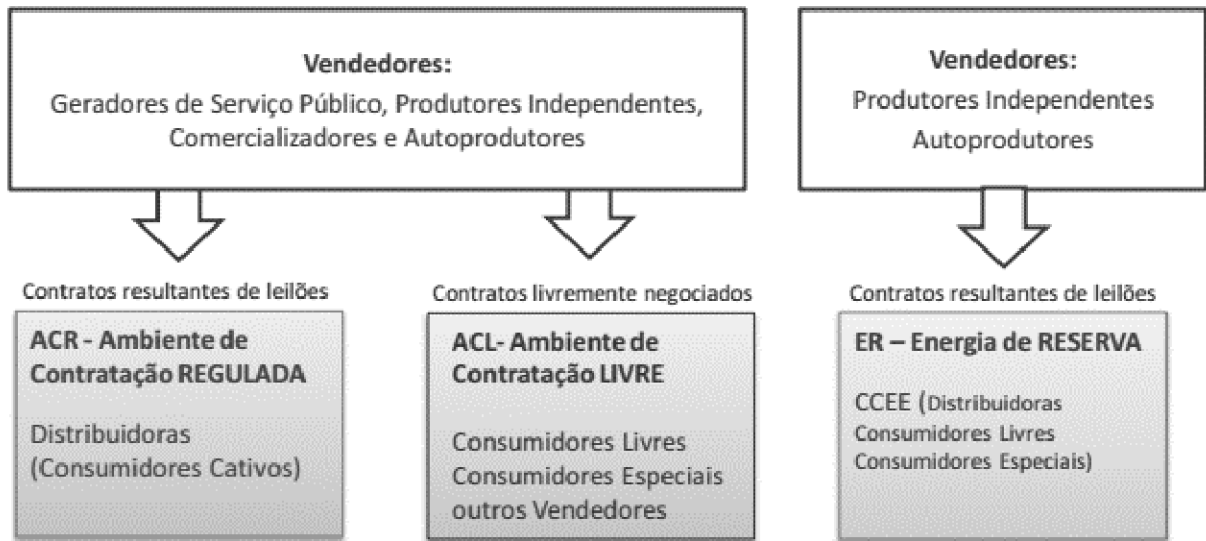
Sobre a reestruturação do setor elétrico brasileiro, Vecchia (2016, p. 1) relata que:

Uma das primeiras etapas determina a desverticalização setorial, passando a serem empresas distintas atuando em geração, transmissão, distribuição e comercialização. Confirmou-se que os serviços de geração e comercialização são suscetíveis às oscilações de mercado, enquanto a transmissão e geração são mais reguladas pelo Estado. Nesta conjuntura de mercado, a prestação de serviços de energia elétrica passa a existir em dois ambientes de contratação, o livre e o regulado.

O Novo Modelo do Setor Elétrico “criou mecanismos para estimular a expansão da geração e, ao mesmo tempo, concretizar o princípio da modicidade tarifária” (TOLMASQUIM, 2015, p. 106). O modelo vigente visa garantir a segurança do suprimento de energia elétrica, promover a modicidade tarifária e promover a inserção social (universalização do atendimento), além de garantir a estabilidade do marco regulatório (NEVES; PAZZINI, 2012).

Para tal fim, fez-se necessário a exigência de contratação de 100% da demanda por parte dos agentes de consumo e de lastro para venda de potência e energia, a separação do mercado de demanda em Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL) e a contratação de energia de reserva (NEVES; PAZZINI, 2012; TOLMASQUIM, 2015). Uma visão geral da participação dos agentes nos ambientes de contratação é apresentada na Figura 19, e as diferenças entre os ambientes ACR e ACL são exemplificadas no Quadro 3.

Figura 19 - Participação dos agentes nos ambientes de contratação



Fonte: FERREIRA (2012, p. 13).

Quadro 3 - Comparação entre os Ambientes de Contratação Livre (ACL) e Regulada (ACR)

	ACL	ACR
Participantes	Geradoras, comercializadoras, consumidores livres e especiais.	Geradoras, distribuidoras e comercializadoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia existente.
Contratação	Livre negociação entre os compradores e vendedores.	Realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da ANEEL.
Tipo de contrato	Acordo livremente estabelecido entre as partes.	Regulado pela ANEEL, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR).
Contratos	Contrato de Compra de Energia Incentivada; Contrato de Compra e Venda de Energia Elétrica no Ambiente de Contratação Livre; Contratos bilaterais; Contratos de Energia de Reserva, firmados entre os agentes vendedores nos leilões e a CCEE e; Contratos de Uso de Energia de Reserva, celebrados entre a CCEE e os agentes de consumo do ACR e do ACL.	Contrato de Geração Distribuída; Contrato de Ajuste; Contrato do Proinfa; Contrato de Uso de Energia de Reserva, celebrados entre a CCEE e os agentes de consumo do ACR e do ACL; Contrato de Energia de Reserva, firmados entre os agentes vendedores nos leilões e a CCEE; Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado e; Contrato de Itaipu.
Preço	Acordado entre comprador e vendedor.	Estabelecido no leilão.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da CCEE (acesso em: 27 mar. 2017).

De acordo com Tolmasquim (2015), os contratos de compra e venda de energia elétrica apresentam características próprias. No entanto, salvo exceções da contratação de energia de reserva e da energia convencional não especial⁸, “todos os contratos, independentemente do ambiente de comercialização, são considerados no processo de contabilização, compondo lastro de cada agente” (TOLMASQUIM, 2015, p. 115).

No Brasil, em termos de comercialização de energia elétrica no ambiente de contratação regulada, os leilões de energia elétrica são aqueles que ofertam energia ao menor valor, ou seja, do tipo holandês (REGO, 2013). Do ponto de vista de Neves e Pazzini (2012, p. 142), “tal sistemática tem-se mostrado bem-sucedida ao longo dos anos, ocorrendo acirradas disputas no certame” (NEVES; PAZZINI, 2012, p.142).

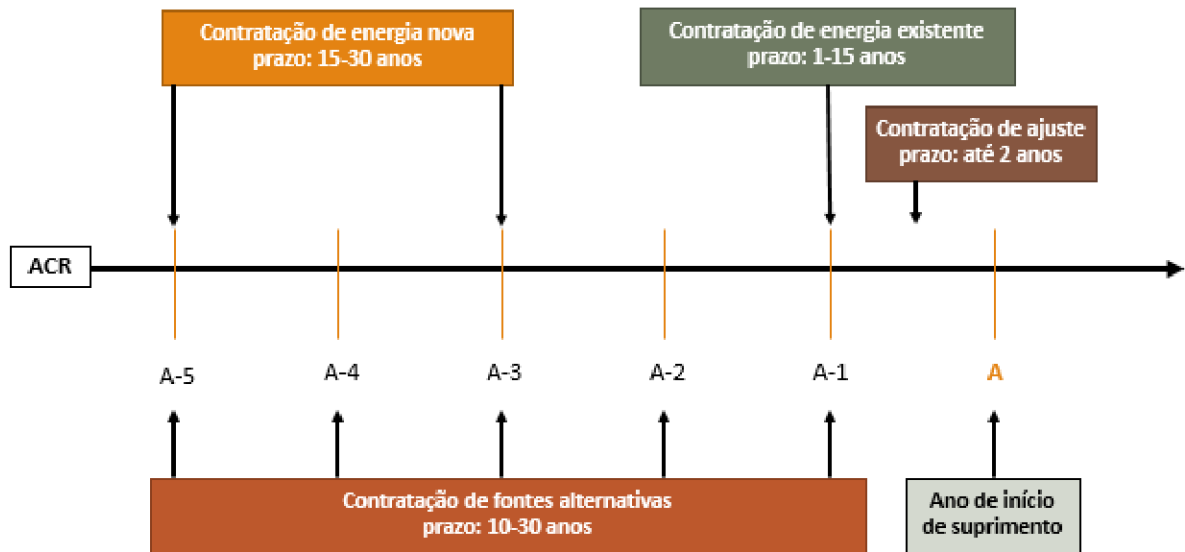
Além disso, cabe ressaltar que, os leilões no ACR são divididos em dois tipos: leilões regulares e leilões de energia nova. Nas palavras de Tolmasquim (2015, p. 122):

o conceito que sustenta a distinção entre leilões de energia nova e leilões de energia existente é a expectativa quanto à diferença de preços, pois empreendimentos novos necessitam amortizar os investimentos na construção da usina, enquanto os custos de empreendimentos existentes são, em geral, limitados aos custos de operação e manutenção da usina. Como a energia de novos empreendimentos é em geral mais cara do que a dos empreendimentos existentes, a competição entre empreendimentos existentes e novos, em uma mesma licitação, poderia comprometer o desenvolvimento de novos empreendimentos e, por conseguinte, a expansão do sistema.

A lógica temporal dos eventos de contratação de energia no ambiente de contratação regulada é exposta na Figura 20.

⁸ CCEE (2013, p. 6) define que a energia convencional não especial é a “energia oriunda de empreendimentos não enquadrados como de Energia Incentivada Especial e Energia Convencional Especial”.

Figura 20 – Eventos de contratação de energia no ACR



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Tolmasquim (2015).

Como esquematizado na Figura 20, a letra “A” é considerada o ano de início de suprimento de energia. De acordo com Ribeiro (2015, p. 29),

no quinto ano anterior ao ano “A” (chamado ano A – 5), é realizado o leilão para compra de energia de novos empreendimentos de geração. No terceiro ano anterior ao ano “A” (chamado ano A – 3), é realizado o leilão para aquisição de energia de novos empreendimentos de geração. No ano anterior ao ano “A” (chamado ano A – 1), é realizado o leilão para aquisição de energia de empreendimentos de geração existentes.

Em síntese, a energia nova visa à expansão da oferta, a energia existente visa à renovação dos contratos que vencem (GUIMARÃES, 2006). Tolmasquim (2015, p. 123) acrescenta que “como recurso adicional e individualizado para a cobertura de déficits contratuais (lastro contratual inferior à carga) remanescentes, cada distribuidor pode comprar energia de geração distribuída em sua área de concessão”.

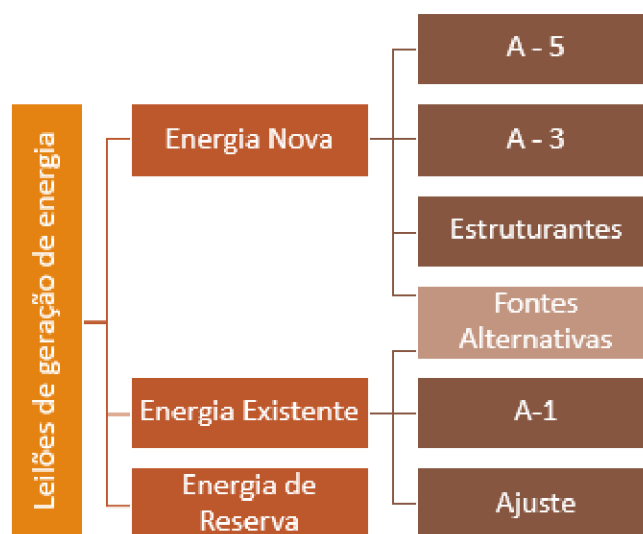
Em suma, no Novo Modelo do Setor Elétrico, o Estado retomou o papel de planejamento no setor de energia e as empresas de distribuição foram obrigadas a negociar contratos de longo prazo por meio de leilões competitivos de energia elétrica, tema central do segundo processo de reforma. Atualmente, o desafio iminente para o setor de energia brasileiro é fornecer eletricidade a um mercado em contínuo crescimento a preços acessíveis e manter uma matriz de energia limpa (ROSA et al., 2013).

3.3.2. Leilões para contratação de energia elétrica

De acordo com ANEEL (2016a), os leilões de geração de energia elétrica promovem a concorrência entre os agentes do setor, reduzem os custos e prazos para construções de novas instalações e beneficiam o consumidor por meio da modicidade tarifária. Além disso, a pressão concorrencial articulada pelos leilões objetiva o ajuste das condições a preços competitivos.

De acordo com o Instituto Acende Brasil (2012), os leilões de energia elétrica são considerados elementos essenciais da nova legislação do Setor Elétrico Brasileiro. Embora os leilões sejam considerados uma simples negociação de produtos, sua comercialização exige uma complexa regulamentação. Os tipos de leilões de energia no Brasil estão esquematizados na Figura 21.

Figura 21 - Tipos de leilões de geração de energia no Brasil



Fonte: Adaptado (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012, p. 3).

Os leilões no ambiente de contratação regulada possuem três objetivos principais: contratar energia pelo menor preço possível, modicidade tarifária; atrair investidores para construção de novas usinas com vistas à expansão da geração; e reter a geração existente (ANEEL, 2016b). Os principais tipos de leilões de geração de energia elétrica são destacados a seguir.

- Leilão de Energia Nova (LEN) — de acordo com Instituto Acende Brasil (2012, p. 3), “são instrumentos pelos quais o governo promove a expansão do parque gerador para atender ao crescimento da demanda referente ao mercado regulado”. Esse tipo de leilão possui como finalidade atender à expansão da demanda das distribuidoras de energia no SIN (NEVES; PAZZINI, 2012).
- Leilão de Energia Existente (LEE) — tem como principal objetivo “promover a recontração de energia de contratos que vencem ao longo dos anos” (NEVES; PAZZINI, 2012, p. 143). Segundo ANEEL (2016c), o início da entrega de energia geralmente dá-se um ano após a Portaria que instituiu o leilão.
- Leilão de Energia de Reserva (LER) — tem como objetivo “a segurança de suprimento de energia, pois não agregam lastro comercial para venda aos agentes de consumo” (TOLMASQUIM, 2015, p. 168). ANEEL (2016c) acrescenta que a contratação da energia de reserva é realizada com energia proveniente de usinas especialmente contratadas para esta finalidade, seja de empreendimentos novos ou existentes. Instituto Acende Brasil (2012, p. 7) destaca que “a contratação de Energia de Reserva também tem sido utilizada para implementar outras políticas energéticas, como a promoção de fontes específicas na matriz elétrica”.
- Leilão de Ajuste (LA) — propõe-se a adequar a contratação de energia pelas distribuidoras, tratando eventuais desvios naturais da diferença entre as previsões feitas de distribuidoras em leilões anteriores e o comportamento de seu mercado. Seus contratos são, geralmente, de curta duração (ANEEL, 2016c).
- Leilão de Fontes Alternativas (LFA) — buscam ampliar a participação de fontes renováveis na matriz energética nacional, através de empreendimentos exclusivos das seguintes fontes: biomassa, eólica e pequenas centrais hidrelétricas (TOLMASQUIM, 2015). Conforme Instituto Acende Brasil (2012), os leilões de fontes alternativas podem ser empregados para a contratação de energia proveniente de empreendimentos novos ou existentes.
- Leilões estruturantes (LE) — destinam-se à compra de energia proveniente de projetos de geração indicados por resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e aprovados pelo presidente da República (ANEEL, 2016c).

3.3.3. Contratação da geração distribuída

O Ministério de Minas e Energia (MME) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) adotam a definição da geração distribuída como aquela “localizada próxima ao consumidor final, cuja instalação objetiva seu atendimento prioritário, podendo ou não gerar excedentes energéticos comercializáveis para além das instalações do consumidor final” (MME/EPE, 2015, p. 372).

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 foi criada com o objetivo de reduzir as barreiras para a penetração da geração distribuída de pequeno porte. Dentre as medidas estabelecidas através desta Resolução, destacam-se o regime de compensação de energia elétrica no Brasil, a inclusão de uma nova seção ao módulo relativo ao acesso ao sistema de distribuição de energia elétrica, o estabelecimento dos patamares mini e microgeração distribuída, dentre outras medidas. Em 2015, foi publicada a Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015, que alterou Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (ANEEL, 2012a, 2015).

Segundo EPE (2016a), a qualificação como geração distribuída está diretamente ligada ao tipo de energia gerada e à potência instalada do equipamento, sendo:

- Microgeração distribuída — central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- Minigeração distribuída — central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Geralmente, as unidades consumidoras de pequeno porte (micro e minigeração distribuída) estão associadas às instalações residenciais e comerciais. As unidades

consumidoras de grande porte, por sua vez, estão associadas às indústrias (EPE, 2016a).

Por sua vez, as principais alterações da Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 em relação a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 podem ser observadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Principais alterações da REN nº 687/2015 em relação à REN nº 482/2012

REN nº 482/2012	REN nº 687/2015
Microgeração distribuída era definida com potência instalada menor ou igual a 100 kW e a minigeração distribuída com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW.	Microgeração distribuída com potência instalada menor ou igual a 75 kW e a minigeração distribuída com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW.
No sistema de compensação de energia elétrica, a energia ativa gerada por unidade consumidora distribuída (microgeração ou minigeração) é cedida, através de empréstimo gratuito, à distribuidora local e após é compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo CPF ou CNPJ junto ao Ministério da Fazenda.	No sistema de compensação de energia elétrica, a energia ativa gerada por unidade consumidora distribuída (microgeração ou minigeração) é cedida, através de empréstimo gratuito, à distribuidora local e após é compensada com o consumo de energia elétrica ativa.
Ficava a cargo da distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades geradoras junto aos micros e minigeradores distribuídos e envio dos dados à ANEEL.	Compete a distribuidora a responsabilidade pela coleta e envio à ANEEL das informações para registro de microgeração e minigeração distribuída.
Ficava a cargo da distribuidora a realização de todos os estudos para a integração de micro e minigeração distribuída, sem ônus ao acessante, bem como as informações à central geradora sobre os dados necessários à elaboração dos estudos que deviam ser apresentados quando da solicitação de acesso.	Fica a cargo da distribuidora a realização de todos os estudos para a integração de micro e minigeração distribuída, sem ônus ao acessante.

Fonte: Adaptado (ANEEL, 2015).

Além das alterações da Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 apresentadas no Quadro 4, destacam-se:

- Ampliação do limite da potência;
- Reajustes nas tarifas de energia elétrica;
- Redução nos custos para conexões;

- Aperfeiçoamento das informações na fatura;
- Ampliação e aumento do público alvo;
- Créditos calculados com base integral e de até 60 meses e,
- Compatibilização do sistema de compensação de energia elétrica com condições previstas, conforme Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010, permitindo que moradores de um mesmo condomínio, ou pessoas que morem em uma área próxima, possam instalar conjuntamente um sistema fotovoltaico através de painéis compartilhados, entre outros favorecimentos (ANEEL, 2010, 2015a).

3.4. POLÍTICAS DE INCENTIVO À ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Segundo Melo, Jannuzzi e Bajay (2016), a importância da diversificação da matriz elétrica foi ignorada no Brasil até a crise do suprimento de energia ocorrida no ano de 2001. A alta dependência de usinas hidrelétricas, sujeitas a períodos de seca e à ausência de um planejamento energético adequado, levaram o país a sofrer um *déficit* no fornecimento de eletricidade. Após a crise, foram tomadas algumas medidas de eficiência energética e de estímulo às fontes renováveis de energia elétrica no país.

Conforme Wanderley e Campos (2013), o uso da energia solar fotovoltaica no país contou com algumas iniciativas voltadas para a eletrificação rural, através de concessionárias e instituições, como por exemplo: Programa Luz Solar, em Minas Gerais; Programa Luz do Sol, no Nordeste; Programa Nacional de Eletrificação Rural, também conhecido como Luz no Campo.

Entretanto, somente em 1994, com o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), a energia solar fotovoltaica foi incorporada à matriz energética brasileira. Uma das principais tecnologias incentivadas pelo PRODEEM foi a solar fotovoltaica, através de sistemas de geração de energia elétrica, sistemas de bombeamento de água e sistemas de iluminação pública. Em 2003, o

PRODEEM passou por um processo de revitalização e tornou-se parte integrante do Programa “Luz Para Todos” (WANDERLEY; CAMPOS, 2013).

Conforme literatura já apresentada, as políticas de incentivo às energias renováveis podem ser categorizadas de várias maneiras e não existe uma lista acordada globalmente de opções ou agrupamento.

Para efeitos de simplificação, esta seção organizará as políticas de incentivo para as fontes de energias renováveis no Brasil, assim como as políticas específicas para a energia solar fotovoltaica de geração distribuída e centralizada, nas seguintes categorias: incentivos fiscais, políticas regulatórias e financiamento público.

3.4.1. Incentivos fiscais

3.4.1.1. Descontos

Os programas de desconto tornam-se mais eficazes quando o montante do desconto é adaptado às condições atuais do mercado e das políticas de incentivo, quando eles são combinados com um conjunto claro de objetivos e, quando usados para avançar as tecnologias desde o estágio do protótipo até a produção em massa. Os abatimentos automáticos para projetos elegíveis podem ser especialmente valiosos para instalações fotovoltaicas de menor escala que enfrentam barreiras de custo de investimento (MITCHELL et al., 2012) No Brasil, a taxa de desconto concedida nos sistemas fotovoltaicos varia conforme o Estado.

Em Santa Catarina, foi criado o Projeto Bônus Fotovoltaico, que possui como proposta instalar sistemas fotovoltaicos com potência de 2,6 kWp, em mil residências no estado, até o final de 2017. O programa faz parte do Programa Eficiência Energética da Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (CELESC, 2017).

No que concerne aos mecanismos de descontos em âmbito nacional, cabe destacar a Resolução Normativa nº 481/2012, que criou o programa de desconto na Tarifa de

Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) para usinas solares, fotovoltaicas ou termosolar, com até 30 MW de potência. O desconto é de 80% para os empreendimentos que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017, aplicável nos dez primeiros anos de operação, sendo reduzido para 50% após o décimo ano de operação da usina (ANEEL, 2012b).

Além dos programas de descontos mencionados, há o IPTU Verde (Imposto Predial Territorial Urbano). O desconto é um tipo de incentivo fiscal que oferece a redução no valor do IPTU. Ele é utilizado por algumas cidades do Brasil, com o objetivo de incentivar práticas sustentáveis, dentre elas, a utilização de eletricidade gerada por sistema fotovoltaico (DANTAS, 2014). Segundo Ecoeficientes (2013), os descontos concedidos variam, de acordo com as cidades, de 5% a 20%.

3.4.1.2. Isenções fiscais

Em 1997, o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) criou o Convênio ICMS nº 101/1997, que isenta o ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia solar e eólica em todos os Estados. Na energia solar, os geradores fotovoltaicos estão entre os equipamentos que o Convênio ampara. A última modificação do Convênio foi realizada em 2014, através do Convênio ICMS nº 10/2014 (CONFAZ, 1997, 2014).

Em maio de 2007, foi criado o programa de Apoio ao Desenvolvimento da Indústria de Semicondutores (PADIS), através da Lei nº 11.484/2007, atualizada pelo Decreto nº 6.233/2007 (BRASIL, 2007a, 2007b). O PADIS isenta o pagamento de impostos e contribuições federais, a produção de materiais semicondutores, incluindo as células e os módulos fotovoltaicos.

Em junho de 2007, foi criado o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), através da Lei Federal nº 11.488/2007. O incentivo fiscal oferecido pelo REIDI consiste na suspensão da incidência das contribuições para PIS e COFINS, no caso de venda ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos

e equipamentos novos, de materiais de construção e de serviços utilizados e destinados a obras de infraestrutura, entre as quais se enquadram as usinas geradoras de energia solar, destinadas ao ativo imobilizado. O benefício vale por cinco anos, contando a partir da habilitação do titular do projeto (BRASIL, 2007c).

Em abril de 2013, foi aprovado o Convênio ICMS nº 6/2013, que determina a incidência do ICMS sobre o consumo bruto de eletricidade procedente da distribuidora, antes de qualquer compensação própria. O Convênio estabelecia que o imposto seria contabilizado em toda a energia que chegasse ao consumidor pela distribuidora, desconsiderando a compensação de energia produzida pelo sistema fotovoltaico (CONFAZ, 2013).

Embora o Convênio ICMS nº 6/2013 tenha sido aplicado pela grande maioria dos estados brasileiros⁹, existiam desequilíbrios em sua base de cálculo do ICMS. De acordo com ANEEL (2016d, p. 13), “a alíquota aplicável do ICMS incidiria sobre toda a energia consumida no mês”. Após acordos, o Convênio ICMS nº 6/2013 foi revogado, em 2015, pelo Convênio ICMS nº 16/2015.

O Convênio ICMS nº 16/2015 autoriza os estados a conceder a isenção nas operações internas associadas à circulação de energia elétrica, sujeitas ao faturamento sob o sistema de compensação de energia. Neste caso, o ICMS incide apenas sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede naquele mês (CONFAZ, 2015).

Em maio de 2017, havia 23 Unidades da Federação que aderiram ao Convênio ICMS nº 16/2015, sendo 22 Estados e o Distrito Federal. O último Estado que aderiu ao Convênio foi o Amapá, restando somente a adesão de Amazonas, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina, conforme demonstrado na Tabela 5 e na Figura 22.

⁹ Dentre os estados brasileiros, somente o estado do Minas Gerais não aderiu ao Convênio ICMS nº 6/2013. “Nesse estado, através da lei nº 20.824, de 31 de julho de 2013, determinou-se que pelos primeiros cinco anos de geração a base de cálculo do imposto será o consumo líquido” (EPE, 2014a, p. 11).

Tabela 5 - Adesões ao Convênio ICMS nº 16/2015

Ano de adesão	Estados
2015	Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Distrito Federal, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, São Paulo e Tocantins.
2016	Mato Grosso do Sul, Pará, Paraíba, Piauí, Rondônia, Roraima e Sergipe.
2017*	Amapá.

Fonte: Elaborado a partir de dados de CONFAZ (2015).

Nota: * Levantamento de dados obtidos até abril de 2017.

Figura 22 - Estados Brasileiros que ainda não aderiram ao Convênio ICMS nº 16/2015



Fonte: Elaborado a partir de dados de CONFAZ (2015).

Ressalta-se que, nos Estados que não aderiram ao Convênio ICMS nº 16/2015, o valor do ICMS é cobrado sobre todo o consumo. Embora alguns estados ainda não tenham aderido ao Convênio ICMS nº 16/2015, é possível encontrar outras medidas de isenção. Segundo a Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo (ARSP, 2015), o Espírito Santo, por exemplo, isenta o ICMS sobre a fabricação e a comercialização de painéis solares fotovoltaicos (ARSP, 2015)¹⁰.

¹⁰ Em setembro de 2016, através da Lei Complementar nº 827/2016, a Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE) se juntou à Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo (ARSI), formando a Agência de Regulação de Serviços Públicos (ARSP) (ESPÍRITO SANTO, 2016a, 2016b).

3.4.2. Políticas regulatórias

3.4.2.1. PROINFA

Em 2002, visando a redução da dependência excessiva do sistema em grandes hidrelétricas, foi criada a Lei nº 10.438/2002 que instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) (BRASIL, 2002).

Até 2001, não havia incentivos favoráveis às energias renováveis não convencionais no país¹¹ e, portanto, era considerado difícil para os empreendedores de pequenos projetos se estabelecerem no mercado. Foi somente com a criação do PROINFA que o Brasil realmente começou a executar uma política voltada para o setor de energia renovável, que continha maior amplitude e repercussões internacionais (AQUILA et al., 2017).

O PROINFA foi dividido em duas fases: a primeira, com a implementação de projetos em curto prazo e; a segunda, com projetos em médio prazo. Na primeira fase, o Programa teve como meta inserir 3,3 GW de capacidade produzida pelas fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. A contratação dos projetos selecionados e a administração da conta PROINFA¹² ficou a cargo da Centrais Elétricas Brasileiras S.A (ELETROBRAS) (DUTRA, 2007; AQUILA et al., 2017).

Em 2004, mudanças ocorreram após a reforma do setor elétrico brasileiro. O Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro teve como base a segurança energética, a modicidade tarifária e a inserção social. Como descrito por Mello (2012), as mudanças no Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro buscam fornecer a suficiência na geração de energia elétrica, a eficiência na contratação de energia e a transparência na definição do preço repassado ao consumidor. Em conjunto, essas medidas buscam garantir a expansão da geração de forma eficiente.

¹¹ Em 2001, foi criado o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA), que tinha como objetivo a implantação de 1.050 MW de potência eólica no SIN, até o final de 2003. Entretanto, de acordo com Campos e Moraes (2012, p. 77), “o programa falhou em seu objetivo, dentre outros motivos, pelo curto prazo que os investidores tinham para conseguir os benefícios e também pela falta de regulamentação apropriada [...]”.

¹² A conta do PROINFA é regulamentada e fiscalizada pela ANEEL (DUTRA, 2007).

Conforme Dutra (2017), em substituição ao modelo anterior, a modicidade tarifária se dará através de leilões públicos. Assim, a segunda fase do PROINFA foi marcada pela adoção de leilões para comercialização da energia elétrica.

O contexto regulatório projetado para garantir a segurança de suprimento combina ações que buscam tanto garantir que a demanda de eletricidade pelo mercado encontre a capacidade correspondente de geração pelo lado da oferta, quanto estabelecer mecanismos de controle e monitoramento por parte do Estado brasileiro para assegurar que o mercado funcione de forma adequada. Com o objetivo de prover a participação de fontes alternativas renováveis (energia eólica, solar, de biomassa e de pequenas centrais hidrelétricas), uma parcela dos montantes de energia a serem contratados nos processos de licitação a serem realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica será destinada a essas fontes. A cota destinada a fontes alternativas de energia também está limitada a um limite de impacto tarifário anual e acumulado do período ao usuário final (DUTRA, 2007, p. 197).

Ainda segundo Dutra (2007), além de participarem do sistema de leilão, as fontes alternativas renováveis também deverão competir entre si pela parcela do mercado estipulada pelo MME.

Nesse sentido, Aquila e outros (2017) apontam que o bom desempenho da energia eólica nos leilões de longo prazo mostrou o potencial recente da fonte para competir com outras fontes sem subsídios, o que era improvável antes do PROINFA. Esse fato motivou a adoção de leilões como meio de contratação de empreendimentos eólicos, bem como outras fontes de energias alternativas renováveis que participam do PROINFA.

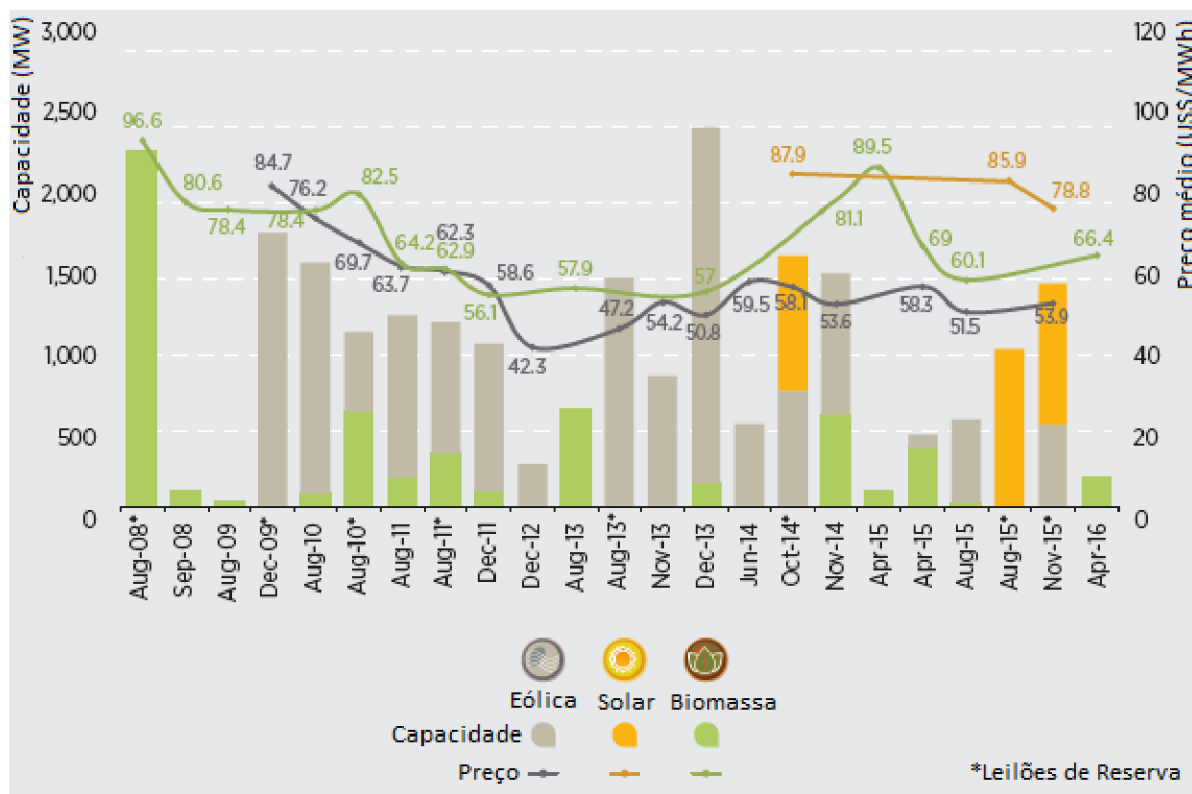
3.4.2.2. Leilões de energia de reserva

Conforme literatura apresentada, os LER foram concebidos como um mecanismo através do qual o governo pode contratar energia suplementar (ou excedente) para aumentar a margem de reserva do sistema. Na prática, eles foram utilizados para implantar a geração renovável, excluindo as grandes hidrelétricas.

No Brasil, os LER foram realizados todos os anos desde 2008, exceto em 2012. Eles foram exclusivos para tecnologias de energia renovável, que cobrem a energia solar

fotovoltaica, a eólica, as PCHs e a biomassa (IRENA, 2017d). Os resultados da capacidade contratada e preços médios dos Leilões de Energia de Reserva no Brasil, entre 2008 e 2016, podem ser visualizados na Figura 23.

Figura 23 - Capacidades contratadas e preços médios resultantes dos Leilões de Energia de Reserva no Brasil, 2008/2016



Fonte: Adaptado (IRENA, 2017d, p. 51).

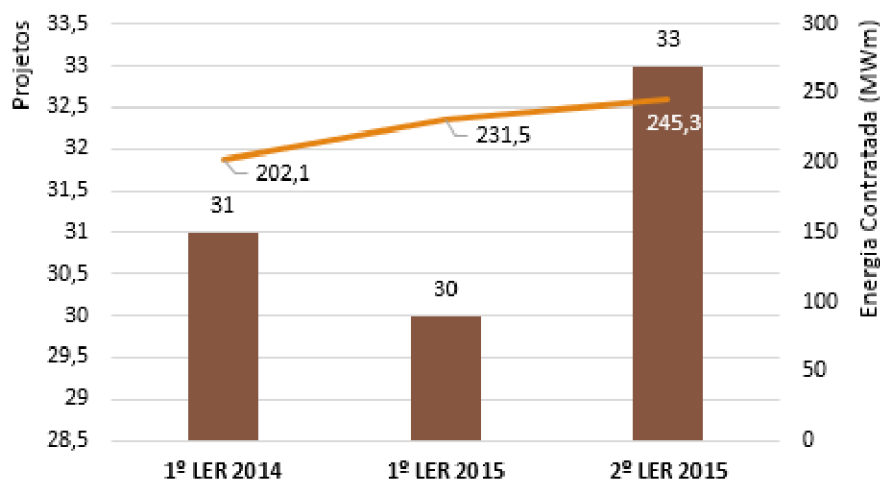
Conforme visto na Figura 23, em 2008 e em 2009 os LERs foram específicos da biomassa e da energia eólica, respectivamente, e 2015 ocorreu um leilão exclusivo para a energia solar fotovoltaica. Contudo, outros LERs permitiram a participação de múltiplas tecnologias de energia renovável, embora nem sempre em competição direta (IRENA, 2017d).

Em 2013, os projetos de usinas fotovoltaicas foram habilitados para participarem do Leilão de Energia Nova daquele ano. No entanto, em decorrência da falta de competitividade frente às outras fontes, não houve contratação (TOLMASQUIM).

Ao final de 2014, ocorreu a entrada em grande escala da energia solar fotovoltaica no Brasil, através do Leilão de Energia de Reserva (LER), onde foi fomentado mais de R\$ 4 bilhões em projetos de usinas fotovoltaicas, garantindo a contratação de 890 MW (TOLMASQUIM, 2015; KONZEN, 2016).

A energia solar participou de três LERs, o primeiro em 2014 e outros dois em 2015 (EPE, 2014b, 2015a, 2015b). Os resultados da primeira participação da energia solar fotovoltaica no LER foram positivos, facilitando assim o desenvolvimento do mercado fotovoltaico no país nos outros LERs que sucederam. Um resumo desses resultados pode ser observado no Gráfico 11.

Gráfico 11 – Evolução da contratação da energia solar fotovoltaica nos Leilões de Energia de Reserva, por projetos e energia contratada



Fonte: Elaborado a partir de dados de CCEE (2015).

Em setembro de 2016, ocorreu o 1º LER daquele ano, através do qual houve contratação somente projetos de Pequenas Centrais Elétricas (PCHs) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs). O 2º LER de 2016 estava previsto para 19 de dezembro. No entanto, faltando apenas cinco dias para o evento, o MME publicou a Portaria nº 705, de 14 de dezembro de 2016, que cancelou o certame (EPE, 2016b).

De acordo com EPE (2016a) a redução nas projeções de carga de energia elétrica para os próximos anos foi determinante para o cancelamento do 2º LER de 2016. As novas projeções indicam uma redução de 3.480 MWm na carga de energia anteriormente prevista para 2019, ano de início da entrega da energia que seria comercializada no 2º LER de 2016.

Em virtude da incerteza da entrada em operação dos novos projetos de energia elétrica, o Governo Federal autorizou a realização do Leilão de Descontratação de projetos de energia de reserva, através do Decreto nº 9.019, de 30 de março de 2017, uma disputa, até então, inédita no país (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

O Leilão de Descontratação foi criado visando desfazer os contratos das empresas que são contratualmente obrigados a entregar projetos de nova geração de energia elétrica, mas não conseguem fazê-lo, principalmente devido à desvalorização da moeda local e ao aumento nos custos de financiamento (IRENA, 2017d).

De acordo com as diretrizes do Decreto, os empreendimentos de geração cuja energia elétrica tenha sido contratada pelo Leilão de Energia de Reserva poderão desistir de projetos, mediante realização de mecanismo competitivo, desde que tenham contratos vigentes e que a usina ainda não tenha iniciado operação em teste. Ressalta-se que, as empresas ganhadoras terão que pagar um prêmio para abrir mão do projeto (MME, 2017b).

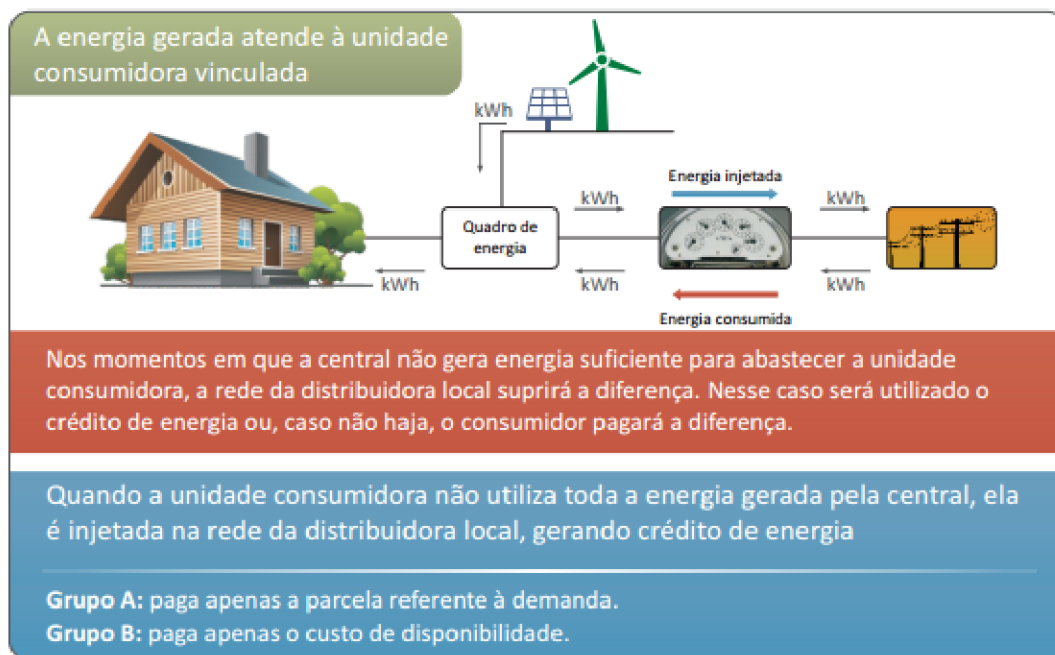
De acordo com MME (2017, acesso em 01 jul. 2017), “o certame será executado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), após publicação de edital pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)¹³”.

3.4.2.3. *Net metering* e geração distribuída

Instituído pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 e atualizado pela Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015, o sistema *net metering* é conhecido no Brasil como “Sistema de Compensação de Energia Elétrica” (ANEEL, 2012a, 2016d). Em síntese, segundo ANEEL (2016d, p.15), “esse sistema permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora como micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma bateria, armazenando esse excedente”. A ilustração do sistema de compensação de energia elétrica pode ser observada na Figura 24.

¹³ Até junho de 2017, o edital do Leilão de Descontratação e o montante a ser descontratado não haviam sido divulgados. Logo, essas informações não estão presentes nesta dissertação.

Figura 24 - Sistema de Compensação de Energia Elétrica



Fonte: ANEEL (2016d, p.16).

A ANEEL (2016d, p. 15) acrescenta que,

quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes.

Há ainda a possibilidade de o consumidor utilizar esses créditos em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão, caracterizadas como autoconsumo remoto e geração compartilhada ou empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras. ANEEL (2016d, p. 15-16) apresenta as seguintes definições:

Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada;

Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios): caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento.

Por fim, cabe ressaltar, que é proibido vincular o valor da locação com a energia gerada, pois caracteriza comercialização de energia elétrica. Conforme adverte o Art. 6-A da Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 (ANEEL, 2015, p. 5), que diz:

A distribuidora não pode incluir os consumidores no sistema de compensação de energia elétrica nos casos em que for detectado, no documento que comprova a posse ou propriedade do imóvel onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída, que o consumidor tenha alugado ou arrendado terrenos, lotes e propriedades em condições nas quais o valor do aluguel ou do arrendamento se dê em reais por unidade de energia elétrica.

3.4.2.4. Certificados e cotas de energias renováveis

Em 2012, foi criado o Certificado e Selo de Energia Renovável no Brasil, pela empresa Totum, em parceria com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) e com a Associação Brasileira de Energia Limpa (Abragel) (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2017).

Como caracteriza o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013), o certificado é destinado a empreendimentos de geração de energia renovável que cumprirem todos os requisitos ambientais e socioeconômicos do programa, a nível nacional. Por sua vez, o selo é conferido aos consumidores que tiverem a energia certificada.

Dentre as fontes elegíveis pelo Programa, estão as pequenas centrais hidrelétricas, a energia eólica, a biomassa e a energia solar. Cada Certificado de Energia Renovável é equivalente a 1 MWh de eletricidade produzida a partir de fontes renováveis de energia. Em 2014, os Certificados de Energias Renováveis brasileiros tiveram o

reconhecimento internacional, concedido pelo *Green Building Council*, órgão que certifica mundialmente edificações verdes (SELO ENERGIA EÓLICA, acesso em: 06 mai. 2017).

Conforme São Paulo (2017), em 2014 foram negociados 244 certificados, em 2015 foram 13.462, em 2016 foram emitidos 107.543 certificados. A expectativa para o final de 2017 é que sejam transacionados aproximadamente 1 milhão de certificados.

Além dos certificados, outro tipo de mecanismo adotado no país, são as metas. Dentre os compromissos assumidos, durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris, destacam-se:

- Participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética, até o ano de 2030;
- Expansão de 28% a 33% no uso de fontes renováveis não convencionais na matriz energética total, até o ano de 2030; e
- Aumento para ao menos 23% da parcela de energias renováveis não convencionais no fornecimento de energia elétrica, até o ano de 2030, destacando inclusive a participação de eólica, biomassa e solar (epe, 2016c).

Como descrito por EPE (2016b, p. 21), “não é aumentar a renovabilidade da sua matriz energética, mas manter a alta proporção de energias renováveis, com maior inclusão das chamadas “novas renováveis”, em um contexto de crescimento do consumo de energia até 2030.

3.4.3. Financiamento público

3.4.3.1. ProGD

O Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída (ProGD) foi criado ao final de 2015, objetivando ampliar e aprofundar ações de incentivo à geração distribuída, usando como fonte as energias renováveis, especialmente a solar fotovoltaica. O

programa pretende investir aproximadamente R\$ 100 bilhões em investimentos, até o final de 2030. Entre as ações que serão abordadas pelo projeto, destacam-se o incentivo aos fabricantes dos equipamentos, a criação e expansão de linhas de crédito e de financiamento de componentes e equipamentos, a atração de investimentos tanto nacionais quanto internacionais e o fomento à capacitação de recursos humanos para atuar na cadeia produtiva (MME, 2015).

3.4.3.2. BNDES

Outro incentivo no Brasil, incluído pelo PROINFA, é a linha de crédito ofertada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para empreendimentos de geração de energia por fontes renováveis alternativas. Inicialmente, os fabricantes participantes nos leilões de energia foram obrigados a obter 40% dos componentes dos fornecedores nacionais, aumentando para 60% em 2012. A partir de 2013, a produção e montagem de pelo menos três dos quatro principais elementos das turbinas eólicas passou a ser obrigatoriamente em território local (TOLMASQUIM, 2015).

Ao final de 2016, o BNDES realizou diversas alterações visando contribuir para a ampliação de fontes de energias alternativas na matriz elétrica brasileira, tais como: aumento do limite de 70% para 80% no financiamento para projetos de energia solar; suspensão do apoio a investimentos em termelétricas a carvão e óleo combustível; diminuição da participação de 70% para até 50%, em taxa de juros de longo prazo e em investimentos em grandes hidrelétricas (PORTAL BRASIL, 2016).

Em 2017 o BNDES aprimorou a metodologia para credenciamento dos equipamentos¹⁴ para sistemas fotovoltaicos nacionais. Além de atender a necessidade de melhorar as condições para viabilizar a geração distribuída, a mudança visa a atingir os seguintes objetivos:

¹⁴ Para financiamento do BNDES, estão inclusos os seguintes componentes dos sistemas fotovoltaicos: módulos; componentes elétricos, como cabos de corrente contínua e *combiner/string boxes*; estruturas metálicas, como racks fixos, em solo ou telhado, ou *trackers*; inversores (BNDES, 2017b).

A adequação aprovada simplifica as regras, eleva a participação do BNDES nos financiamentos (principalmente para as micro, pequenas e médias empresas), aumenta a flexibilidade, com redução do escopo de obrigações, e amplia os prazos de mudança dos patamares de incentivo. O objetivo é fortalecer o apoio do Banco para ajudar a consolidar o mercado e a indústria de energia solar fotovoltaica no Brasil (BNDES, 2017, acesso em: 02 jul. 2017a).

As novas diretrizes para o financiamento dos sistemas fotovoltaicos pelo BNDES, contribuem para o fortalecimento dos investimentos da cadeia produtiva nacional do setor solar fotovoltaico e incentivam o desenvolvimento de novos projetos da geração fotovoltaica centralizada e distribuída.

3.4.3.3. Outros tipos de financiamentos

Outros mecanismos de financiamento referentes às energias renováveis no Brasil e que englobam os sistemas fotovoltaicos, são apresentados a seguir.

- Inova Energia — Iniciativa que visa o fomento à inovação e ao aprimoramento da integração dos instrumentos de apoio disponibilizado pela ANEEL, pela FINEP e pelo BNDES. O apoio às cadeias produtivas da energia solar fotovoltaica está entre uma das finalidades do Inova Energia (FINEP, acesso em: 06 mai. 2017).
- Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) — Encargo setorial, instituído pela Lei nº 10.438/2002, sendo alterado pela Lei nº 12.783/2013, que possui diversos objetivos visando o desenvolvimento energético dos Estados brasileiros. Dentre os objetivos, destaca-se a promoção da competitividade da energia produzida a partir das fontes eólica, fotovoltaica, biomassa, outras fontes renováveis e gás natural (BRASIL, 2002, 2013).
- Reserva Global de Reversão (RGR) — Mecanismo utilizado para financiar o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica (Luz para Todos). A partir de maio de 2017, a CCEE passou a ser responsável pela gestão da RGR, conforme Lei nº 13.360/2016 (BRASIL, 2016).

- CDC Eficiência Energética de Equipamentos — Linhas de financiamento de equipamentos de geração de energia elétrica, ofertadas pelo Banco Santander, desde 2013. As linhas de financiamento visam incentivar o uso da energia solar fotovoltaica no país (SANTANDER, 2017).
- Caixa Econômica Federal — Financiamento através da linha de crédito “Construcard”. O financiamento encontra-se disponível para pessoas físicas e jurídicas (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2015).
- Fundo Clima — Fundo vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), criado pela Lei nº 12.114/2009 e regulamentado pelo Decreto nº 7.343/2010. Financia projetos, estudos e empreendimentos nas áreas de energia e ecossistemas, disponibilizando aplicações reembolsáveis (feita pelo Ministério) e não reembolsáveis (administradas pelo BNDES). Os projetos de Universidades, Fundações Públicas, entes Federados e Organizações sem Fins Lucrativos, estão entre os elegíveis do Fundo Clima (BRASIL, 2009, 2010).
- FNE SOL — Linha de crédito do Banco do Nordeste, direcionada ao financiamento de sistemas de micro e minigeração distribuída de energia por fontes renováveis (BANCO DO NORDESTE, 2016).
- Linha de Financiamento Economia Verde — Linha de financiamento do Governo de São Paulo, organizado pela Agência de Desenvolvimento Paulista (Desenvolve SP), com objetivo de reduzir em 20% as emissões de CO₂ do estado, até o ano de 2020 (DESENVOLVE SP, acesso em: 07 mai. 2017).
- Mais Alimentos — Linha de financiamento voltada para pequenos agricultores do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). O Programa visa o financiamento de sistemas de energia solar, com uma taxa anual entre 2,5% e 5,5%, através de uma parcela de financiamento fixa com até três anos de carência (MDA, 2016).

3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as fontes renováveis de energia, a energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma importante opção energética visto os baixos impactos ambientais por ela produzidos. Os sistemas fotovoltaicos não produzem gases de efeito estufa, em comparação a outras fontes, e podem ser instalados em uma ampla variedade de locais. Além disso, os módulos fotovoltaicos podem ser acrescentados, ampliando a sua capacidade de geração de energia elétrica (KALOGIROU, 2016).

Para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no país, é necessário que haja políticas de incentivo à fonte. Segundo Dutra (2007), há duas justificativas para políticas de incentivo à uma determinada fonte de energia renovável. A primeira razão está na sua característica de fonte alternativa de energia, que necessita superar barreiras para adquirir amadurecimento no mercado energético de fontes convencionais. A segunda razão é que as fontes alternativas de energia apresentam vantagens que justificam o seu incentivo, principalmente as vantagens relativas às externalidades positivas. Assim, não se deve incentivar a energia solar fotovoltaica somente porque existem barreiras para seu desenvolvimento, mas também porque ela apresenta vantagens.

Sinalizando um reconhecimento nacional dos benefícios que a energia solar fotovoltaica oferece, as políticas de incentivo estabelecidas no país para as fontes renováveis, especificamente a solar fotovoltaica, apresentam um significativo crescimento.

Por meio do Quadro 5, são expostas as principais políticas de incentivo à fonte solar fotovoltaica no Brasil, abordadas nessa Seção.

Quadro 5 - Contexto histórico das principais políticas de incentivo à fonte solar fotovoltaica no Brasil

Ano	Política
2002	Criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA).
2002	Introdução de Linha de Crédito para financiamento de projetos de energias renováveis, criado pelo PROINFA, através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).
2004	Criação do Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro
2007	Criação do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI).
2012	Criação da Resolução Normativa nº 482/2012.
2012	Introdução dos Certificados de Energias Renováveis no Brasil.
2014	Introdução da energia solar fotovoltaica no 1º Leilão de Energia de Reserva de 2014.
2014	Reconhecimento internacional dos Certificados de Energias Renováveis do Brasil
2015	Criação do Convênio ICMS nº 16/2015.
2015	Participação da energia solar fotovoltaica no 1º Leilão de Energia de Reserva de 2015.
2015	Participação da energia solar fotovoltaica no 2º Leilão de Energia de Reserva de 2015.
2015	Criação da Resolução Normativa nº 687/2015.
2015	Criação do Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída (ProGD)
2017	Criação do Decreto nº 9.019/2017.

Fonte: A autora.

Embora a mudança para uma matriz elétrica nacional mais sustentável seja geralmente considerada benéfica, o fato é que as fontes renováveis não convencionais, como a solar fotovoltaica, apresentam desafios especiais associados às suas características operacionais únicas. No entanto, as políticas de incentivo às fontes renováveis não convencionais, que também se enquadram para a energia solar fotovoltaica, cresceram nos últimos anos no país, ainda que não tenham atingido todo o seu potencial, especialmente quando comparadas às políticas de incentivo desenvolvidas em países destaques no mercado solar fotovoltaico e com menor irradiação.

Como objeto de estudo desse trabalho, o próximo capítulo será destinado a uma discussão ampliada da energia solar fotovoltaica no Brasil, incluindo a relação das usinas fotovoltaicas e das unidades consumidoras de geração fotovoltaica distribuída. Além disso, serão apresentados os aspectos econômicos dessa fonte no país.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao se conhecer as políticas de promoção às fontes de energia renovável e as experiências adotadas na China e na Alemanha, com mecanismos para o incentivo ao desenvolvimento do mercado solar, percebe-se que esses países adaptaram suas políticas às necessidades locais. Ao contrário do mercado solar fotovoltaico chinês e alemão, o Brasil tem um histórico recente de diversas tentativas em estabelecer políticas de incentivos a fontes renováveis não convencionais, em especial a energia solar fotovoltaica.

Conforme literatura apresentada no capítulo anterior, o setor elétrico brasileiro já “possui arcabouço legal para a geração de fontes renováveis convencionais de energia além do aproveitamento de fontes alternativas de energia em seu parque gerador” (DUTRA, 2007, p. 160).

Assim, o objetivo deste capítulo é contextualizar a energia solar fotovoltaica no Brasil e discutir os principais resultados alcançados em termos de capacidade adicionada de geração de energia solar fotovoltaica centralizada e distribuída. Além disso, apresentar os principais aspectos econômicos, mostrando os resultados dos preços de contratação da energia solar fotovoltaica nos leilões de energia de reserva, os custos dos sistemas fotovoltaicos de geração distribuída e os valores do LCOE para a geração centralizada e distribuída. O item seguinte apresentará uma comparação da energia solar fotovoltaica em sistemas centralizados e distribuídos no Brasil, em capacidade instalada na matriz de geração de energia elétrica, custos e perspectivas para 2030. Por fim, serão apresentadas algumas considerações conclusivas.

4.2. GERAÇÃO CENTRALIZADA

A geração centralizada da energia solar fotovoltaica é uma aplicação recente no Brasil. De acordo com Tolmasquim (2015), até a data anterior à introdução dos empreendimentos de geração fotovoltaica nos leilões de energia elétrica, em 2014, a capacidade fotovoltaica instalada no país era considerada pequena. Limitava-se a projetos de pesquisa e desenvolvimento, além de usinas em estádios de futebol e usinas enquadradas como geração distribuída.

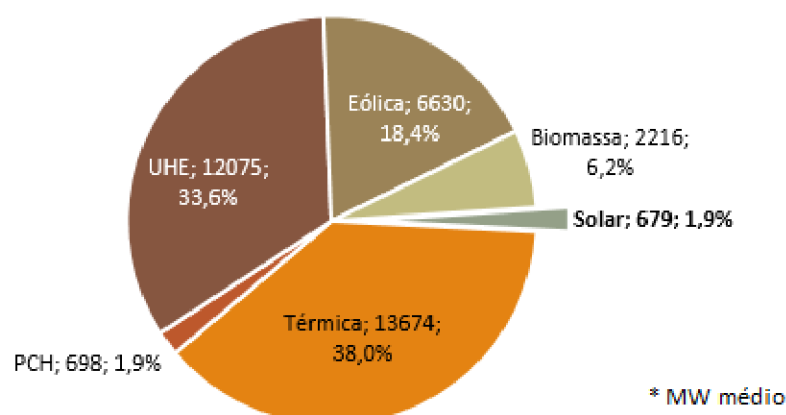
À semelhança do que foi feito para a energia eólica, houve estudos e discussões técnicas com agentes setoriais no sentido de adaptar a forma e os parâmetros de contabilização da produção dos empreendimentos solares fotovoltaicos, de maneira que o contrato de venda de energia pudesse ser aderente às especificidades dessa fonte. Além disso, no sentido de estimular o desenvolvimento de novos projetos e a competitividade dos leilões, a apresentação de medições solarimétricas no sítio de empreendimentos foi tornada obrigatória apenas a partir de 2016, o que se mostrou fator fundamental para que houvesse um grande número de projetos cadastrados na EPE desde o primeiro leilão aberto à fonte solar (TOLMASQUIM, 2015, p. 246).

Entre os Leilões de Expansão¹⁵, as usinas térmicas representam 38% dos empreendimentos viabilizados. Destaca-se também as usinas hidrelétricas e a eólica, com 33,6% e 18,4% das usinas contratadas, respectivamente. Dos 35,97 GW médios adquiridos nos Leilões de Expansão, aproximadamente 1,9% (679 MW médio) têm origem solar fotovoltaica.

Os resultados dos custos da contratação da energia solar fotovoltaica nos Leilões de Leilões de Expansão podem ser observados no Gráfico 12.

¹⁵ Inclui Leilões de Energia Nova, Energia de Reserva, Fontes Alternativas e Projetos Estruturantes.

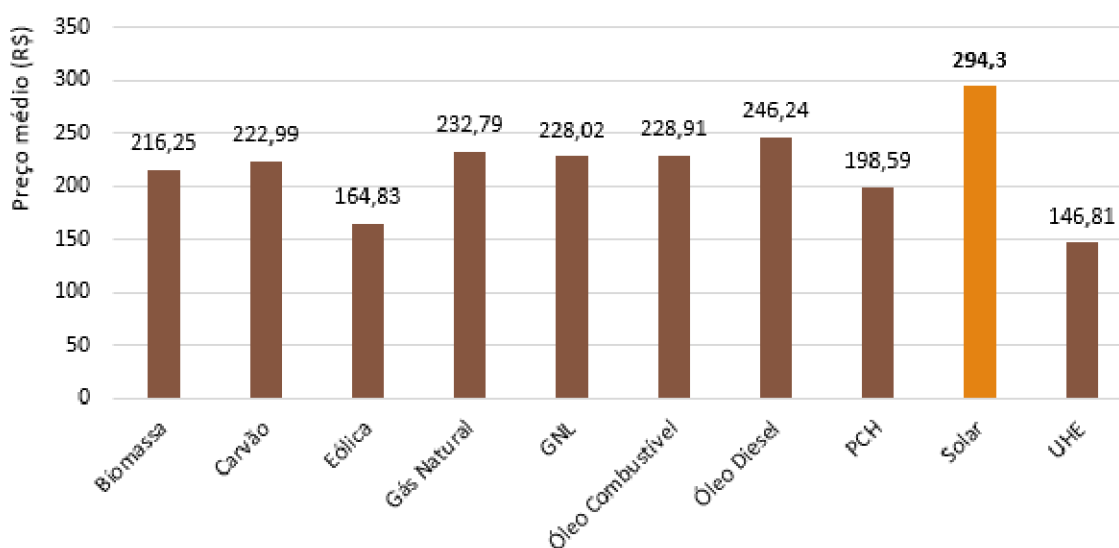
Gráfico 12 - Participação em Leilões de Expansão, 2005/2016



Fonte: Adaptado (DAVID, 2016, p. 14).

Segundo a EPE (2012), as usinas fotovoltaicas ainda não se apresentaram competitivas em relação às outras fontes de geração de energia elétrica no Brasil. Assim como a energia eólica nos primeiros leilões em que participou, sem levar em consideração os preços do PROINFA¹⁶, a energia solar apresentou um preço médio acima dos demais, como pode ser observado no Gráfico 13.

Gráfico 13 - Preço médio por fonte em Leilões de Expansão, 2005/2016



Fonte: Adaptado (DAVID, 2016, p. 15).

¹⁶ Segundo Tolmasquim (2015, p. 196), "no PROINFA, os preços médios de contratação para as fontes biomassa, PCH e eólica foram de 172,0, 214, 7 e 359,2 R\$/MWh, respectivamente, em valores atualizados para 1º de dezembro de 2014 [...]".

A energia solar participou de três LERs, sendo o primeiro em 2014 e outros dois em 2015. No LER de 2014, a energia solar não concorreu com outras fontes, o que pode viabilizar a concorrência somente entre os projetos fotovoltaicos, sem a desvantagem que seria a competição dos preços inferiores das outras fontes, já consolidadas no mercado (TOLMASQUIM, 2015). A participação das usinas fotovoltaicas nos Leilões de Energia de Reserva pode ser vista na Tabela 6.

Tabela 6 - Leilões realizados com participação de usinas solares

	6º LER (2014)	7º LER (2015)	8º LER (2015)
Usinas Contratadas	31	30	33
Contratação	202 MWm	231,5 MWm	297,75 MWm
Deságio	17,69%	13,53%	21,85%
Preço Médio de Venda	R\$ 215,12	R\$ 301,79	R\$ 297,75

Fonte: Adaptado (DAVID, 2016, p. 15).

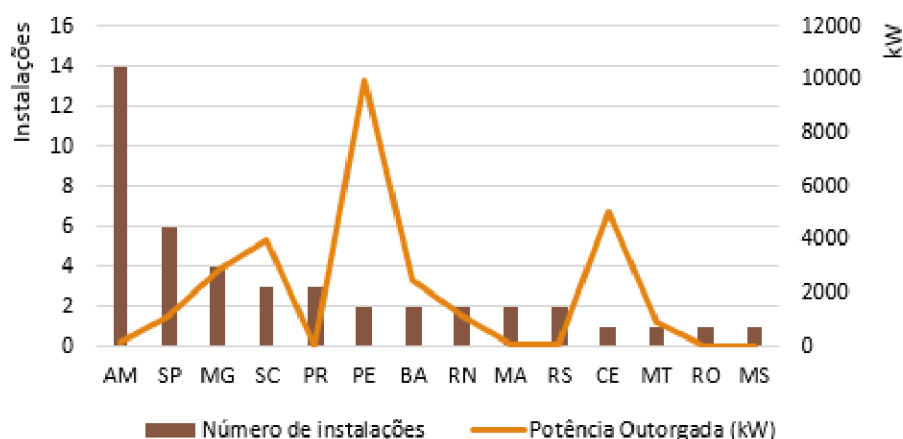
Conforme literatura apresentada, o Governo Federal do Brasil autorizou a realização do Leilão de Descontratação em março de 2017, para projetos oriundos dos Leilões de Energia de Reserva. O objetivo do leilão foi desfazer os contratos das empresas que não conseguirão entregar os projetos de nova geração de energia elétrica, em virtude da desvalorização da moeda local, do aumento nos custos do financiamento, dentre outros motivos.

De acordo com IRENA (2017d), esta medida inovadora no país destina-se principalmente às usinas fotovoltaicas que importam tecnologia e que conquistaram contratos para vender energia em 2014 a um preço médio de R\$ 215,12/MWh, valor relativo a US\$87/MWh nesse ano. Em 2017, considerando a taxa de câmbio atual, esse valor se converte em aproximadamente US\$68/MWh.

Ao mesmo tempo, a desaceleração econômica do Brasil também está limitando o crescimento da demanda elétrica. O consumo de energia diminuiu 0,9% em 2016, principalmente devido a uma queda na demanda industrial de quase 2,9%, o que também levou ao cancelamento do leilão das fontes solar em dezembro de 2016. Logo, o cancelamento dos projetos tornou-se vantajoso para os investidores e para o Governo Federal do Brasil (IRENA, 2017d).

Atualmente, o país conta com 44 usinas do tipo central geradora solar fotovoltaica em operação, totalizando 277,6 MW de potência outorgada. Dentre os Estados, Amazonas, São Paulo e Minas Gerais são os que detêm a maior quantidade de usinas fotovoltaicas em operação. No entanto, o Estado que possui a maior potência outorgada e fiscalizada é Pernambuco, com apenas 2 usinas em operação, totalizando 100 MW, como pode ser observado no Gráfico 14 e na Tabela 7.

Gráfico 14 - Relação de usinas fotovoltaica em operação no Brasil, em março de 2017



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de ANEEL (2017a, acesso em: 09 maio 2017).

Tabela 7 - Usinas fotovoltaicas em operação no Brasil, Mar/2017

Estado	Quantidade	Potência Outorgada (kW)
AM	14	176,04
BA	2	2.507,8
CE	1	5.000
MA	2	51,93
MG	4	2829,4
MS	1	1,38
MT	1	900
PE	2	10.000
PR	3	22,06
RN	2	1.105,04
RO	1	20,48
RS	2	46,35
SC	3	3.999,93
SP	6	1.100,26
TOTAL	44	27.760,67

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de ANEEL (2017a, acesso em: 09 maio 2017).

Segundo o Governo do Estado de Pernambuco (2013), em dezembro de 2013, foi realizado um leilão específico no Estado para a fonte solar fotovoltaica, com a participação de 34 projetos na licitação. Destes projetos, seis foram contratados, totalizando 122 MWp. Os projetos foram de empresas da Alemanha, Brasil, China, Espanha e Itália, com o preço médio de energia negociado a R\$ 228,63.

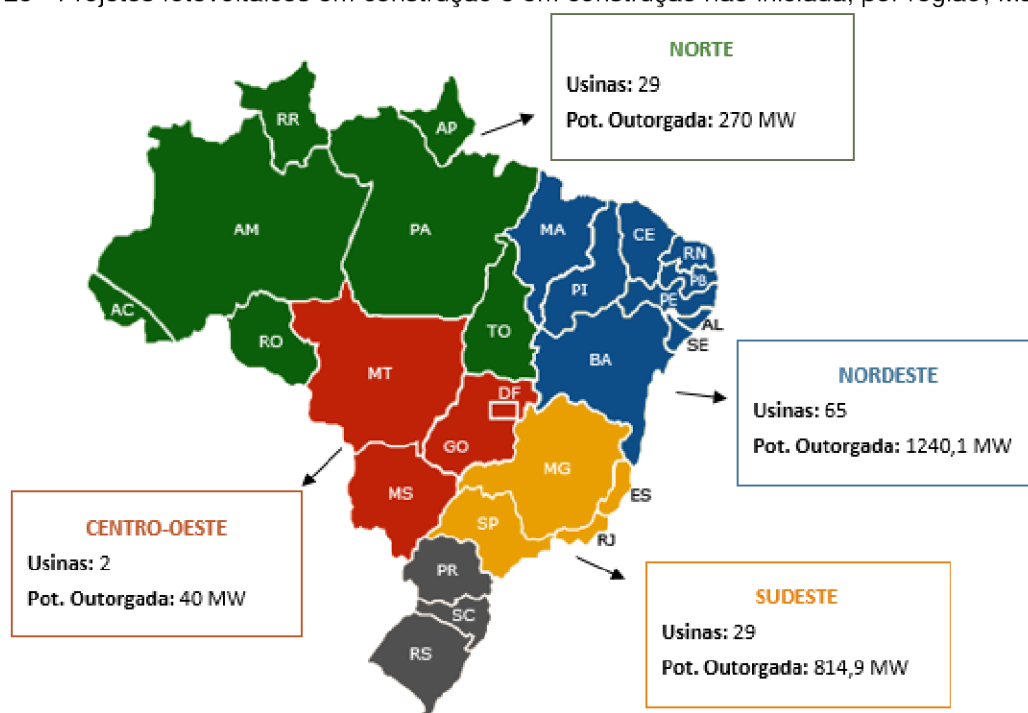
A iniciativa deste leilão faz parte do programa Pernambuco Sustentável, criado pelo governo estadual e apresentado durante a Conferência Rio+20, que pretende promover o desenvolvimento do mercado e da indústria de energia solar (GREENPEACE, 2013).

No entanto, conforme Konzen (2016, p. 319), “em 2015, somente uma planta havia entrado em operação, das seis previstas. As demais empresas haviam adiado os investimentos sob a condição de utilizarem equipamentos produzidos no próprio estado”.

Além das usinas em operação, o país conta com mais 37 empreendimentos de geração fotovoltaica em construção e 74 empreendimentos com construção não iniciada, totalizando ambos os empreendimentos 2,36 GW de potência outorgada. A maioria dos projetos contratados se encontra na região Nordeste, com destaque para Bahia.

A relação das usinas em construção e em construção ainda não iniciada por região, estão representadas na Figura 25 e na Tabela 8.

Figura 25 - Projetos fotovoltaicos em construção e em construção não iniciada, por região, Maio/2017



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de ANEEL (2017a).

Tabela 8 - Usinas do tipo UFV em construção e em construção não iniciada no Brasil

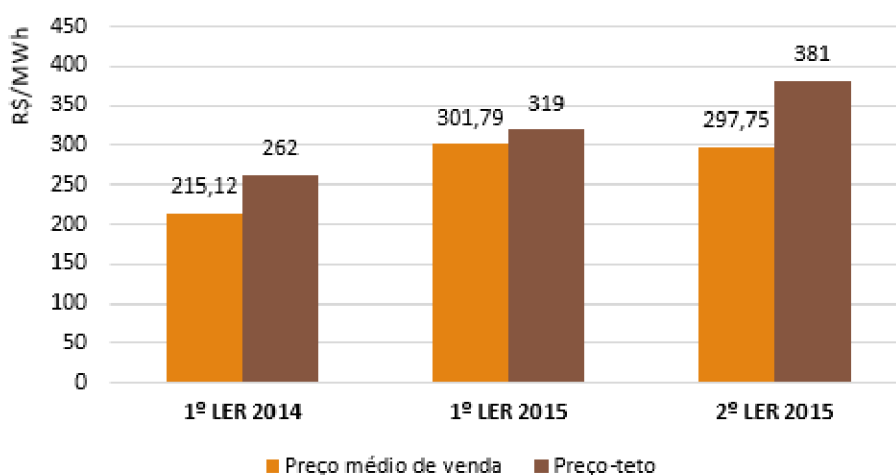
Estado	Usinas	Potência Outorgada (kW)
Em construção		
BA	15	413.400
MG	5	150.000
PI	9	270.000
RN	3	80.000
SP	5	150.000
TOTAL	37	1.063.400
Em construção não iniciada		
BA	17	463.802
CE	6	180.000
GO	2	40.000
MG	14	419.880
PB	5	144.000
PE	6	148.315
RN	4	126.000
SP	5	125.000
TO	15	270.000
TOTAL	74	1.916.997

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de ANEEL (2017a, acesso em 09 maio 2017).
Nota: Dados para 09 de maio de 2017.

4.2.1. Aspectos econômicos

No Gráfico 15 visualiza-se o resultado dos preços de contratação da energia solar fotovoltaica nos LER de 2014 e 2015.

Gráfico 15 - Resultado dos preços de contratação da energia solar fotovoltaica nos Leilões de Energia de Reserva



Fonte: Elaborado a partir de dados do CCEE (2015).

A EPE (2015a) justifica o aumento do preço-teto, demonstrado no Gráfico 11, à alta do dólar americano, em razão do elevado número de empreendimentos, fato que acarretou uma redução do preço médio de venda. Além disso, houve a solicitação do mercado para o aumento do preço devido ao também aumento dos juros e dos custos da cadeia produtiva.

Em síntese, a inexistência da cadeia produtiva fotovoltaica no Brasil direciona os empreendedores a buscarem fornecedores estrangeiros, adquirindo assim produtos e equipamentos cotados em dólar, fazendo com que haja aumento expressivo dos custos dos projetos em função da desvalorização do real frente ao dólar no último ano. No entanto, analisando os dados mundiais, entre 2008 e 2015, o custo médio da energia solar fotovoltaica diminuiu em quase 80% (IEA-PVPS, 2016).

Konzen (2016), por sua vez, apresentou os valores do LCOE da geração fotovoltaica centralizada no Brasil, com base na participação da fonte nos Leilões de Energia de Reserva. Os parâmetros utilizados podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9 - Parâmetros da geração fotovoltaica centralizada

Custo de Investimento	(US\$/kWp)	1400-2100
Custo O&M Fixo	(US\$/kWp/ano)	19
Custo de O&M variável	(US\$/MWh)	0
Potência Típica	(MWp)	25
Vida útil	(anos)	25
Tempo de construção	(anos)	1
Fator de Capacidade Médio	(%)	24
Taxa de Desconto	(% a.a.)	8
Custo Nivelado	(US\$/MWh)	71 - 103

Fonte: Adaptado (KONZEN, 2016, p. 372).

Notas: (1) Valores referentes ao ano de 2014. (2) O investimento em plantas de geração centralizada exige um retorno superior ao de sistemas de geração distribuída. Isso se deve, principalmente, ao maior custo de oportunidade dos grandes investidores. Por esse motivo, a taxa de desconto utilizada para a geração centralizada é superior à utilizada na geração distribuída.

Globalmente, em 2015, a média do LCOE para os sistemas fotovoltaicos centralizados (usinas fotovoltaicas de grande escala) foi de US\$ 130/MWh (IRENA, 2017a). Os valores específicos do LCOE para usinas fotovoltaicas na China e na Alemanha estão sintetizados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores do LCOE das usinas fotovoltaicas na China e na Alemanha, 2015

País	Taxa de desconto		
	3%	7%	10%
Alemanha	US\$ 92,2/MWh	US\$ 127,14/MWh	US\$ 157,13/MWh
China	US\$ 54,84/MWh	US\$ 72,64/MWh	US\$ 87,98/MWh

Fonte: Adaptado (IEA/NEA, 2015, p. 92).

Na Tabela 10, pode-se observar que os valores do LCOE das usinas fotovoltaicas na China e na Alemanha estão classificados por três taxas de desconto (3%, 7% e 10%).

É interessante verificar que quanto menor a taxa de desconto, menor é valor do LCOE. Em 2015, utilizando a taxa de desconto de 3%, os valores do LCOE da China e da Alemanha são, respectivamente, US\$ 54,84/MWh e US\$ 92,2/MWh.

Na Tabela 9, por sua vez, o LCOE calculado para as usinas fotovoltaicas no Brasil utilizou somente uma taxa de desconto de 8%, com o LCOE da geração fotovoltaica centralizada variando entre US\$ 71/MWh a US\$ 103/MWh. Para comparação, os valores do LCOE da China e da Alemanha utilizando taxas de desconto de 7% são, respectivamente, US\$ 72,64/MWh e US\$ 127,14/MWh.

No que concerne aos leilões de geração de energia elétrica, o potencial dos leilões para conseguir preços baixos em usinas de fontes renováveis, em especial a fonte solar fotovoltaica, tem sido uma grande motivação para sua adoção.

4.3. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Segundo a EPE (2016d), dentre as tecnologias utilizadas na geração distribuída de pequeno porte, os sistemas fotovoltaicos apresentam destaque. Ao final de abril de 2017, havia 10.145 unidades consumidoras de geração distribuída que utilizam o sistema fotovoltaico como fonte de geração, totalizando 77,5 MW de potência instalada. Esses valores representam, aproximadamente, 99% das conexões e 70% da potência instalada, como pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11 - Resumo das UCs com geração distribuída por tipo de geração

Tipo	Quantidade	Quant. de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
PCH	11	34	7.115,00
EOL	50	51	10.177,20
UFV	10.149	11.213	77.495,71
UTE	44	153	16.637,50
Total	10.254	11.451	111.425,41

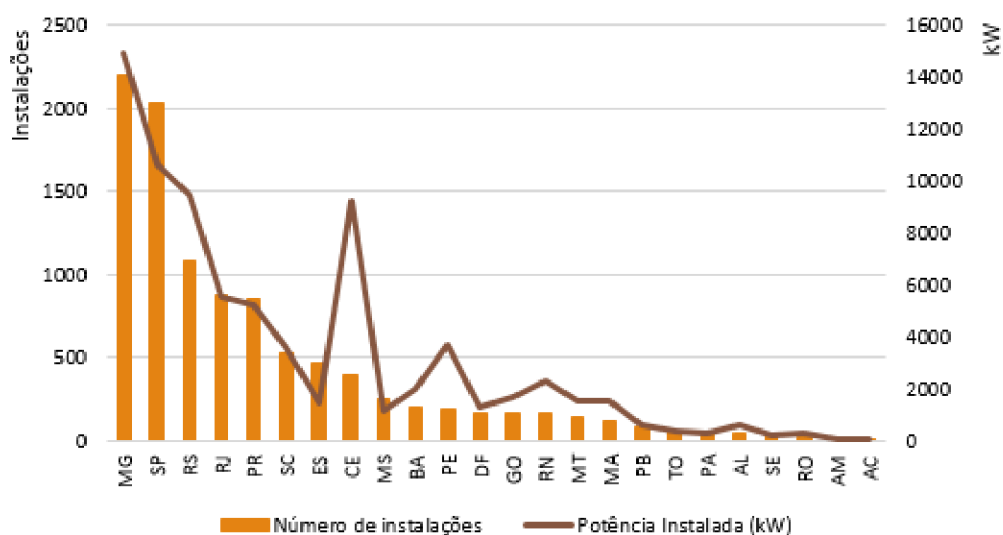
Fonte: Adaptado (ANEEL, 2017b).

Nota: Dados para 30 de abril de 2017.

É interessante observar que o número de conexões registrados de micro e minigeradores não é uniforme, sendo mais representativo na região sudeste. Nota-se que mesmo dentro dos mercados individuais há uma variação enorme nos custos relacionados para sistemas fotovoltaicos para uso residencial (ver Gráfico 16).

Os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul, representam juntos 52,4% de todas as instalações de unidades consumidoras e 45,3% de toda a potência instalada. Embora o Estado do Ceará apresente apenas 396 conexões, a sua potência instalada é a quarta maior do país, como pode ser visualizado no Gráfico 16.

Gráfico 16 – Relação de unidades de geração fotovoltaica distribuída no Brasil, Abr/2017

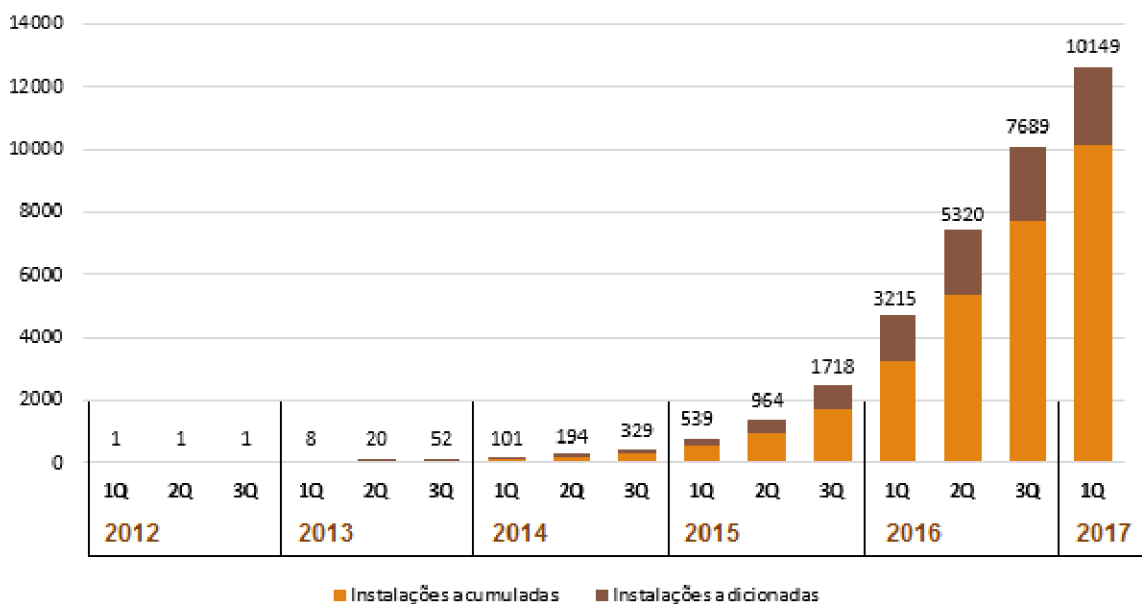


Fonte: Elaboração própria a partir de dados de ANEEL (2017b).

Nota: Dados para 30 abril de 2017.

O Gráfico 17 mostra a evolução quadrimestral do número de instalações de geração distribuída fotovoltaico no Brasil, de janeiro de 2012 até abril de 2017.

Gráfico 17 - Evolução quadrimestral das instalações de geração distribuída fotovoltaica, 2012/2017



Fonte: Elaborado a partir de dados de ANEEL (2017b).

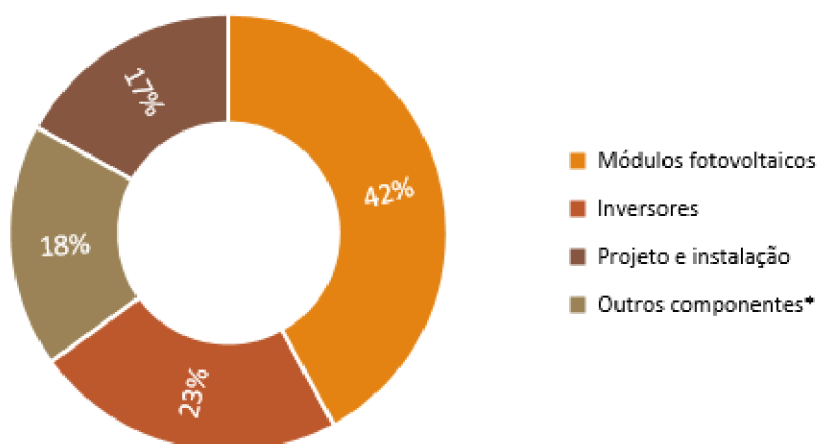
Nota: Dados para 30 de abril de 2017.

A análise dos dados do Gráfico 17 permite perceber que somente a partir de 2015 as conexões de geração distribuída fotovoltaica apresentaram um crescimento expressivo e significativo. Embora a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 seja considerada a principal iniciativa para a introdução da geração distribuída no Brasil, somente após os aprimoramentos introduzidos a partir da Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 e da criação do Convênio ICMS nº 16/2015, as conexões apresentaram um crescimento expressivo e significativo. Além disso, o ano de 2015 também foi marcado por outros mecanismos, como a criação do ProGD e da participação da energia solar fotovoltaica em dois Leilões de Energia de Reserva.

4.3.1. Aspectos econômicos

De acordo com o Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América (IDEAL, 2016), os módulos fotovoltaicos são considerados o item de maior custo numa instalação fotovoltaica no Brasil, como pode ser observado no Gráfico 18.

Gráfico 18 - Composição do custo total da instalação de um sistema fotovoltaico



Fonte: Adaptado (IDEAL, 2016, p. 41).

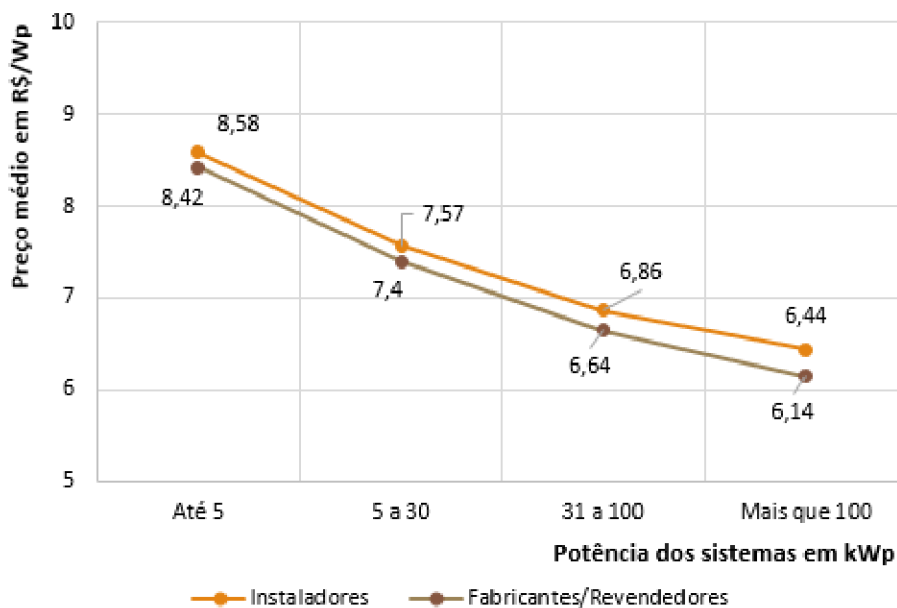
Nota: Incluindo estrutura física, instalações e proteções elétricas, etc.

Ainda segundo Ideal (2016), é dada uma garantia de 25 anos pelos fabricantes de módulos fotovoltaicos no Brasil. Seguindo os padrões internacionais, os módulos poderão ter uma queda máxima de potência nominal de até 20%. Ressalta-se que mesmo após esses 25 anos, os módulos fotovoltaicos continuarão produzindo energia elétrica, no entanto, haverá uma redução no rendimento. No que tange aos inversores, a garantia dada varia de cinco a dez anos (IDEAL, 2016).

Em relação ao preço médio por faixa de potência, há uma pequena variação das empresas instaladoras de sistemas fotovoltaicos em relação às empresas fabricantes e revendedoras de módulos e inversores, que apresentaram um preço médio levemente inferior (IDEAL, 2016).

A comparação dos preços médios dos sistemas fotovoltaicos em relação a faixa de potência no Brasil pode ser observada no Gráfico 19.

Gráfico 19 – Comparação dos preços de sistemas fotovoltaicos por faixa de potência no Brasil, 2015



Fonte: Adaptado (IDEAL, 2016, p. 37).

Segundo Ideal (2016), o aumento de mais de 35% das tarifas de energia elétrica em 2015 colaborou para o aumento das instalações de geração distribuída fotovoltaica, uma vez que na maioria dos Estados brasileiros já existe a adoção de políticas de incentivos fiscais que favorecem a viabilidade financeira dos sistemas fotovoltaicos.

Isso vem ao encontro de Konzen (2016, p. 371), que calculou o custo nivelado (LCOE) da geração distribuída em sistemas fotovoltaicos residenciais no Brasil e comparou com 61 distribuidoras de energia elétrica. “O cálculo foi feito com base nos fluxos de entrada e saída de caixa correspondentes às receitas e despesas de investimento e operacionais durante a vida útil da instalação”.

Vale ressaltar que, conforme literatura já apresentada, é considerada que existe viabilidade econômica em um sistema de geração de energia elétrica quando as tarifas praticadas são maiores do que o LCOE calculado.

Konzen (2016) concluiu que, desconsiderando a aplicação de bandeiras tarifárias¹⁷, o investimento em sistemas de geração distribuída fotovoltaica é financeiramente viável

¹⁷ De acordo com ANEEL (2015d, acesso em 06 jul. 2017), as bandeiras tarifárias são sistemas que sinalizam aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica. As bandeiras são sinalizadas por cores (verde, amarela e vermelha) que indicam o custo da energia em função das condições de geração de energia elétrica. “Com as bandeiras, a conta de luz fica mais transparente e o consumidor tem a melhor informação para usar a energia elétrica de forma mais consciente”.

na área de 33 distribuidoras analisadas. Quando considerada as bandeiras tarifárias, a viabilidade financeira, através do cálculo do LCOE, alcançou 47 distribuidoras, dentre as 61 analisadas. Os parâmetros utilizados por Konzen (2016), para o cálculo do LCOE estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Parâmetros de cálculo do custo nivelado da geração distribuída fotovoltaica residencial

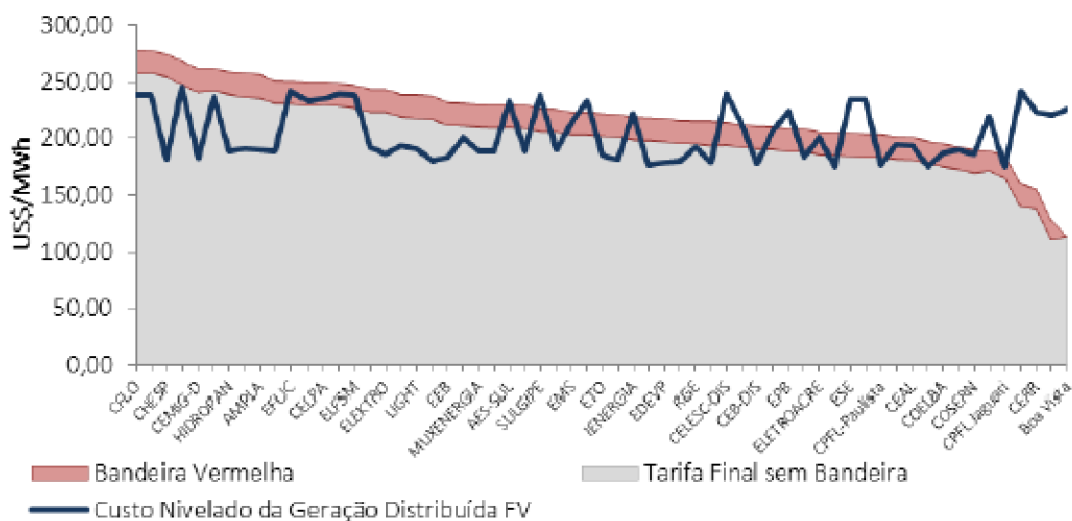
Parâmetro	Valor
Taxa real de desconto	6% a.a.
Vida útil	20 anos (exceto inversores: 10 anos)
Custo anual de operação e manutenção:	1% do custo do investimento inicial a.a.
Degradação anual da produtividade	0,5% a.a.
Fator de capacidade	De acordo com a localização
Percentual da energia gerada injetada na rede:	60%
Isenção do ICMS sobre energia injetada*	SP, PE, GO, CE, TO, RN, MT, BA, DF, MA, AC, AL, RJ, MG e RS.
Isenção de PIS/COFINS sobre a energia injetada	Nacional
Investimento inicial (3 kWp):	US\$ 7,9 mil
Valor da bandeira vermelha	US\$ 13,50/MWh
Tarifas de Eletricidade	Outubro de 2015

Fonte: Adaptado (KONZEN, 2016, p. 370).

Nota: Em julho de 2017, os Estados MA, PA, PB, PI, RO, RR, SE e AP também haviam aderido ao Convênio ICMS nº 16/2015.

Na sequência, na Figura 26, mostram-se os resultados de Konzen (2016) para a variação das tarifas de eletricidade aplicada por distribuidoras no Brasil em comparação com o LCOE da geração distribuída em sistemas fotovoltaicos, em 2015.

Figura 26 - Tarifa de eletricidade versus custo da geração distribuída fotovoltaica



Fonte: KONZEN (2016, p. 371).

Nota: Cálculo para outubro de 2015.

Observa-se que, dentre os incentivos fiscais, a isenção do Convênio ICMS nº 16/2015 apresenta destaque no que tange às vantagens para os micro e mini geradores (e também consumidores) de energia e para as concessionárias. As vantagens para os geradores de energia fotovoltaica distribuída estão na possibilidade de o gerador/consumidor poder usufruir da energia gerada em qualquer momento do dia, independentemente das condições climáticas, e com um retorno sobre o investimento aplicado.

No que tange às vantagens para a concessionária de energia elétrica, a redução nos investimentos em geração de energia elétrica aliada à capacidade de comercializar sem custo de produção o excedente injetado na rede, são considerados destaques. Além disso, há menos perdas de carga quando a energia é gerada próxima ao local do consumidor, em comparação à geração em usinas convencionais distantes dos centros de consumo.

4.4. GERAÇÃO CENTRALIZADA VERSUS GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Nas últimas décadas, as políticas de incentivo têm contribuído para o desenvolvimento da geração distribuída em diversos países. A estrutura do mercado de energia elétrica varia, não apenas por causa dos novos instrumentos regulatórios e das políticas de incentivos adotadas pelos países, mas também devido às novas tecnologias disponíveis no mercado. A geração de energia centralizada respeita um mercado monopolista, assim, a partir do aumento significativo da capacidade instalada da geração descentralizada, o mercado torna-se um oligopólio. Isso possibilita que os mais altos níveis de penetração da geração distribuída alcancem um mercado completamente livre (VAHL; RÜTHER; CASAROTTO FILHO, 2013).

Até recentemente, o debate sobre a reestruturação do mercado de energia elétrica foi enquadrado principalmente dentro dos limites do sistema de energia a granel (ou seja, geradores por atacado e redes de transmissão de alta tensão). Atualmente, o crescimento e o futuro de uma variedade de recursos energéticos distribuídos - incluindo a energia solar fotovoltaica - além de uma demanda de eletricidade mais exigente em termos de preços, provocaram novos debates acerca da reestruturação do mercado elétrico. Os desafios contemporâneos exigem a extensão das discussões sobre a estrutura da indústria de eletricidade, abrangendo não apenas os proprietários e operadores de redes de distribuição, mas também os consumidores finais (MIT, 2016).

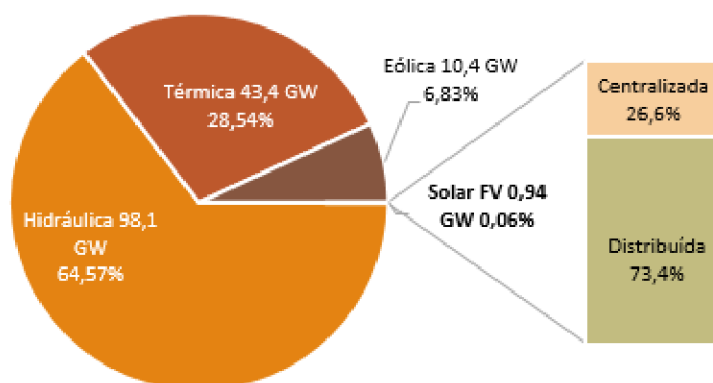
A descentralização dos sistemas de energia elétrica torna-se cada vez mais recorrente à medida em que novas opções de fontes energéticas emergem no sistema de distribuição. Na maioria dos sistemas de energia, os sistemas distribuídos figuram como pequenos intervenientes na prestação de serviços de eletricidade. No entanto, o consumo de energia inteligente e implantação de sistemas distribuídos encontram-se em ascensão (MIT, 2016).

No Brasil, segundo a EPE (2016c, p.64) “a expansão da geração total de energia elétrica pode ocorrer por meio da geração distribuída (e autoprodução) e da geração centralizada, com determinantes distintos”. Nesse contexto, os sistemas de geração distribuída podem servir como um complemento à geração centralizada ou, se for o caso, atuar como um substituto.

No mês de abril de 2017, a capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil atingiu 151,93 GW. Deste total, estima-se que a energia solar fotovoltaica atingiu 94 MW, valor correspondente a um crescimento de 309,6% em comparação com o mesmo mês do ano anterior (MME, 2017). Cabe ressaltar que, na ocasião do levantamento da capacidade instalada em abril de 2016, os valores para geração distribuída não eram considerados na matriz de capacidade instalada.

A matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil, em abril de 2017, é apresentada no Gráfico 20.

Gráfico 20 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil, Abr/2017



Fonte: Elaborado a partir de MME (2017, p. 15).

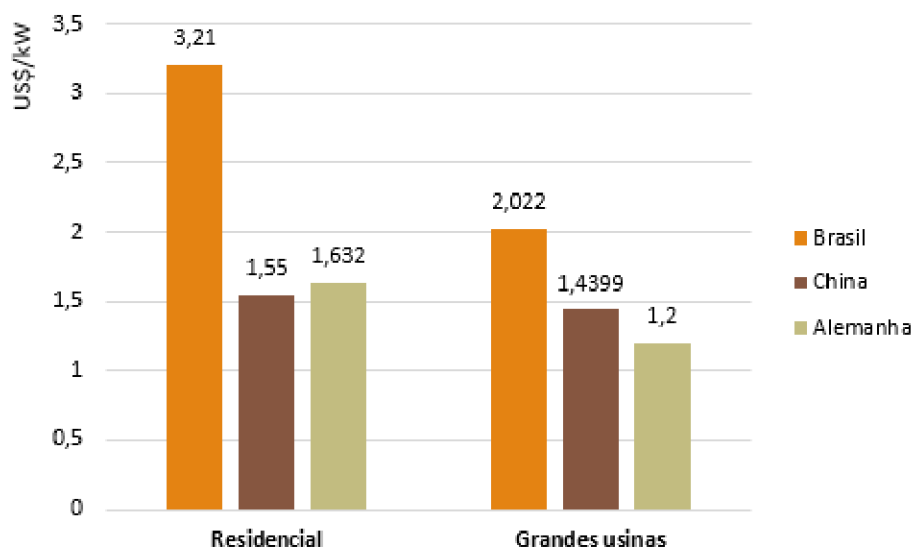
Nota-se que a geração distribuída corresponde a 73,4% da capacidade instalada de geração da fonte solar fotovoltaica atual. Esses valores são relativos a 9.129 unidades consumidoras, totalizando 69 MW. No que se refere à geração centralizada, os valores são referentes a 46 usinas fotovoltaicas e somam 25 MW (MME, 2017).

Konzen (2016) explica que em longo prazo é plausível a dispersão de projetos fotovoltaicos no Brasil. Mesmo áreas que possuam menor irradiação no mapa são têm irradiação mais elevada que as áreas na Alemanha, um dos países considerados destaque em capacidade instalada fotovoltaica. Quanto à geração distribuída, os maiores potenciais de geração estão em áreas mais povoadas do país. Isso significa que os Estados mais populosos são os que apresentam um maior potencial de geração de energia elétrica fotovoltaica, pois em termos absolutos, uma menor irradiação é sobressaída por um maior número de residências, e como consequência uma maior área de telhados.

Nakabayashi (2014), por sua vez, considera que há vantagem de economia de escala na geração centralizada, aumentando assim a competitividade desse sistema em relação a outros de menor porte. Entretanto, apresenta desvantagens como a necessidade de grandes linhas de transmissão, demandando a aquisição de terreno bem localizado para a construção da usina. As vantagens expostas na geração centralizada não são atribuídas à geração distribuída. No entanto, esse tipo de geração possui outras vantagens, tais como: diminuição de perdas técnicas em virtude da proximidade ao centro consumidor, bem como a dispensa de custos associados à compra de terrenos, devido à possibilidade de instalação no próprio telhado do consumidor.

No que tange aos preços dos sistemas fotovoltaicos, apesar da redução dos custos nos últimos anos, os preços atuais dos sistemas de pequeno porte (geração distribuída) e grande porte (usinas) no Brasil, ainda são maiores do que os de outros países, como China e Alemanha, como pode ser observado no Gráfico 21.

Gráfico 21 - Custos de investimentos para energia solar fotovoltaica em países selecionados, 2015



Fonte: Elaborado a partir de dados de IRENA (2016c, p. 36).

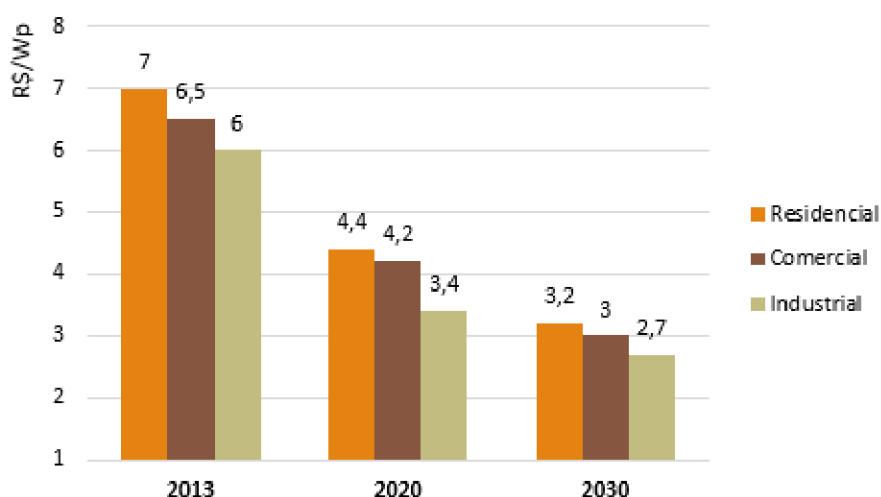
No Gráfico 21, nota-se que os custos dos investimentos em sistemas solares na China e na Alemanha apresentam-se inferiores aos aplicados no Brasil. A Alemanha e a China seguiram trajetórias diferentes no incentivo ao desenvolvimento da energia solar fotovoltaica. Conforme literatura apresentada, a Alemanha baseou sua política

de incentivos a fontes solar fotovoltaica através do sistema Feed-In, do programa 100.000 Telhados Solares e da Lei das Energias Renováveis (EEG) no país. Ambos apresentaram características importantes que possibilitaram o desenvolvimento da indústria solar fotovoltaica e um significativo crescimento da potência instalada.

A China, por sua vez, promoveu mecanismos baseados no mercado com o objetivo de desenvolver a energia solar fotovoltaica ao menor custo para os clientes. Dentre os mecanismos de incentivo, destaca-se: o Programa de Produção de Eletricidade para o Campo; a Lei das Energias Renováveis; os Leilões de Energias Renováveis; os Programas Telhado Solar e Sol Dourado; os subsídios que variavam de 50 a 70% no investimento do sistema fotovoltaico; os Programas de Financiamento das instalações fotovoltaicas nos projetos de geração de energia elétrica.

Embora os custos dos sistemas fotovoltaicos centralizados e distribuídos no Brasil apresentem-se acima dos demais, cabe ressaltar que estudos mostram uma redução na projeção dos custos ao longo do tempo no país, como pode ser observado no Gráfico 22.

Gráfico 22 - Perspectiva de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos GD no Brasil



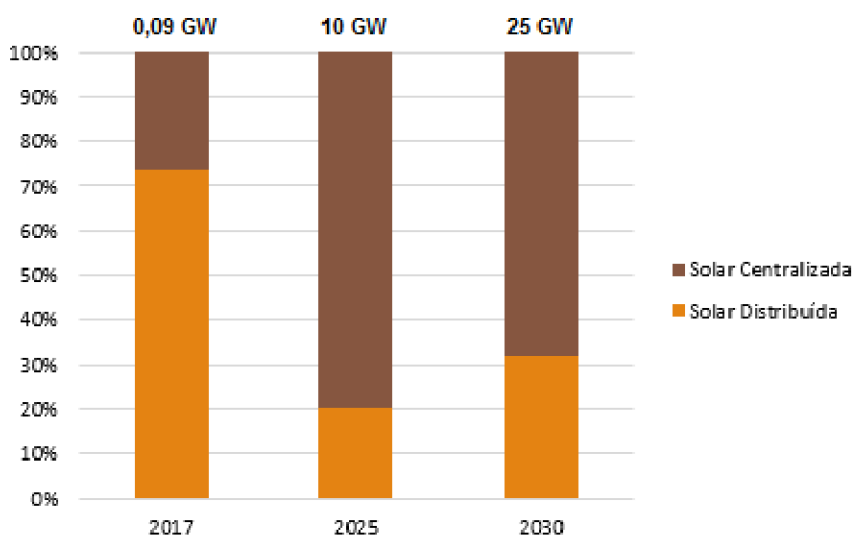
Fonte: Elaborado a partir de dados de EPE (2016b, p. 66).

Para EPE (2016c), isso se deve ao fato de que, além da redução dos custos do Brasil acompanhar a queda dos custos também prevista em outros mercados internacionais,

haverá um aumento da acessibilidade de financiamento e diversificação de modelos de negócios¹⁸ e no país.

Além da redução dos custos, cabe levantar a questão da importância das previsões da energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos no país. Como faz notar Antonanzas e outros (2016), essa questão é de grande importância e tem sido identificada como um dos principais desafios para a integração massiva dos sistemas fotovoltaicos. Além de serem benéficos para os clientes da rede, os operadores dos sistemas e os gerentes das instalações; as previsões também reduzem os custos e as incertezas ao evitar possíveis sanções devido a desvios entre as previsões ideal e energia realmente produzida. No Gráfico 23, verifica-se a evolução da capacidade de geração de energia solar fotovoltaica centralizada e distribuída no Brasil.

Gráfico 23 – Evolução da energia solar fotovoltaica centralizada e distribuída no Brasil, na capacidade instalada no SIN, 2017/2030



Fonte: Elaborado a partir de dados de EPE (2016c, p. 74) e MME (2017, p.15).

Conforme Gráfico 23, as usinas solares fotovoltaicas adicionarão 17 GW (68%), e a geração distribuída fotovoltaica adicionará 8 GW (32%) no SIN. Ressalta-se que, segundo a EPE (2016c), esses valores para 2025 e 2030 são estimados com base nas projeções realizadas em setembro de 2015, considerando os compromissos

¹⁸ Segundo a EPE (2016c), estão entre os novos modelos de negócios previstos para os sistemas fotovoltaicos: arrendamento mercantil, as compras em grupo, cotas específicas para a energia solar, dentre outras.

acordados pelo Brasil no combate às mudanças climáticas, durante a COP21 (21ª Conferência das Partes).

4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com IRENA (2017a) a crescente participação de energias renováveis não convencionais exige mudanças nas operações do sistema de energia. Neste cenário, o aumento da geração distribuída desafia os atores convencionais e modelos de negócios. Em resposta, os países com mercados de energia renovável mais avançados estão a mudar a sua ênfase para uma integração das energias renováveis na concepção geral dos sistemas energéticos. Em particular, as políticas e regulamentações governamentais estão sendo reformuladas para apoiar e gerenciar o aumento rápido das energias renováveis, ao mesmo tempo em que facilitam a participação de novos atores no mercado e a criação de novos modelos de negócios.

A este respeito, é interessante notar que os mecanismos de incentivo colaboraram para a expansão do mercado e a queda dos preços dos sistemas fotovoltaicos no país. As políticas regulatórias, os incentivos fiscais e os mecanismos de financiamento público têm desempenhado um papel crítico no avanço da implantação de energia renovável, o que tem estimulado as melhorias tecnológicas, reduzindo os custos da energia solar fotovoltaica.

Embora a fonte solar fotovoltaica apresente somente 1,9% na participação nos Leilões de Expansão, a introdução da fonte nos leilões de energia de reserva foi de fundamental importância para o desenvolvimento fotovoltaico centralizado no país.

No que concerne à geração fotovoltaica distribuída, a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 deu início ao processo de difusão de micro e minigeradores distribuídos no país, possibilitando a conexão de unidades de microgeração fotovoltaica à rede de energia elétrica. Contudo, foi somente após a Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 e a criação do Convênio ICMS nº 16/2015 que as conexões apresentaram um crescimento expressivo e significativo no país.

As políticas de incentivo à fonte solar fotovoltaica evoluem a partir da experiência e mudanças das condições de mercado. O uso exclusivo de incentivos fiscais está

dando lugar a políticas regulatórias e de financiamento público para avançar os mercados de forma mais eficaz e eficiente possível.

Conforme apresentado no desenvolvimento deste trabalho, dentre a oferta mundial de energias renováveis, a energia solar fotovoltaica apresenta as maiores taxas de crescimento e taxas de crescimento e investimento global energia. Além disso, na atualidade, a fonte solar fotovoltaica é considerada o maior empregador de energia renovável no mundo.

5. CONCLUSÃO

De uma forma geral, este trabalho cumpriu sua finalidade ao indicar as políticas de incentivo e apresentar os aspectos econômicos que abrangem a energia solar fotovoltaica como fonte de geração de energia elétrica em sistemas centralizados e na microgeração distribuída no Brasil.

Para alcançar este objetivo foi realizada uma análise teórica da experiência internacional associada aos principais mecanismos de desenvolvimento das fontes renováveis de energia, em especial aquelas relacionadas à energia solar fotovoltaica.

Conforme já apresentado, a característica da energia solar fotovoltaica como fonte de geração renovável apresenta-se como uma importante opção para diversificação da matriz de geração de eletricidade mundial, principalmente diante das mudanças climáticas globais, dos impactos ambientais e dos compromissos assumidos em conferências internacionais, como a COP21.

Mundialmente, o conjunto de políticas regulatórias, de incentivo fiscal e de financiamento público, acelerou o desenvolvimento da fonte solar fotovoltaica e colaborou com a diminuição dos custos ao longo do tempo. Atualmente, a energia solar fotovoltaica é considerada competitiva em termos de custo com outras tecnologias de geração de eletricidade, em uma variedade crescente de locais e condições, como é o caso da China e a Alemanha.

Na China, políticas regulatórias e de incentivos fiscais foram determinantes para a atual liderança do país em termos de capacidade instalada e de investimentos no setor. Por sua vez, a Alemanha, estimulada inicialmente por preocupações energéticas na década de 1970, promoveu uma série de mecanismos de incentivo às fontes renováveis de energia que permanecem até a atualidade. Apesar disso, a China ultrapassou o país, em termos de capacidade instalada e de comercialização de produtos da cadeia produtiva solar fotovoltaica, em 2015.

As políticas governamentais da China e da Alemanha têm desempenhado um papel crítico no avanço da implantação da energia solar, o que estimulou melhorias tecnológicas, redução de custos e aumento da capacidade instalada da fonte solar fotovoltaica a nível mundial.

No Brasil, as informações referentes à geração distribuída fotovoltaica na capacidade instalada de geração no sistema elétrico brasileiro somente foram consideradas em conjunto com a geração centralizada, a partir do Boletim de Monitoramento de dezembro de 2016. Antes dessa data, somente constava no Boletim as informações referentes às fontes de geração centralizada de energia elétrica.

As políticas continuam a evoluir com a experiência e as condições em mudança. As políticas de incentivo, mais especificamente, têm dado lugar a outros tipos de políticas destinadas a promover os mercados de maneira mais eficaz e eficiente possível, assegurando simultaneamente a integração do aumento das cotas de fontes renováveis não convencionais, inclusive a solar fotovoltaica. Neste contexto, essas políticas são fundamentais para atrair e dar suporte aos investimentos tanto na geração distribuída fotovoltaica, quanto na geração centralizada fotovoltaica.

Dentre os incentivos fiscais adotados no Brasil para impulsionar a fonte solar fotovoltaica, destacam-se os descontos e as isenções fiscais, como o Convênio ICMS nº 16/2015 que autoriza os Estados a conceder a isenção nas operações internas associadas à circulação de energia elétrica. Em relação às políticas regulatórias, foram identificados o PROINFA (2001), que introduziu os incentivos às energias renováveis, os leilões de energia de reserva, o sistema de compensação de energia elétrica – também conhecido internacionalmente como *net metering* – a partir da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 e da Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 e os certificados e cotas de energias renováveis. Dentre os incentivos de financiamento público, voltam-se as atenções essencialmente ao ProGD, BNDES e diversas outras linhas de financiamento de bancos públicos e privados.

Atualmente, em 2017, os sistemas fotovoltaicos de geração distribuída possuem uma maior capacidade instalada no SIN (73,4%) do que as usinas fotovoltaicas centralizadas (26,6%). Entretanto, está previsto para 2030 não somente um aumento considerável da participação da energia solar fotovoltaica na capacidade instalada no SIN, mas também uma inversão da participação dos tipos de gerações.

A realidade é que todos os mercados individuais de sistemas fotovoltaicos nas escalas residenciais e de grandes usinas estão evoluindo, mundialmente e nacionalmente, a taxas diferentes e suas políticas de incentivo local têm um impacto significativo nas suas estruturas de custos atuais.

Nota-se que mesmo dentro dos mercados individuais há uma variação enorme nos custos relatados para sistemas fotovoltaicos para uso residencial. No Brasil, este fato pode ser exemplificado na relação em que nem todos os estados aderiram ao Convênio ICMS nº 16/2015, causando assim certa variação nos custos dos sistemas fotovoltaicos. O mesmo pode ser comprado através da variação do LCOE comparado a tarifas de eletricidade aplicada por distribuidoras em regiões diferentes no Brasil. Contudo, no geral, na maior parte das regiões no Brasil o LCOE aplicado é menor do que as tarifas das distribuidoras.

5.1 PROPOSIÇÕES

A realização desta pesquisa permitiu identificar algumas iniciativas cuja implementação poderia repercutir positivamente no desenvolvimento da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica no Brasil. Diante de tudo o que foi exposto, percebe-se a importância da implementação dos seguintes incentivos:

- Aumentar a participação de fontes alternativas renováveis na matriz energética brasileira;
- Adoção dos sistemas *feed-in tariff* e *feed-in premium*;
- Aumentar a participação da fonte solar fotovoltaica nos Leilões de Energia;
- Promover e incentivar o desenvolvimento da cadeia produtiva de equipamentos fotovoltaicos;
- Fortalecer a capacidade da indústria nacional de equipamentos fotovoltaicos, com políticas que incentivem o aumento da competitividade, como por exemplo, investimentos, programa de desenvolvimento de fornecedores, dentre outros;
- Incentivar a adoção do Convênio ICMS nº 16/2015 pelos Estados que ainda não o aderiram.

REFERÊNCIAS

ABREU, Y. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; GUERRA, S. M. G. **Energia, Sociedade e Meio Ambiente**. Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.eumed.net/libros-gratis/2010c/723/>>. Acesso em: 01 jan. 2017.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Resolução Normativa nº 10.847**. Brasília: ANEEL, 2004. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/lei200410848.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2017.

_____. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876463/atlas3ed_2008.pdf/268ddfdb-e65e-4956-ba1f-99de67b85dab>. Acesso em: 27 mar. 2017.

_____. **Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

_____. **Resolução Normativa nº 481/2012, de 17 de abril de 2012**. Brasília, 2012a. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/042/resultado/ren2012481.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

_____. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília, 2012b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

_____. **Resolução Normativa nº 687, de 17 de abril de 2015**. Brasília: ANEEL, 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 11 mai.2017.

_____. **Ambiente de Contratação Regulada**. Brasília: ANEEL, 2015b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ambiente-de-contratacao-regulada-acr->>. Acesso em: 27 mar. 2017.

_____. **Ambiente de Contratação Livre**. Brasília: ANEEL, 2015c. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ambiente-de-contratacao-livre-acl->>. Acesso em: 27 mar. 2017.

_____. **Bandeiras Tarifárias**. Brasília: ANEEL, 2015d. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Leilões**. Brasília: ANEEL, 2016a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/leiloes>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

_____. **Editais de Geração**. Brasília: ANEEL, 2016b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao4>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

_____. **Resultados dos Leilões de Geração**. Brasília: ANEEL, 2016c. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/geracao4?p_p_id=101>. Acesso em: 22 abr. 2017.

_____. Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. **Cadernos Temáticos ANEEL**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2016d. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 02 jan. 2017

_____. **BIG - Banco de Informações de Geração**. Atualizado em 30 abril de 2017. Brasília: ANEEL, 2017a. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

_____. **Outorgas e Registros de Geração**. Brasília: ANEEL, 2017b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

ANTONANZAS, J.; OSORIO, N.; ESCOBAR, R.; URRACA, R.; MARTINEZ-DE-PISON, F. J.; ANTONANZAS-TORRES, F. Review of photovoltaic power forecasting. **Solar Energy**, v. 136, p. 78-111, 2016.

AQUILA, G.; PAMPLONA, E. O.; QUEIROZ, A. R.; ROTELA JÚNIOR, P.; FONSECA, M. N. An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1090-1098, 2017.

ARVIZU, D.; BALAYA, P. (Coord.). **Chapter 3: Direct Solar Energy**. In: EDENHOFER, O.; et al. (Ed.). **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012, p. 333-400. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_Full_Report.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

ARSP [Agência Reguladora de Serviços Públicos]. **Nota Técnica DT 015**. Avaliação da adesão ao convênio CONFAZ 16/2015. Após a publicação da Resolução Nº687 que alterou a REN 482/12. Disponível em: <<http://www.aspe.es.gov.br/download/notatecnicadt2015.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2017.

AVRIL, S.; MANSILLA, C.; BUSSON, M.; LEMAIRE, T. Photovoltaic energy policy: financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. **Energy Policy**, v. 51, p. 244-258, 2012.

BANCO DO NORDESTE. **Financiamento à Micro e à Minigeração Distribuída de Energia Elétrica.** Banco do Nordeste: 2016. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/cartilhamicrogeracao>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

BARNSLEY, I.; BLANK, A.; BROWN, A. **Enabling Renewable Energy and Energy Efficiency Technologies.** Opportunities in Eastern Europe, Caucasus, Central Asia, Southern and Eastern Mediterranean. France: OECD/IEA, 2015. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/EnablingRenewableEnergyandEnergyEfficiencyTechnologies.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

BEAN, P.; BLASQUEZ, J.; NEZAMUDDIN, N. Assessing the cost of renewable energy policy options: a Spanish wind case study. **Renewable Energy**, v. 103, p. 180-186, 2017.

BNDES [Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social]. **BNDES aprimora metodologia de credenciamento de equipamentos para energia solar fotovoltaica.** BNDES: 2017. Disponível em: <<http://http://bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprimora-metodologia-de-credenciamento-de-equipamentos-para-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 02 jul. 2017.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.** Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004.** Brasília, 2004a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004.** Brasília, 2004b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.** Brasília, 2004c. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007.** Brasília, 2007a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11484.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Decreto nº 6.233, de 11 de outubro de 2007.** Brasília, 2007b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Decreto/D6233.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007.** Brasília, 2007c. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11488.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009.** Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Decreto nº 7.343, de 26 de outubro de 2010.** Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7343.htm>. Acesso em: 26 jun. 2017.

_____. **Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013.** Brasília: 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/l12783.htm>. Acesso em: 02 jul. 2017.

_____. **Lei nº 13.360, de 17 de novembro de 2016.** Brasília: 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13360.htm>. Acesso em: 02 jul. 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Caixa abre edital para instalação de sistemas de geração de energia.** 2015. Disponível em: <<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Releases/Noticia.aspx?releID=851>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

CALDAS, R. W. (Coord.). **Políticas Públicas: conceitos e práticas.** Belo Horizonte: SEBRAE/MG, 2008.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Decreto Nº 9.019, de 30 de março de 2017.** Brasília: 2017. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2017/decreto-9019-30-marco-2017-784555-publicacaooriginal-152280-pe.html>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

CAMILO, H. F.; UDAETA, M. E. M.; GIMENES, A. L. V.; GRIMONI, J. A. B. Assessment of photovoltaic distributed generation: issues of grid connected systems through the consumer side applied to a case study of Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 712-719, 2017.

CAMPOS, A. F.; MORAES, N. G. **Tópicos em energia: teoria e exercícios com respostas para concursos.** Rio de Janeiro: Synergia, 2012.

CAMPOCCIA, A.; DUSONCHET, L.; TELARETTI, E.; ZIZZO, G. An analysis of feed'in tariffs for solar PV in six representative countries of the European Union. **Solar Energy**, v. 107, p. 530-542, 2014.

CARNEIRO, M. C. **Para Entender os Leilões de Energia**. Boletim Infopetro. Mar/Abr 2005. Disponível em: <<http://raceadm3.nuca.ie.ufrj.br/buscarace/Docs/mccarneiro1.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

CASAGRANDE JÚNIOR, E. F. Energia solar no Brasil: se não for agora, quando será? **Cadernos Adenauer**, v. 15, nº 3, p. 73-93, 2015.

CASTRO, N. J. O papel do Brasil no processo de integração do setor elétrico da América do Sul. In: PEREIRA, T. C. G. (Org.). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**. Curitiba: COPEL, 2014, p. 244-252.

CASTRO, R. D.; JANNUZZI, G. M.; DRUMOND JÚNIOR, P. A importância das políticas públicas na difusão de fontes renováveis de energia. **III Conferência Internacional de Energias Inteligentes**. Curitiba, 2016.

CAVALIERO, C. K. N.; SILVA, E. P. Mecanismos de incentivo ao uso de fontes renováveis alternativas em sistemas descentralizados à luz da experiência norte-americana. **III Encontro de Energia no Meio Rural**. Campinas, 2003.

CCEE [Câmara de Comercialização de Energia Elétrica]. **Ambiente livre e ambiente regulado**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado?_afLoop=103217688814648#%40%3F_afLoop%3D103217688814648%26_adf.ctrl-state%3D5cmwarzvk_143>. Acesso em: 27 mar. 2017.

_____. **Regras de comercialização, glossário de termos, interpretações e relação de acrônimos**. 2013. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2013/030/documento/glossario_de_termos_-_v-2013.2_-_versionamento_aneel.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2017.

_____. **Info Leilão nº 015: 8º Leilão de Energia de Reserva**. 13 de novembro de 2015. São Paulo, 2015. Disponível em: <www.ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_359558>. Acesso em: 03 mai. 2017.

CELESC [Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.]. **Bônus Eficiente Linha Fotovoltaica promove microgeração residencial com 60% de desconto**. Florianópolis: CELESC, 2017. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/noticias/1920-bonus-eficiente-linha-fotovoltaica-promove-microgeracao-residencial-com-60-de-desconto>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

CERNE [Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia]. **Leilão de energia solar em PE vende toda a oferta colocada no certame**. Natal: CERNE, 2017.

Disponível em: <<http://cerne.org.br/leilao-de-energia-solar-em-pe-vende-toda-a-oferta-colocada-no-certame/>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

CONFAZ [Conselho Nacional de Política Fazendária]. **Convênio ICMS nº 101, de 18 de dezembro de 1997**. CONFAZ: 1997. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/cv101_97>. Acesso em: 21 abr. 2017.

_____. **Convênio ICMS nº 6, de 5 de abril de 2013**. CONFAZ: 2013. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2013/cv006_13>. Acesso em: 05 mai. 2017.

_____. **Convênio ICMS nº 10, de 21 de março de 2014**. CONFAZ: 2014. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2014/cv010_14>. Acesso em: 05 mai. 2017.

_____. **Convênio ICMS nº 16, de 22 de abril de 2015**. CONFAZ: 2015. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/convenio-icms/2015/cv016_15>. Acesso em: 15 mai. 2017.

COSTA, C. V. **Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica: lições da experiência europeia para o caso brasileiro**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético), 233p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, S. D. M. **Simulação de modelos de remuneração e estudo de mercado para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores), 136p. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014.

CRESESB/CEPEL [Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica]. **Potencial Solar, SunData**. Rio de Janeiro: CRESESB/CEPEL, 2016. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 11 dez. 2016.

CRESWELL, J. L.; CLARK V. L. P. **Pesquisa de Métodos Mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

DANTAS, G. T. IPTU Verde e o Direito à Cidade Sustentável. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal da Bahia**, n. 26, p. 328-381, 2014.

DAVID, S. Princípios da comercialização de energia aplicados aos projetos de energia solar. In: FEIRA E CONGRESSO DE TECNOLOGIAS LIMPAS E RENOVÁVEIS

PARA GERAÇÃO DE ENERGIA, 6., São Paulo, 2016. **Anais...** São Paulo: Ecoenergy, 2016.

DEL RÍO, P.; LINARES, P. Back to the future? Rethinking auctions for renewable electricity support. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 35, p. 42-56, 2014.

DELMAS, M. A.; MONTES-SANCHO, M. J. U.S. state policies for renewable energy: context and effectiveness. **Energy Policy**, v. 39, p. 2273-2288, 2011.

DESENVOLVE SP [Agência de Desenvolvimento Paulista]. **Linha Economia Verde**. [s.d]. Disponível em: <http://www.desenvolvesp.com.br/empresas/opcoes-credito/projetos-sustentaveis/linha_economia_verde>. Acesso em: 07 mai. 2017.

DUSONCHET, L.; TELARETTI, E. Comparative Economic Analysis of Support Policies for Solar PV in the most representative EU countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 986-998, 2015.

DUTRA, R. M. **Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético), 415p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

ECOEICIENTES. **IPTU Verde e outras propostas de incentivos governamentais para a construção sustentável**. 2013. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/iptu-verde-e-outras-propostas-de-incentivos-governamentais-para-a-construcao-sustentavel/>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

EIA [U.S. Energy Information Administration]. **International Energy Outlook 2016**. Washington, D.C.: EIA, 2016. Disponível em: <[http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)>. Acesso em 10 fev. 2017.

ENERGYPRO [Renewable Energy Projects]. **Geração distribuída de energia**. São Paulo: ENERGYPRO, 2017. Disponível em: <<http://www.energypro-site.com/geracao-distribuida>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

EPA [United States Environmental Protection Agency]. **Renewable energy certificates**. Washington, D.C. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.epa.gov/greenpower/renewable-energy-certificates-recs>>. Acesso em: 10 maio 2017.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Nota Técnica EPE. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

_____. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. **Nota Técnica DEA 19/14**. Rio de Janeiro: EPE, 2014a. Disponível em:

<[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20\(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20(Revisada).pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2017.

_____. Leilão de energia de reserva de 2014. Participações dos empreendimentos solares fotovoltaicos: visão geral. **Nota Técnica EPE-150**. Rio de Janeiro, 2014b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%B5es%202014/NT_EPE-DEE-NT-150_2014.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2017.

_____. Expansão da geração. 1º leilão de energia de reserva de 2015. Participação dos empreendimentos solares fotovoltaicos: visão geral. **Nota Técnica EPE-DEE-NT-127**. Rio de Janeiro, 2015a. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%A3o%20de%20Reserva%20\(2015\)/NT_EPE-DEE-NT-127_2015-r0_completo.pdf](http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%A3o%20de%20Reserva%20(2015)/NT_EPE-DEE-NT-127_2015-r0_completo.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2017.

_____. Expansão da geração. 2º leilão de energia de reserva de 2015. Participação dos empreendimentos solares fotovoltaicos: visão geral. **Nota Técnica EPE-DEE-NT-023**. Rio de Janeiro, 2015b. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%A3o%20de%20Reserva%20\(2015\)/NT_EPE-DEE-NT-023_2016-r0_completo.pdf](http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%A3o%20de%20Reserva%20(2015)/NT_EPE-DEE-NT-023_2016-r0_completo.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2017.

_____. Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2015-2024). **Nota Técnica DEA 12/16**. Série Estudos de Demanda. Rio de Janeiro: EPE, 2016a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA%2012-16%20-%20Ef%20energetica%202015-2024.pdf>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

_____. **Portaria nº 705, de 14 de dezembro de 2016**. EPE: 2016b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%B5es%20de%20Energia%20de%20Reserva%202016/Cancelamento%20%20LER.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

_____. **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: produção e uso de energia**. Rio de Janeiro: EPE, 2016c. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/NT%20COP21%20iNDC.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

_____. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2016-2025). **Nota Técnica DEA 24/16**. Série Estudos de Demanda. Rio de Janeiro: EPE, 2016d. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2024-16%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica%202016-2025.pdf>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

ESPÍRITO SANTO [Governo do Estado do Espírito Santo]. **Nova agência reunirá ASPE e ARSI.** Vitória, 2016a. Disponível em: <<https://es.gov.br/Not%C3%ADcia/nova-agencia-reunira-aspe-e-arsi>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

_____. **Lei Complementar ARSP nº 827/2016.** Vitória, 2016b. Disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Legisla%C3%A7%C3%A3o/Leis%20Estaduais%20e%20Municipais/LeiComplementar827_2016Cri%C3%A7%C3%A3odaARSP.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2017.

FDI INTELLIGENCE [Foreign Direct Investment]. **The FDI report 2016: global greenfield investment trends.** London, 2016. Disponível em: <<http://forms.fdiintelligence.com/report2016>>. Acesso em: 28 fev. 2017.

FERREIRA, L. E. B. **A Atuação da CCEE como Operadora do Mercado Brasileiro.** In: FÓRUM NACIONAL DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE NO BRASIL, 8., 2012, Brasília. **Painéis...** Disponível em: <http://www.acaoresponsavel.org.br/images/CCEE_Luiz_Eduardo_Barata.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2017.

FERROUKHI, R.; HAWILA, D. **Renewable Energy tariff-based Mechanisms IRENA, Policy Advice and Capacity Building.** Abu Dhabi: IRENA, 2012. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/events/2012/November/Tariff/1_Rabia_Ferroukhi.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2017.

FILIPE, D. J. O. **Uma Reanálise do Ponto de Vista Económico de Centrais Fotovoltaicas.** 100f. Dissertação (Mestrado em Gestão). Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Portugal, 2015.

FINEP [Financiadora de Estudos e Projetos]. **Inova Energia.** [s.d.]. <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/programas-e-linhas/programas-inova/inova-energia>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

FITTIPALDI, E. H. D.; RAMOS, F. S. Leilões de compra e venda de energia elétrica no ambiente de contratação livre do setor elétrico brasileiro: uma visão teórica. In: NERY, E. (Coord.). **Mercados e Regulação de Energia Elétrica.** Rio de Janeiro: Interciência, p. 153-189, 2012.

GAZOLI, J. R.; VILLALVA, M. G.; GUERRA, J. Energia solar fotovoltaica – sistemas conectados à rede elétrica. **O Setor Elétrico**, v. 7, p. 36-43, 2012.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Pernambuco promove primeiro leilão de energia solar do País, que atrai investimentos de R\$ 597 milhões.** Recife, 2013. Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/blog/2013/12/27/pe-ambuco>>

promove-primeiro-leilao-de-energia-solar-do-pais-que-atrai-investimentos-de-r-597-milhoes/>. Acesso em: 04 jul. 2017.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Procura por certificados de energia renovável dispara em 2016**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2017/02/procura-por-certificados-de-energia-renovavel-dispara-em-2016/>>. Acesso em: 02 jul. 2017.

GUIMARÃES, A. R. **Estratégia de Contratação das Distribuidoras em Leilões de Energia sob Incerteza na Demanda**. 124f. Dissertação (mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2006.

GUO, X.; GUO, X. China's photovoltaic power development under policy incentives: a system dynamics analysis. **Energy**, v. 93, p. 589-598, 2015.

GRAU, T.; HUO, M.; NEUHOFF, K. Survey of photovoltaic industry and policy in Germany and China. **Energy Policy**, v. 51, p. 20-37, 2012.

GREENPEACE. **Energy [R]evolution: a sustainable world energy outlook 2015. 100% renewable energy for all**. Washington, D.C.: GREENPEACE, 2015. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2015/Energy-Revolution-2015-Full.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

GREENPEACE BRASIL. **Sol mais forte em PE**. São Paulo: GREENPEACE BRASIL, 2013. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Sol-mais-forte-em-PE/>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

HAFEZNIA, H.; ASLANI, A.; ANWAR, S.; YOUSEFJAMALI, M. Analysis of the effectiveness of national renewable energy policies: A case of photovoltaic policies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 669–680, 2017.

HASHIMURA, L. M. M. **Aproveitamento do Potencial de Geração de Energia Elétrica por Fontes Renováveis Alternativas no Brasil: instrumentos de política e indicadores de progresso**. 2012. Dissertação (Mestrado) 201f. - UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2012.

HUAN, M. Y.; ALAVALAPATI, J. R. R.; CARTER, D. R.; LANGHOLTZ, M. H. Is the choice of renewable portfolio standards random? **Energy Policy**, v. 35, p. 5571-5575, 2007.

HUGHES, L.; MECKLING, J. The politics of renewable energy trade: the US-China solar dispute. **Energy Policy**, v. 105, p. 256-262, 2017.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Atualizado em 27 de março de 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

IDEAL. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica - Edição 2016**. Florianópolis: IDEAL, 2016. Disponível em: <https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/estudofv2016_final>. Acesso em: 07 mai. 2017.

IEA [International Energy Agency]. **Solar Energy Perspectives**. Renewable energy technologies. Paris: OECD/IEA, 2011. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives2011.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

_____. **Renewable Energy: Policy Considerations for Deploying Renewables**. Paris: IEA, 2011. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Renew_Policies.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.

_____. **Key Renewable Trends 2016**. Statistics. Excerpt from: Renewables information. Paris: OECD/IEA, 2016a. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyRenewablesTrends.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

_____. **World Energy Outlook 2016**. Paris: IEA: 2016b. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2016>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

IEA/NEA [International Energy Agency / Nuclear Energy Agency]. **Projected Costs of Generating Electricity: 2015 Edition**. Paris: IEA/NEA, 2015. Disponível em: <<https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2015/7057-proj-costs-electricity-2015.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

IEA-PVPS [International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme]. **Trends 2016 in Photovoltaic Applications**. Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2015. Suíça: IEA-PVPS, 2016. Disponível em: <http://iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/national/Trends_2016_-_mr.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2017.

_____. **Annual Report 2016**. Photovoltaic Power Systems. Technology Collaboration Programme. Suíça: IEA-PVPS, 2017. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=6&elD=dam_frontend_push&docID=3951>. Acesso em: 21 jun. 2017.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. **Leilões no setor elétrico brasileiro:** análises e recomendações. White Paper. O observatório do setor elétrico brasileiro. 2012. Disponível em: <http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2012_WhitePaperAcendeBrasil_07_Leiloes_Rev2.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2017.

INVESTING. **CNY/USD:** Yuan Chinês Dólar Americano. Disponível em: <<https://br.investing.com/currencies/cny-usd-converter>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

IRENA. [International Renewable Energy Agency]. **Solar Photovoltaics.** Irena Working Paper. Abu Dhabi: IRENA, 2012a. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-SOLAR_PV.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2017.

_____. **Evaluating Policies in Support of the Deployment of Renewable Power.** Irena Policy Brief. Abu Dhabi: IRENA, 2012b. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Evaluating_policies_in_support_of_the_deployment_of_renewable_power.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

_____. **Financial Mechanisms and Investment Frameworks for Renewables in Developing Countries.** Abu Dhabi: IRENA, 2012c. Disponível em: <http://irena.org/Finance_RE_Developing_Countries.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

_____. **Renewable Energy and Jobs.** Abu Dhabi: IRENA, 2013a. Disponível em: <<http://www.irena.org/rejobs.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

_____. **Renewable Energy Auctions in Developing Countries.** Abu Dhabi: IRENA, 2013b. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Renewable_energy_auctions_in_developing_countries.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2017.

_____. **Irena Handbook on Renewable Energy Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs).** Abu Dhabi: IRENA, 2014a. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_NAMAs_handbook_2014_EN.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017.

_____. **Renewable Energy Prospects: China, REmap 2030 analysis.** Abu Dhabi: IRENA, 2014b. Disponível em: <https://irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2017.

_____. **Renewable Energy in Latin America 2015: an overview of policies.** Abu Dhabi: IRENA, 2015a. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Latin_America_Policies_2015.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2017.

_____. **Renewable Energy Auctions: a guide to design.** Abu Dhabi: IRENA, 2015b. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Renewable_Energy_Auctions_A_Guide_to_Design.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2017.

_____. **Renewable Power Generation Costs in 2014.** Abu Dhabi: IRENA, 2015c. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2017.

_____. **Scaling up Variable Renewable Power: the role of grid codes.** Abu Dhabi: IRENA, 2016a. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Grid_Codes_2016.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2017.

_____. **The Power to Change: solar and wind cost reduction potential to 2025.** Abu Dhabi: IRENA, 2016b. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2017.

_____. **Letting in the Light: how solar PV will revolutionise the electricity system.** IRENA: Abu Dhabi, 2016c. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Letting_in_the_Light_2016.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2017.

_____. **Unlocking Renewable Energy Investment: the role of risk mitigation and structured finance.** Abu Dhabi: IRENA, 2016d. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Risk_Mitigation_and_Structured_Finance_2016.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

_____. **REthinking Energy 2017.** Abu Dhabi: IRENA, 2017a. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REthinking_Energy_2017.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2017.

_____. **Renewable Capacity Statistics 2017.** Abu Dhabi: IRENA, 2017b. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2017.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2017.

_____. **Renewable Energy and Jobs: anual review 2017.** Abu Dhabi: IRENA, 2017c. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2017.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.

_____. **Renewable Energy Auctions Analysing 2016.** Abu Dhabi: IRENA, 2017d. Disponível em:

<http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Renewable_Energy_Auctions_2017.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ITA [International Trade Administration]. **2016 Top Markets Report Renewable Energy**: a market assessment tool for U.S. exporters. U.S. Department of Commerce, Industry & Analysis. Washington, D.C.: ITA, 2016. Disponível em: <http://trade.gov/topmarkets/pdf/Renewable_Energy_Top_Markets_Report.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2017.

JANNUZZI, G. M. **Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado**: uma análise da experiência dos EUA e do Brasil. Campinas: Autores Associados, FAPESP, 2000.

JORDAN, P. **Solar Energy Markets**: an analysis of the global solar industry. New York: Academic Press, 2014.

KALOGIROU, S. A. **Engenharia de Energia Solar**: processos e sistemas. (Tradução de Luciana Arissawa). 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

KARAKAYA E; HIDALGO, A; NUUR, C. Motivators for adoption of photovoltaic systems at grid parity: a case study from Southern Germany. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.43, p. 1090-1098, 2015.

KARAKAYA, E; SRIWANNAWIT, P. Barriers to the adoption of photovoltaic systems: The state of the art. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 60-66, 2015.

KONE, A. C.; BUKE, T. An analytical network process (ANP) evaluation of alternative fuels for electricity generation in Turkey. **Energy Policy**, v. 35, p. 5220-5228, 2007.

KONZEN, G. Solar. In: TOLMASQUIM, M. T. (Coord.). **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016, p. 310-408.

KREISS, J.; EHRHART, K. M.; HAUFE, M. C. Appropriate design of auctions for renewable energy support: prequalifications and penalties. **Energy Policy**, v. 101, p. 512-520, 2017.

KRUCKENBERG, L. J. Renewable energy partnerships in development cooperation: towards a relational understanding of technical assistance. **Energy Policy**, v. 77, p. 11-20, 2015.

KUMAR, R.; AGARWALA, A. Renewable Energy Certificate and Perform, Achieve, Trade mechanisms to enhance the energy security for India. **Energy Policy**, v. 55, p. 669-676, 2013.

LA ROVERE, E. L.; SOARES, J. B.; OLIVEIRA, L. B.; LAURIA, T. Sustainable expansion of electricity sector: Sustainability indicators as an instrument to support decision making. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 422-429, 2010.

LAMARCA JÚNIOR, M. R. **Políticas Públicas Globais de Incentivo ao Uso de Energia Solar para Geração de Eletricidade**. 2012, 180f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Pós-Graduação em Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). São Paulo, 2012.

LORA, E. E. S; HADDAD, J (coords.). **Geração Distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

LUO, G. L.; LONG, C. F.; WEI, X.; TANG, W. J. Financing risks involved in distributed PV power generation in China and analysis of countermeasures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 63, p. 93-101, 2016.

MARAMBIO, R.; RUDNICK, H. A novel inclusion of intermittent generation resources in long term energy auctions. **Energy Policy**, v. 100, p. 29-40, 2017.

MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A. Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries. **Renewable Energy**, v. 44. p. 109-118, 2012.

MAURER, L. T.; BARROSO, L. A. **Electricity Auctions: overview of efficient practices**. Washington, D.C.: WORLD BANK, 2011. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/114141468265789259/pdf/638750PUB0Ext00Box0361531B0PUBLIC0.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

MDA [Ministério do Desenvolvimento Agrário]. **Pronaf financia sistema de energia solar**. Brasília: MDA, 2016. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/pronaf-financia-sistema-de-energia-solar>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

MELO, C. A.; JANNUZZI, G. M.; BAJAY, S. V. Nonconventional renewable energy governance in Brazil: lessons to learn from the German experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 222-234, 2016.

MELLO, J. C. O. Mercados Primeira Geração: descrição e panorama internacional. In: NERY, E. (Coord.). **Mercados e regulação de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012, p. 191-332.

MENKES, M. **Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade**. 2004, 256p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2004.

MIT [Massachusetts Institute of Technology]. **The Future of Solar Energy: an interdisciplinary MIT study.** MIT Energy Initiative. Cambridge: MIT, 2015. Disponível em: <<http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2015/05/MITEI-The-Future-of-Solar-Energy.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

_____. **Utility of the Future: an MIT Energy Initiative response to an industry in transition.** MIT Energy Initiative. Cambridge: MIT, 2016. Disponível em: <<https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Utility-of-the-Future-Full-Report.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

MITCHELL, C.; SAWIN, J. L.; POKHAREL, G. R.; KAMMEN, D.; WANG, Z. (Coord.). Chapter 11: Policy, financing and implementation. In: EDENHOFER, O.; MADRUGA, R. P.; SOKONA, Y. (Ed.). **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation.** Cambridge: Cambridge University Press, 2012, p. 865-950. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_Full_Report.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

MMA [Ministério do Meio Ambiente]. **Selo de qualidade premia empresas que produzem energia renovável.** Brasília: MMA, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/9549-selo-de-qualidade-premia-empresas-que-produzem-energia-renov%C3%A1vel>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

MME [Ministério de Minas e Energia]. **Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar.** Brasília: MME, 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030>. Acesso em: 28 fev. 2017.

_____. **Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro em abril de 2017.** Brasília: MME, 2017a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/4475726/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Mar%C3%A7o-2017.pdf/02e1f5f0-065a-4b8a-b644-1657e7a72b97>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

_____. **MME Publica Diretrizes para Leilão de Descontratação de Energia.** Brasília: MME, 2017b. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/manchete/-/asset_publisher/neRB8QmDsbU0/content/mme-publica-diretrizes-para-leilao-de-descontratacao-de-energia;jsessionid=53CFC67AB1A97F1F19D09DA05CAC1E79.srv154>. Acesso em: 01 jul. 2017.

MME/EPE [Ministério de Minas e Energia / Empresa de Pesquisa Energética]. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024.** Brasília: MME/EPE, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

_____. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016**. Ano base 2015. Brasília: MME/EPE, 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202016.pdf>>. Acesso em 27 mar. 2017.

MOMOH, J. A; MELIOPOULOS, S; SAINT, R. **Centralized and Distributed Generated Power Systems: a comparison approach**. Future Grid Initiative White Paper. Power Systems Engineering Research Center. Washington, D.C.: HOWARD UNIVERSITY, 2012. Disponível em: <https://pserc.wisc.edu/documents/publications/papers/fgwhitepapers/Momoh_Future_Grid_White_Paper_Gen_Analysis_June_2012.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2017.

NAKABAYASHI, R. K. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. 2014, 107p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

NERC [NORTH AMERICAN ELECTRIC REABILITY CORPORATION]. **Accommodating High Levels of Variable Generation**. Special Report. Princeton, Estados Unidos, 2009. Disponível em: <http://www.nerc.com/files/IVGTF_Report_041609.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2017.

NEVES, E.; PAZZINI, L. H. A. Fundamentos da comercialização de energia elétrica no Brasil. In: NERY, E. (Coord.). **Mercados e Regulação de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012, p. 57-152.

OECD [The Organisation for Economic Co-operation and Development]. **Regulatory Policy**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

ONDRACZEK, J.; KOMENDANTOVA, N.; PATT, A. WACC the dog: the effect of financing costs on the levelized cost of solar PV power. **Renewable Energy**, v. 75, p. 888-898, 2015.

ORTEGA, M.; DEL RIO, P.; RUIZ, P.; THIEL, C. Employment effects of renewable electricity deployment. A novel methodology. **Energy**, v. 91, p. 940-951, 2015.

OUYANG, X.; LIN, B. Levelized cost of electricity (LCOE) of renewable energies and required subsidies in China. **Energy Policy**, v. 70, p. 64-73, 2014.

OWENS, B. **The Rise of Distributed Power**. General Electric Report. New York: GENERAL ELECTRIC, 2014. Disponível em: <<https://www.ge.com/sites/default/files/2014%2002%20Rise%20of%20Distributed%20Power.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

PABLO-ROMERO, M. P.; SÁNCHEZ-BRAZA, A.; SALVADOR-PONCE, J.; SÁNCHEZ-LABRADOR, N. An overview of feed-in tariffs, premiums and tenders to promote electricity from biogas in the EU-28. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 1366-1379, 2017.

PASSEY, R; SPOONER, T; MACGILL, I; WATT, M; SYNGELLAKIS, K. The potential impacts of grid-connected distributed generation and how to address them: a review of technical and non-technical factors. **Energy Policy**, v. 39, p. 6280-6290, 2011.

PINGKUO, L.; ZHONGFU, T. How to develop distributed generation in China: in the context of the reformation of electric power system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, p. 10-26, 2016.

PINHO, J. T; GALDINO, M, A. (Coord.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES, CEPEL – CRESESB, edição revisada e atualizada, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2017.

POLZIN, F.; MIGENDT, M.; TAUBE, F. A.; VON FLOTOW, P. Public policy influence on renewable energy investments: a panel data study across OECD countries. **Energy Policy**, v. 80, p. 98-111, 2015.

PORTAL BRASIL. **Energia renovável terá prioridade em financiamentos do BNDES**. Brasília: 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/10/energia-renovavel-tera-prioridade-em-financiamentos-do-bndes>>. Acesso em: 10mai. 2017.

POULLIKKAS, A. A comparative assessment of net metering and feed in tariff schemes for residential PV systems. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 3, p. 1-8, 2013.

PYRGOU, A.; KYLILI, A.; FOKAIDES, P. A. The future of the Feed-in Tariff (FiT) scheme in Europe: The case of photovoltaics. **Energy Policy**, v. 95, p. 94-102, 2016.

RAMIREZ, F. J.; HONRUBIA-ESCRIBANO, A.; GÓMEZ-LÁZARO, E.; PHAM, D. T. Combining feed-in tariffs and net-metering schemes to balance development in adoption of photovoltaic energy: Comparative economic assessment and policy implications for European countries. **Energy Policy**, v. 102, p. 440-452, 2017.

REGO, E. E. Reserve price: lessons learned from Brazilian electricity procurement auctions. **Energy Policy**, v. 60, p. 217-223, 2013.

REGO, E. E.; PARENTE, V. Brazilian experience in electricity auctions: comparing outcomes from new and old energy auctions as well as the application of the hybrid Anglo-Dutch design. **Energy Policy**, v. 55, p. 511-520, 2013.

REN21 [Renewable Energy Policy Network for the 21st Century]. **Renewables 2017 Global Status Report**. France: REN21, 2017. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/170607_GSR_2017_Full_Report.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2017.

_____. **Renewables 2016 Global Status Report**. France: REN21, 2016. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2017.

RIBEIRO, L. H. M. **Risco de Mercado na Comercialização de Energia Elétrica: uma análise estruturada com foco no ambiente de contratação livre** - ACL. 202p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

RODRIGUES, S.; CHEN, X.; MORGADO-DIAS, F. Economic analysis of photovoltaic systems for the residential under China's new regulation. **Energy Policy**, v. 101, p. 467-472, 2017.

ROSA, L. P.; SILVA, N. F.; PEREIRA, M. G.; LOSEKANN, L. D. Chapter 15: The evolution of brazilian electricity market. In: SIOSHANSI, F. P. **Evolution of Global Electricity Markets**. Cambridge: Academic Press, p. 435-459, 2013.

RUA, M. G.; ROMANINI, R. **Para Aprender Políticas Públicas**. Volume 1 - Conceito e Teorias. Brasília: IGEPP, 2014.

RÜTHER, R; ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**. v. 39, n. 3, p. 1027-1030, 2011

SÁ, A. B. de. **Procedimento para Modelagem de uma Planta Termossolar Utilizando a Tecnologia de Coletores Cilindro Parabólicos**. 2013, 179p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

SAM LEX SOLAR. **Solar PV Cell, Module, Array**. 2017. Disponível em: <<http://www.samlexsolar.com/learning-center/solar-cell-module-array.aspx>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: conceptual framework. **Renewable and Sustainable Energy**, v. 74, p. 590-601, 2017.

SANTANDER. **Santander Financiamentos**. 2017. Disponível em: <<https://sustentabilidade.santander.com.br/pt/Produtos-e-Servicos/Paginas/Santander-Financiamentos.aspx>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

SÃO PAULO [Governo do Estado de São Paulo]. **Geração distribuída ganha força na crise.** São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2016/02/geracao-distribuida-ganha-forca-na-crise/>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

_____. **Procura por certificados de energia renovável dispara em 2016.** São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2017/02/procura-por-certificados-de-energia-renovavel-dispara-em-2016/>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

SATHAYE, J.; LUCON, O.; RAHMAN, A. (Coord.). **Chapter 9: Renewable Energy in the context of Sustainable Development.** In: EDENHOFER, O.; et al. (Ed.). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation.* Cambridge: Cambridge University Press, 2012, p. 707-789. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_Full_Report.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

SECCHI, L. **Políticas Públicas:** conceitos, esquemas de análise, casos práticos. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

_____. **Análise de Políticas Públicas:** diagnóstico de problemas, recomendações de soluções. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

SEFA [Secretaria do Estado da Fazenda de Minas Gerais]. **Lei nº 20.824, de 31 de julho de 2013.** Altera as Leis nºs 6.763, de 26 de dezembro de 1975, 14.937, de 23 de dezembro de 2003, e 14.941, de 29 de dezembro de 2003, revoga dispositivo da Lei nº 15.424, de 30 de dezembro de 2004, concede incentivo a projetos esportivos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/leis/2013/l20824_2013.htm>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SELO ENERGIA RENOVÁVEL. **O Programa.** São Paulo, [s.d.]. Disponível em: <<http://seloenergiarenovavel.com.br/>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

SEN, S.; GANGULY, S. Opportunities, barriers and issues with renewable energy development – A discussion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 69, p. 1170-1181, 2017.

SENER, C.; FTHENAKIS, V. Energy policy and financing options to achieve solar energy grid penetration targets: Accounting for external costs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 32, p. 854-868, 2014.

SILVA, R. M. de. **Energia Solar no Brasil:** dos incentivos aos desafios. Núcleo de Estudos e Pesquisas da Consultoria Legislativa do Senado Federal. Textos para Discussão, nº 166. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado Federal, 2015. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

SILVA, R. C.; MARCHI NETO, I.; SEIFERT, S. S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, 2016.

SILVEIRA, J. L.; TUNA, C. E.; LAMAS, W. Q. The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 20, p. 133-141, 2013.

SIMONS, P. Energía Renovable en América Latina y el Mundo. International Energy Agency. **Conferencia Regional sobre Generación Distribuída**. Santiago: OECD/IEA, 2016. Disponível em: <http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/1_paul_simons_iea_medium_term_market_report_1.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2017.

SOLARGIS. **Global Horizontal Irradiation, Brazil Map**. 2014. Disponível em: <http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Brazil-en.png>. Acesso em: 11 jun. 2017.

_____. **Global Horizontal Irradiation, World Map**. 2015. Disponível em: <http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-World-map-en.png>. Acesso em: 11 jun. 2017.

SOLAR POWER EUROPE. **Global Market Outlook for Solar Power 2016-2020**. Bruxelas, 2016. Disponível em: <[u=0&g=0&t=1468261746&hash=50c2f7186d744616865463a5cee87b97e8f9e20d&file=fileadmin/user_upload/images/GMO/SPE_GMO2016_full_version.pdf](http://www.solarpower.eu/0&g=0&t=1468261746&hash=50c2f7186d744616865463a5cee87b97e8f9e20d&file=fileadmin/user_upload/images/GMO/SPE_GMO2016_full_version.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2017.

STIGKA, E. K.; PARAVANTIS, J. A.; MIHALAKAKOU, G, K. Social acceptance of renewable energy sources: a review of contingent valuation applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 32, p. 100-106, 2014.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Photovoltaic power stations in Germany and the United States: a comparative study by data envelopment analysis. **Energy Economics**, v. 42, p. 271-288, 2014.

SUN, H.; ZHI, Q.; WANG, Y.; YAO, Q.; SU, J. China's solar photovoltaic industry development: the status quo, problems and approaches. **Applied Energy**, v. 118, p. 221-230, 2014.

TIEPOLO, G. M.; CANGILIERI JÚNIOR, O. Tendências e perspectivas para as fontes renováveis de energia no planejamento energético brasileiro. In: PEREIRA, T. C. G. (Org.). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**. Curitiba: COPEL, 2014, p. 64-84.

TOLMASQUIM, M. T. **Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2015.

UNFCCC [United Nations Framework Convention On Climate Change]. **Paris Agreement - Status of Ratification**. New York: UNFCCC, 2017. Disponível em: <http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php>. Acesso em: 03 jan. 2017.

URBAN, F.; GEALL, S.; WANG, Y. Solar PV and solar water heaters in China: different pathways to low carbon energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 64, p. 531-542, 2016.

VAHL, F. P.; RÜTHER, R.; CASAROTTO FILHO, N. The influence of distributed generation penetration levels on energy markets. **Energy Policy**, v. 62, p. 226-235, 2013.

VECCHIA, N. A. D. Geração Distribuída para Compensação de Energia Elétrica. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIAS INTELIGENTES, 3., 2016, Curitiba. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.smartenergy.org.br/portal/wp-content/publicacoes-e-artigos/>>. Acesso em: 05 maio 2017.

VIEIRA, D. **Método para Determinação do Tipo de Incentivo Regulatório à Geração Distribuída Solar Fotovoltaica que Potencializa seus Benefícios Técnicos na Rede**. 186p (Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Elétrica. Brasília, 2016.

VILELA, I. N. R. **Identificação de Nichos de Mercado da Geração Distribuída Fotovoltaica para o Desenvolvimento de Modelos de Negócios**. 96f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2014.

VINHAES, E. A. S. O Novo Modelo da Indústria de Energia Elétrica Brasileira. In: SCHMIDT, C.; CORAZZA, G.; MIRANDA, L. (Coord.). **A Energia Elétrica em Debate: a experiência brasileira e internacional de regulação**. 1. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003, p. 135-161.

WANDERLEY, A. C. F.; CAMPOS, A. L. P. S. Perspectivas de Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Geração de Energia Elétrica no Rio Grande do Norte. **Revista Holos**, v. 3. p. 3-14, 2013.

WCED [World Commission on Environment and Development]. **Our Common Future** (Brundtland Commission). Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

WWF-BRASIL. **Mecanismos de Suporte para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira: modelos e sugestão para uma transição acelerada.** 1. ed. Brasília, 2015.

YUN, J; SUN, S; WENHUA, A; XIONG, M. The economy of distributed PV in China. **Energy**, v. 78, p. 939-949, 2014.

ZHANG, S. Analysis of DSPV (distributed solar PV) power policy in China. **Energy**, v. 98, p. 92-100, 2016.

ZHANG, S.; HE, Y. Analysis on the development and policy of solar PV power in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 393-401, 2013.

ZHANG, F.; GALLAGHER, K. S. Innovation and technology transfer through global value chains: Evidence from China's PV industry. **Energy Policy**, v. 94, p. 191-203, 2016.

ZHAO, X.; YANG, G. W. The turning point of solar photovoltaic industry in China: will it come? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 178-188, 2015.

ZHAO, X.; ZENG, Y.; ZHAO, D. Distributed solar photovoltaic in China: policies and economic performance. **Energy**, v. 88, p. 572-583, 2015.