

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**ENERGIA SOLAR NO BRASIL:  
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NOS SETORES  
COMERCIAL E INDUSTRIAL**

ADRIANA LOPES VIDAL

Matrícula nº: 112195171

ORIENTADOR: Prof. João Felipe Cury Marinho Mathias

SETEMBRO 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**ENERGIA SOLAR NO BRASIL:  
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NOS SETORES  
COMERCIAL E INDUSTRIAL**

---

ADRIANA LOPES VIDAL

Matrícula nº: 112195171

ORIENTADOR: Prof. João Felipe Cury Marinho Mathias

SETEMBRO 2017

*As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade da autora.*

Dedico este trabalho à minha irmã Solange (*in memoriam*), que sempre acreditou nos meus sonhos, e ao meu irmão Caio, que trouxe mais vida aos meus dias.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sustentar a minha vida, por permitir que eu faça um bom uso de todas as boas dádivas vindas Dele e por estar sempre presente em todos os meus caminhos, ainda que a estrada seja difícil.

Não tenho palavras suficientes para expressar toda a gratidão que sinto pelos meus amados mãe e pai que, desde a minha infância, não mediram esforços para que eu pudesse ter a melhor educação e valores possíveis. Mãe, agradeço toda a dedicação, cumplicidade, preocupação, amor e boa influência para que eu escolhesse estudar Economia. Pai, agradeço todo o amor, carinho, incentivo à leitura, por sempre acreditar em mim e ser o meu grande amigo. A pessoa que eu sou hoje, assim como todas as minhas conquistas, é resultado do apoio incondicional de vocês, obrigada.

Aos amigos que são a família que eu escolhi: Digão, meu melhor amigo do mundo todo, e Isabella, minha extensão. A minha prima Fernanda, pela amizade desde a infância e por sempre torcer por mim. Ao Pedro, meu amor, por todo incentivo e carinho.

A minha jornada no Instituto de Economia/UFRJ não seria a mesma se eu não tivesse encontrado pessoas tão queridas. Agradeço aos grandes amigos que fiz ainda no primeiro período e que levarei por toda a vida: Isa, Lívia, Mari, em especial, Bea, *my person*, Ju, *soul sister*, e Victor, amigo conselheiro e monitor, que foram essenciais para que eu pudesse superar o estresse dos últimos períodos. Aos amigos que ganhei graças a Ágora. Agradeço aos que eu conheci entre uma aula e outra e sempre torceram por mim: Ana Carolina, Gustavo e Jacqueline.

Agradeço aos professores que tive ao longo da minha vida e que deixaram a sua contribuição para que eu chegasse até aqui. Sou grata a todos os professores do IE/UFRJ com quem tive o prazer de aprender e que fizeram parte da minha formação como economista, em especial, Daniel Barreiros, Leonarda Musumeci, Ronaldo Fiani, Maria Isabel Busato, João Pondé, Marcelo Colomer e Eduardo Pinto.

Por fim, agradeço imensamente ao meu orientador, João Felipe Cury, por ter acreditado no meu potencial e por toda a ajuda, paciência, orientação e tempo dispensados no decorrer da elaboração deste trabalho.

## RESUMO

A preocupação com questões ambientais e com o desenvolvimento sustentável tem ocupado cada vez mais lugar nas discussões acerca de temas como planejamento econômico, industrial e energético. No que se refere à geração de energia, as fontes comumente utilizadas são os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural), energia nuclear e as hidrelétricas. Com o tempo o uso de painéis fotovoltaicos se difundiu para outras áreas e foi ganhando espaço como uma alternativa sustentável de geração de energia em residências, comércios, indústrias e nos mais diversos estabelecimentos. O objetivo deste trabalho é fazer uma análise do cenário geral de Geração Distribuída no Brasil com foco em energia solar fotovoltaica. O principal questionamento foi sobre quais seriam os possíveis impactos econômicos para o país com a tendência de aumento da geração distribuída de energia solar em estabelecimentos comerciais e/ou industriais. Para se chegar a essa discussão, no entanto, se fez necessário passar pelo cenário mundial de geração de energia solar, analisar a regulação específica para geração distribuída vigente no Brasil e compreender a atual participação do comércio e a indústria na geração de energia solar.

**Palavras-chave:** Energia Solar Fotovoltaica; Geração Distribuída; Comércio; Indústria; Impactos Econômicos.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GD – Geração Distribuída

MME – Ministério de Minas e Energia

Wp – Watt-pico

NASA – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço

UFV – Central Geradora Fotovoltaica

# ÍNDICE

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I – ENERGIA SOLAR NO MUNDO .....</b>	<b>12</b>
I.1. BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA ENERGIA SOLAR .....	12
I.2. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....	13
I.3. VIABILIDADE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....	16
I.4. POLÍTICAS DE INCENTIVO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....	20
I.5. OS CASOS DA ALEMANHA E CHINA .....	22
<i>I.5.1. Alemanha</i> .....	22
<i>I.5.2 China</i> .....	24
<i>I.5.3 Considerações</i> .....	26
<b>CAPÍTULO II – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL.....</b>	<b>28</b>
II.1. ASPECTOS REGULATÓRIOS .....	28
II.2. INCENTIVO GOVERNAMENTAL: PROGD .....	33
II.3. CONTEXTO ATUAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL .....	34
II.4. O CASO RESIDENCIAL .....	37
<b>CAPÍTULO III – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NOS SETORES COMERCIAL E INDUSTRIAL NO BRASIL.....</b>	<b>40</b>
III.1. INDÚSTRIA E COMÉRCIO COMO MICRO E MINIGERADORES .....	40
<i>III.1.1. Potencial da Indústria e do Comércio</i> .....	41
<i>III.1.2. Aplicações de projetos de GD</i> .....	47
III.2. O PAPEL DA REGULAÇÃO E DOS INCENTIVOS DO GOVERNO .....	47
III.3. POSSÍVEIS IMPACTOS POSITIVOS COM O AVANÇO DA GD NO COMÉRCIO E INDÚSTRIA.....	48
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ILUSTRAÇÃO DE UMA GERAÇÃO CONVENCIONAL DE ENERGIA.....	13
FIGURA 2 - ILUSTRAÇÃO DE UMA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA.....	14
FIGURA 3 - PROJEÇÃO DA EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DE ENERGIA NO MUNDO, POR TIPO DE FONTE. ....	17
FIGURA 4 - EVOLUÇÃO DO PREÇO MÉDIO DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS NO MUNDO (US\$/W).....	18
FIGURA 5 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DE VPL E TIR NO CASO DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NAS CAPITAIS BRASILEIRAS. ....	19
FIGURA 6 - REPRESENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE NET METERING.....	21
FIGURA 7 - RANKING DOS PRINCIPAIS PAÍSES EM TERMOS DE CAPACIDADE INSTALADA DE ENERGIA SOLAR (2016).....	23
FIGURA 8 - A CAPACIDADE DE ENERGIA SOLAR INSTALADA NA ALEMANHA JÁ É METADE DA SUA DEMANDA DE ENERGIA. ....	24
FIGURA 9 - MAIOR USINA SOLAR FLUTUANTE DO MUNDO, LOCALIZADA NA CHINA. ....	26
FIGURA 10 - EFEITO NA NOVA RESOLUÇÃO NO NÚMERO DE NOVAS CONEXÕES UFV. ....	33
FIGURA 11 - CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL, VALORES REFERENTES À DEZEMBRO DE 2016.....	35
FIGURA 12 - GERAÇÃO DISTRIBUÍDA POR ESTADO.....	36
FIGURA 13 - EVOLUÇÃO DO Nº DE NOVAS CONEXÕES UFV EM RESIDÊNCIAS.....	38
FIGURA 14 -EVOLUÇÃO DO Nº DE NOVAS CONEXÕES UFV ENTRE 2012 E 2016 NO BRASIL.....	39
FIGURA 15 - GRÁFICO QUE APRESENTA A POTÊNCIA INSTALADA DE GD NO BRASIL POR CLASSE DE CONSUMO .....	40
FIGURA 16 - ESTRUTURA DE CONSUMO DE ELETRICIDADE NA REDE, BRASIL. ....	42
FIGURA 17 - PROJEÇÃO DE CRESCIMENTO DO PIBPM, AGRÍCOLA, INDUSTRIAL E DO SETOR DE SERVIÇOS.....	45
FIGURA 18 - PROJEÇÃO DE CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA UFV NO BRASIL. ...	46

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESUMO DA EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL.	32
TABELA 2- GERAÇÃO DISTRIBUÍDA POR TIPO DE GERAÇÃO .....	35
TABELA 3 - GERAÇÃO DISTRIBUÍDA POR CLASSE DE CONSUMO.....	37
TABELA 4 - CONSUMO TOTAL DE ELETRICIDADE (GWh) DOS GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS, POR SEGMENTO.....	43
TABELA 5 - TAXAS DE CRESCIMENTO MUNDIAL E NACIONAL DO NÍVEL DE ATIVIDADE. ....	44

## INTRODUÇÃO

A preocupação com questões ambientais e com o desenvolvimento sustentável tem ocupado cada vez mais lugar nas discussões acerca de temas como planejamento econômico, industrial e energético. O aumento desenfreado da poluição e do desmatamento de áreas verdes, por exemplo, mobiliza entidades internacionais no combate de tais ações nocivas ao meio ambiente. O que se pede, no entanto, não é que haja um retardo ou pausa nos avanços tecnológicos, mas sim que estes ocorram em conjunto com práticas sustentáveis.

No que se refere à geração de energia, as fontes comumente utilizadas são os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural), energia nuclear e as hidrelétricas. Seja em maior ou menor escala, as fontes tradicionais acabam por gerar externalidades negativas como a emissão de gases poluentes e a geração de resíduos tóxicos. No caso de hidrelétricas, apesar de se utilizar uma fonte renovável, a água, a sua implementação muitas vezes implica na inundação de grandes áreas, o que pode desequilibrar o ecossistema local ou desapropriar moradores de suas casas.

Como solução para se ter um desenvolvimento mais sustentável em termos de geração de energia, há as fontes limpas como a solar fotovoltaica e a eólica, que além de renováveis não produzem lixo tóxico ou gases poluentes. A utilização de painéis solares começou a ter destaque em meados do século XX, quando o efeito fotovoltaico era utilizado em projetos espaciais da NASA. Com o tempo o uso de painéis fotovoltaicos se difundiu para outras áreas e foi ganhando espaço como uma alternativa sustentável de geração de energia em residências, comércios, indústrias e nos mais diversos estabelecimentos.

Por ser de fácil e rápida instalação e não demandar muito espaço, a utilização de sistemas de painéis solares que geram energia diretamente para o consumidor e estão localizados próximo ao local de consumo, muitas vezes em telhados, tem se popularizado. Esse tipo de geração de energia é chamado de Geração Distribuída, e diferentemente da geração convencional não necessita, na maioria dos casos, de uma ampla rede de transmissão e distribuição e também não depende totalmente da energia vinda de uma grande central geradora.

O tema deste trabalho surgiu do interesse da autora por fontes de energia limpas e sustentáveis. O objetivo é fazer uma análise do cenário geral de Geração Distribuída no Brasil

com foco em energia solar fotovoltaica. O principal questionamento foi sobre quais seriam os possíveis impactos econômicos para o Brasil com a tendência de aumento da geração distribuída de energia solar em estabelecimentos comerciais e/ou industriais. Para se chegar a essa discussão, no entanto, se fez necessário passar pelo cenário mundial de geração de energia solar, analisar a regulação específica para geração distribuída vigente no Brasil e compreender a atual participação do comércio e a indústria na geração de energia solar.

O objetivo do primeiro capítulo é introduzir o tema de trabalho, para isso, após uma síntese da história da utilização da Energia Solar Fotovoltaica, há uma breve explicação do conceito de um sistema de Geração Distribuída de energia. O capítulo apresenta também um panorama do caso de dois dos principais países no desenvolvimento, uso e popularização de tecnologias de geração de energia solar fotovoltaica do mundo: Alemanha e China.

O segundo capítulo apresenta o desenvolvimento recente da Geração Distribuída (GD) de energia solar conectada à rede no Brasil. Para isso, é apresentada também uma breve análise das políticas regulatórias e os impactos que estas têm no desenvolvimento da Geração Distribuída do país. Por fim, o capítulo analisa o caso da classe de consumo que vem popularizando o uso da energia solar: as residências, que em Maio de 2017 representavam cerca de 80% do total de conexões de Geração Distribuída.

O terceiro e último capítulo tem o foco nas perspectivas para a indústria e comércio no Brasil como micro e minigeradores, com base em projeções. Estes representam, respectivamente, 37% e 22% da capacidade instalada total de Geração Distribuída no país, o que significa que juntas as duas classes de consumo são extremamente relevantes em termos de participação na GD. Nesse capítulo é questionado o papel da regulação no desenvolvimento do setor e dos incentivos do governo. Por fim, a questão central analisada: apresentação dos possíveis principais impactos econômicos para o Brasil com a tendência de aumento da geração distribuída de energia solar conectada à rede em estabelecimentos comerciais e/ou industriais.

## **CAPÍTULO I – ENERGIA SOLAR NO MUNDO**

O objetivo do primeiro capítulo é introduzir o tema de trabalho, para isso, após uma síntese da história da utilização da Energia Solar Fotovoltaica, há uma breve explicação do conceito de um sistema de Geração Distribuída de energia. O capítulo apresenta também um panorama do caso de dois dos principais países no desenvolvimento, uso e popularização de tecnologias de geração de energia solar fotovoltaica do mundo: Alemanha e China.

### **I.1. Breve Contextualização Histórica da Energia Solar**

A energia solar fotovoltaica é, por definição, a energia que se obtém via conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). Isso só é possível graças à célula fotovoltaica, cuja fabricação é feita com um material semicondutor, o que garante que haja tal conversão (PINHO & GALDINO, 2014).

O primeiro estudo conhecido do efeito fotovoltaico se deu em 1839, feito por Edmond Becquerel através de um experimento aparentemente simples. Posteriormente, em 1905, a energia fotovoltaica seria objeto de estudo de Albert Einstein e, em 1958, seria utilizada em um satélite da NASA. Na década seguinte, o desenvolvimento de células solares com a finalidade de atender as demandas do setor espacial foi muito significativo em termos de aprimoramento tecnológico. Cabe destacar, porém, que apesar de terem se desenvolvido células solares mais eficientes, estas não necessariamente eram mais econômicas. Foi então que as circunstâncias mundiais mudaram com a primeira crise do petróleo em 1973, estimulando assim investimentos em pesquisa e desenvolvimento de células solares com um custo reduzido. Segundo Pinho e Galdino (2014) para que fosse economicamente viável seria necessário, naquele momento, reduzir até 100 vezes o custo de produção das células fotovoltaicas em relação ao custo das células usadas em aplicações espaciais. A partir da década de 1980, a preocupação com as mudanças climáticas fez com que cada vez mais investimentos ocorressem, com destaque para a primeira central solar de grande envergadura instalada na Califórnia em 1982 e para os programas de telhados solares implementados na Alemanha e posteriormente no Japão, ambos nos anos 1990 (VÁLLERA & BRITO, 2006).

Enquanto nos anos 1950 o aproveitamento da luz solar em energia elétrica era de apenas 4,5% a um custo de US\$ 1.785/Wp<sup>1</sup>, em 2015 a eficiência mundial mais que triplicou para 15%. Além do aumento do percentual de energia solar convertido em eletricidade, isto é, do aumento da eficiência energética, houve também uma redução de 1.370 vezes no custo envolvido, passando a ser de US\$ 1,30/Wp. Para que o leitor tenha uma noção da evolução na tecnologia de sistemas fotovoltaicos, em 2016 já era possível encontrar painéis solares cuja eficiência energética alcança 23,5% de conversão de energia solar (MME, 2016). O percentual de conversão varia de acordo com a tecnologia e o material utilizado na fabricação do painel escolhido.

Por ser de fácil e rápida implementação, além de cada vez mais proporcionarem uma boa eficiência energética, os painéis fotovoltaicos vêm se destacando num segmento alternativo à tradicional geração centralizada de energia elétrica: a Geração Distribuída.

## I.2. Geração Distribuída

A geração de energia elétrica como se usualmente conhece é feita por grandes centrais geradoras e, após isso, o fornecimento de energia se dá através de uma ampla rede de transmissão e distribuição até o consumidor final, conforme o ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Ilustração de uma Geração Convencional de Energia

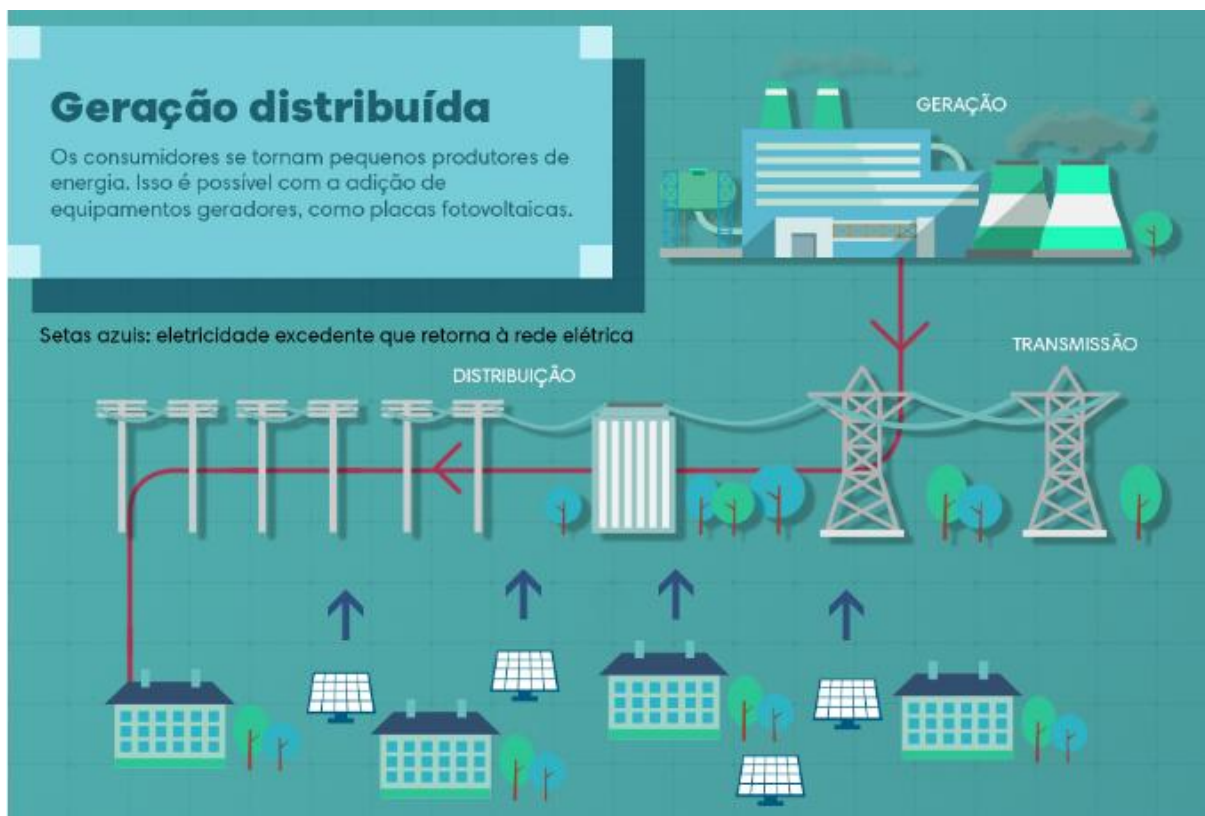


Fonte: Marcelo Andreguetti/Estúdio ABC.

<sup>1</sup> Wp (Watt-pico) é uma medida de potência energética normalmente associada a painéis fotovoltaicos e representa o valor de potência do painel obtido em condições ideais específicas.

Em uma definição mais geral, pode-se dizer que na Geração Distribuída (GD) a geração de energia é feita a partir de sistemas de potência de capacidade reduzida e que ficam alocados próximos ao centro de consumo, sem a necessidade de extensas redes para a sua transmissão (PEPERMANS *et al.*, 2005). A Figura 2 ilustra bem o funcionamento de um sistema de Geração Distribuída de Energia.

Figura 2 - Ilustração de uma Geração Distribuída de Energia.



Fonte: Marcelo Andreguetti/Estúdio ABC.

O conceito de GD está frequentemente atrelado à capacidade instalada da planta geradora e, devido a isso, varia de país para país<sup>2</sup>. No entanto, algumas particularidades são apontadas por Miranda (2013) em seu trabalho como características comuns à quase toda planta de GD:

<sup>2</sup> A definição de Geração Distribuída estipulada pela regulamentação brasileira será detalhada no Capítulo II deste trabalho.

- a) De forma geral, a GD é um recurso flexível do sistema vigente, isto é, não está amarrada às complexidades que um sistema convencional de geração de energia tem, como o planejamento do despacho, por exemplo;
- b) No caso de GD são comumente utilizadas tecnologias como micro turbinas, pilhas a combustível, painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas;
- c) A instalação de uma planta de GD não demanda a instalação de extensas linhas de transmissão, além disso, os projetos de GD costumam ser de rápida instalação e operação de curto prazo;
- d) Esta modalidade permite que pequenos investidores atuem no setor de energia, bem como os aproxima de políticas de eficiência energética;
- e) No caso de plantas de GD instaladas em telhados e em lajes, por exemplo, a instalação não demanda novas terras e não compete por novos solos, evitando assim os impactos que ocorrem com a instalação de grandes plantas (TURNERY & FTHENAKIS, 2011 *apud* MIRANDA, 2013);
- f) Como a geração de energia se situa perto do local de consumo final, há uma redução na saturação da rede de distribuição e, ao mesmo tempo, se mitigam possíveis perdas de energia que ocorrem no intervalo entre o processo de geração e distribuição.

A Geração Distribuída ajuda a garantir a segurança energética de um país e reduzir os riscos de apagões, isso porque para uma demanda cada vez maior por energia, a GD torna possível que existam várias pequenas centrais geradoras, centrais essas que ajudam a desafogar o sistema nacional elétrico. Além disso, um grande diferencial da geração distribuída de energia solar é que esta é uma fonte considerada limpa, pois não há emissão nem descarte de poluentes, e renovável, visto que se é utilizada a inesgotável luz proveniente do Sol. Não é por acaso que a GD tem ganhado cada vez mais destaque nas discussões acerca do papel de fontes alternativas na diversificação da matriz energética de um país e também do avanço consideravelmente rápido da sua viabilidade econômica.



### I.3. Viabilidade Econômica da Geração Distribuída

Mas, afinal, quão economicamente viável é a instalação de uma planta de GD? Nogueira (2016) lembra que o que leva o consumidor a adotar a micro ou minigeração<sup>3</sup> em seu estabelecimento é, inequivocamente, resultado de um processo de análise de alguns fatores, o que inclui a comparação do quanto se deixaria de pagar a distribuidora pela compra de energia com o valor necessário para o investimento em GD, o que inclui a instalação e manutenção do sistema fotovoltaico. Certos conceitos matemáticos e econômicos são utilizados na análise de viabilidade, tais como valor presente líquido<sup>4</sup> (VPL), taxa interna de retorno<sup>5</sup> (TIR) e *payback*<sup>6</sup>. Outros fatores a serem considerados na análise de viabilidade são o nível de irradiação solar do local e desempenho do sistema de geração distribuída escolhido.

De acordo com análises realizadas sobre a indústria solar fotovoltaica, quando a capacidade instalada de módulos UFV dobra, há uma redução de aproximadamente 20% no preço do mesmo (DE LA TOUR; GLACHANT; MÉNIÈRE, 2013 *apud* NAKABAYASHI, 2015). Aliado a isso, cabe ressaltar o crescimento mundial da capacidade instalada de painéis fotovoltaicos que vem ocorrendo ano a ano, crescimento este que, segundo projeções, continuará pelo menos até 2040, conforme o gráfico apresentado na Figura 3 indica.

---

<sup>3</sup> Os conceitos de micro e minigeração distribuída serão devidamente apresentados no Capítulo II deste trabalho.

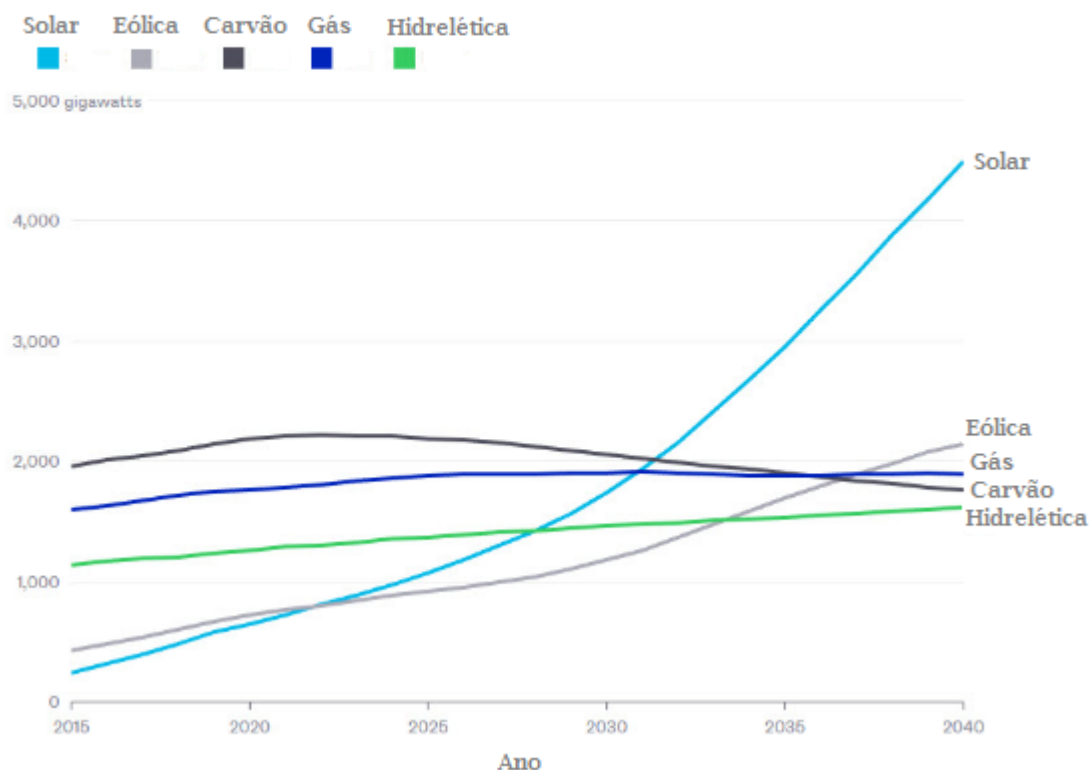
<sup>4</sup> O VPL traz ao valor presente um valor futuro. Ele representa a diferença entre os recebimentos e os pagamentos de um projeto de investimento em valores monetários atuais.

<sup>5</sup> A TIR é a taxa de juros (desconto) que iguala, em determinado momento do tempo, o valor presente das entradas (recebimentos) com o das saídas (pagamentos) previstas de caixa. A TIR é usada como método de análise de investimentos, onde o investimento será economicamente atraente se a TIR for maior do que a taxa mínima de atratividade (taxa de retorno esperada pelo investimento).

<sup>6</sup> *Payback* é o tempo de retorno desde o investimento inicial até o momento em que os rendimentos acumulados tornam-se iguais ao valor desse investimento.

Figura 3 - Projeção da evolução da capacidade instalada de energia no mundo, por tipo de fonte.

## Capacidade instalada acumulada por tipo de fonte

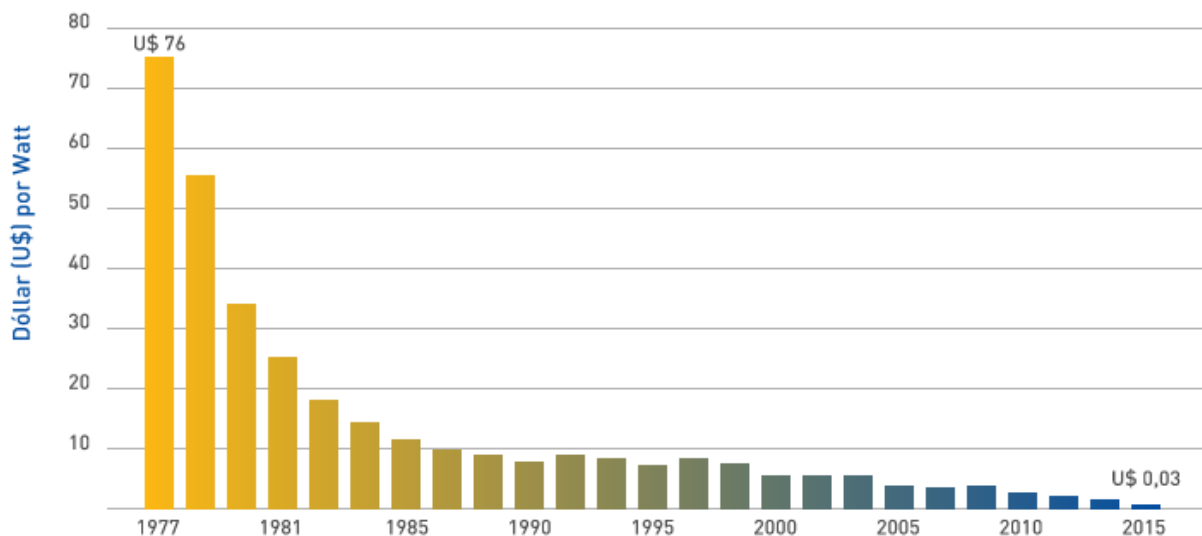


Fonte: Bloomberg (2017). Adaptado.

A expectativa é que, em 2032, a fonte solar de energia ultrapasse todas as demais fontes em termos de capacidade instalada, incluindo os combustíveis fósseis (BLOOMBERG, 2017).

Pode-se observar também uma trajetória de queda do preço médio dos painéis fotovoltaicos ao longo dos anos, de acordo com o indicado na Figura 4 e, por conseguinte, de aumento na viabilidade de sua implementação.

Figura 4 - Evolução do preço médio das células fotovoltaicas no mundo (US\$/W).

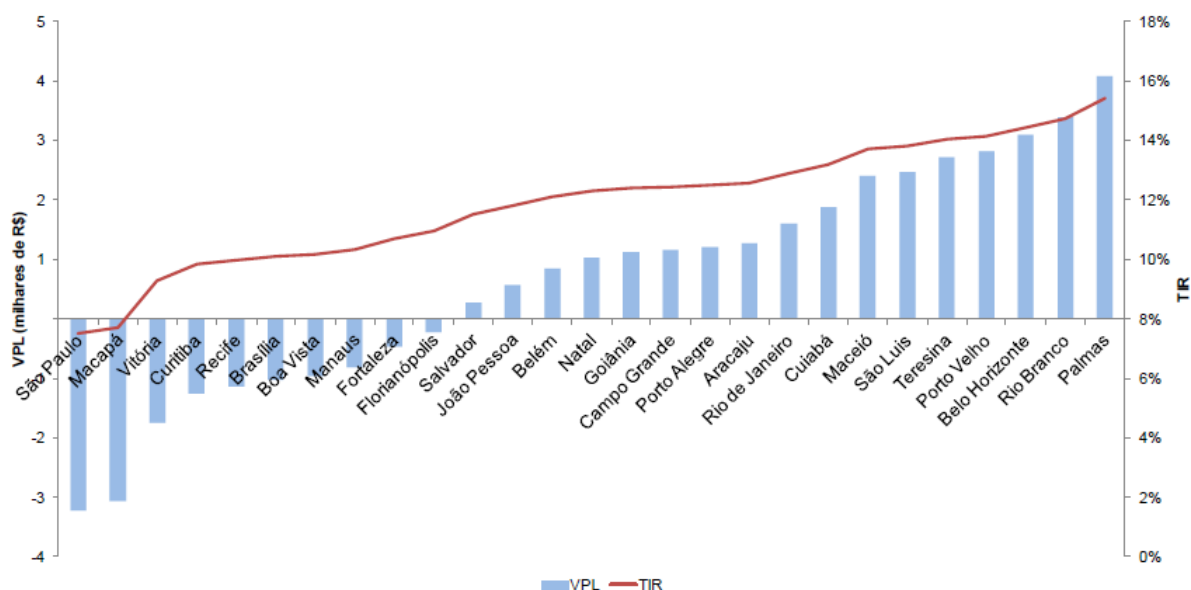


Fonte: P&N Energia Solar (2017).

Em seu trabalho sobre a microgeração de energia solar especificamente no setor residencial brasileiro, Nakabayashi (2015) notou que, para dadas condições pré estabelecidas (cenário padrão), em 2015 já havia previsão de viabilidade econômico-financeira na maioria das capitais do país. O destaque positivo do estudo foi Rio Branco e Palmas, cujas taxas internas de retorno passaram dos 15%, ao passo que São Paulo, talvez por possuir um nível de irradiação e tarifa da concessionária abaixo da média<sup>7</sup>, apresentou uma taxa interna de retorno não tão animadora (8,2%) e um valor presente líquido negativo. O resultado de todas as capitais pode ser observado na Figura 5.

<sup>7</sup> Em São Paulo o nível de irradiação é de 4,85 kWh/m<sup>2</sup> dia, enquanto a média das capitais é de 5,09 kWh/m<sup>2</sup> dia. A média de tarifa (projetada) das 27 capitais é de 503 R\$/MWh, já a tarifa para a cidade de São Paulo é bem inferior, sendo aproximadamente 370 R\$/MWh.

Figura 5 - Resultado da simulação de VPL e TIR no caso de microgeração de energia solar nas capitais brasileiras.



Fonte: Nakabayashi (2015).

Deixando o consumo residencial de lado e focando então nos consumidores de grande porte de energia elétrica, isto é, a classe comercial e industrial, Nogueira (2016) fez um trabalho sobre a viabilidade econômica de se implementar a geração distribuída de energia solar fotovoltaica nesse tipo de estabelecimento. Mais uma vez, diferentes cenários foram propostos pelo autor, como variados níveis de inflação e presença/ausência de financiamento e, em praticamente todos estes, se comprovou a viabilidade do projeto.

Em termos mais gerais, pode-se analisar o resultado do estudo publicado pelo centro de pesquisa alemão Fraunhofer IWES em 2014, que descobriu que a Alemanha vem fazendo investimentos em energias renováveis que acabarão por si mesmas compensando a energia convencional. O ponto de equilíbrio era esperado para em torno de 2030, mas ele já foi atingindo, tanto que a Índia, por exemplo, está abandonando os planos para as novas usinas de carvão em favor da energia eólica e solar. Fraunhofer IWES colocou como cerca de dois anos e meio o tempo de retorno do investimento em plantas fotovoltaicas instaladas no norte da Europa, e cerca de um ano e meio para as instaladas em lugares mais ensolarados (MORRIS & PEHNT, 2017). Sendo assim, cabe ressaltar que em certas circunstâncias e países “clearly, the energy payback of PV is tremendous – the energy you get back is an order of magnitude greater than what you put in.” (MORRIS & PEHNT, 2017, p. 131).

O avanço da viabilidade econômica de pequenos geradores elétricos, o que inclui os geradores que utilizam fontes renováveis como solar e eólica leva, conseqüentemente, ao aumento da descentralização de geração de energia elétrica. Segundo a ABRADDEE (2017) tal mudança acontece com força no setor elétrico em todo o mundo e direciona o holofote para as redes de distribuição, que seriam agora responsáveis também por reduzir os efeitos intermitentes dos pequenos geradores e aumentar a qualidade do fornecimento de energia. É de se esperar assim que a discussão acerca da geração distribuída também envolva o planejamento energético do país. Em países cujos mercados de energia estão mais maduros a GD já é considerada uma alternativa à expansão de plantas centralizadas e de grande porte, o que certamente reduziria os grandes impactos socioambientais que são causados por estas (FREITAS & HOLLANDA, 2015).

#### **I.4. Políticas de incentivo à Geração Distribuída**

A fim de estimular a adoção da energia solar como fonte de energia via Geração Distribuída, existem alguns incentivos usados ao redor do mundo, os principais são (FREITAS & HOLLANDA, 2015):

- *Feed-in-Tariff* (FIT, Tarifa *Feed in*)

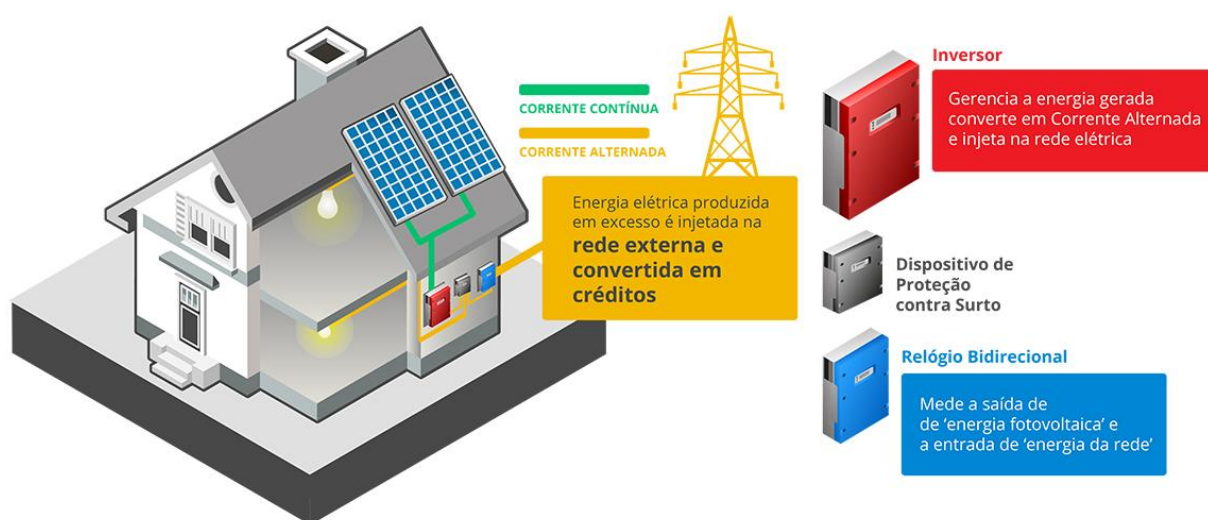
O incentivo nesse caso ocorre porque o valor pago pela energia enviada à rede é superior ao valor da energia comprada da distribuidora. O valor da tarifa (em unidades monetárias por kWh) depende custo de geração, da fonte utilizada, do tipo de instalação, entre outros. Os contratos acordados são de longo prazo (maiores que 15 anos) e não importa se a geração de energia é para autoconsumo ou exportação, desde que seja uma fonte renovável. Vale ressaltar que o mecanismo utilizado na Tarifa *Feed in* vai, aos poucos, sendo reduzido, ou seja, o valor pago pela energia excedente enviada vai se aproximando do valor normal da energia comprada da distribuidora, a fim que estimular uma redução nos custos da GD. Um exemplo de país no qual esse tipo de incentivo vem dando certo é a Alemanha.

- *Net Energy Metering* (NEM, ou *Net Metering*)

O incentivo do NEM vem da possibilidade do proprietário ou consumidor obter créditos da energia excedente que é gerada via sistemas fotovoltaicos e injetada na rede da distribuidora. Os créditos em energia podem ser utilizados para abater contas

futuras, assim, é como se o *Net Metering* funcionasse como uma “estocagem” do excedente da energia que é gerada. Essa modalidade de incentivo é aplicada em alguns estados dos EUA, na Austrália e no Brasil. A Figura 6 ilustra como o *Net Metering* funciona.

Figura 6 - Representação de um Sistema de Net Metering.



Fonte: Engesolver (2017).

- *Renewables Energy Certificates* (REC, Certificados de Energias Renováveis)

São títulos negociáveis que representam um certificado global de que determinada energia foi gerada por uma fonte renovável, os RECs podem ser separados de acordo com a sua fonte energética e local. O mercado de RECs surgiu a partir de requerimentos legislativos de alguns estados que cobravam que parte da eletricidade de empresas de energia fosse suprida por fontes renováveis (*compliance markets*), mas isso não impede que clientes corporativos e residenciais também decidam aderir a esse mercado. Apesar da iniciativa de utilização de RECs no Brasil por parte de algumas entidades tal mercado ainda é incipiente no país.

## **I.5. Os Casos da Alemanha e China**

Dentre os países que investem em energia solar há aqueles que se destacam mais, como a Alemanha e a China, devido ao sucesso que tiveram na aplicação de políticas energéticas e de mecanismos de incentivo, bem como por conseguirem alcançar um alto nível de capacidade instalada. Observar de forma sintetizada como o processo de implementação de fonte solar fotovoltaica de geração de energia ocorreu nesses países serve de ajuda para compreender a difícil dinâmica que se exige para que haja o estímulo à diversificação da matriz energética.

### **I.5.1. Alemanha**

A virada alemã em direção às fontes renováveis de energia se deu nos anos 1990 por meio de incentivos do governo, com destaque para a implementação de tarifas *Feed in*. O uso dessa modalidade de incentivo foi importante, pois forneceu certa segurança ao investidor, algo determinante em um negócio que ainda estava em sua fase inicial, tanto na Alemanha como ao redor do mundo. Até hoje a adoção estável de tarifas *Feed in*, com pagamento garantido por um período de 20 anos, reduz os riscos dos projetos e torna atrativa a entrada de novos investidores no mercado de energia renovável alemão. O fato de ter sido um dos pioneiros em renováveis resulta em algumas vantagens como, por exemplo, os projetos alemães na área exigem um custo relativamente baixo de capital se comparado a outros países (IEA, 2013).

A transição alemã em direção a uma geração de energia de baixa emissão de carbono, ambientalmente sustentável, confiável e acessível recebeu o termo, em inglês, de *Energiewende*. O *Energiewende* teria suas bases no movimento anti nuclear da década de 1970, bem como também no choque do petróleo e no colapso em Chernobyl, que levaram à busca de alternativas. A idéia é que a nova matriz energética alemã seja composta fortemente por fontes renováveis, tais como eólica, solar fotovoltaica e hidrelétrica (MORRIS & PEHNT, 2017).

Dentre os membros da IEA, a Alemanha tem o terceiro maior nível de fornecimento total de energia primária (TPES, em inglês), atrás apenas dos Estados Unidos e Japão. Desde 2000, porém, o nível de energia fornecido vem caindo e a tendência, segundo previsão do governo federal alemão, é que este continue em queda até pelo menos 2030 (IEA, 2013).

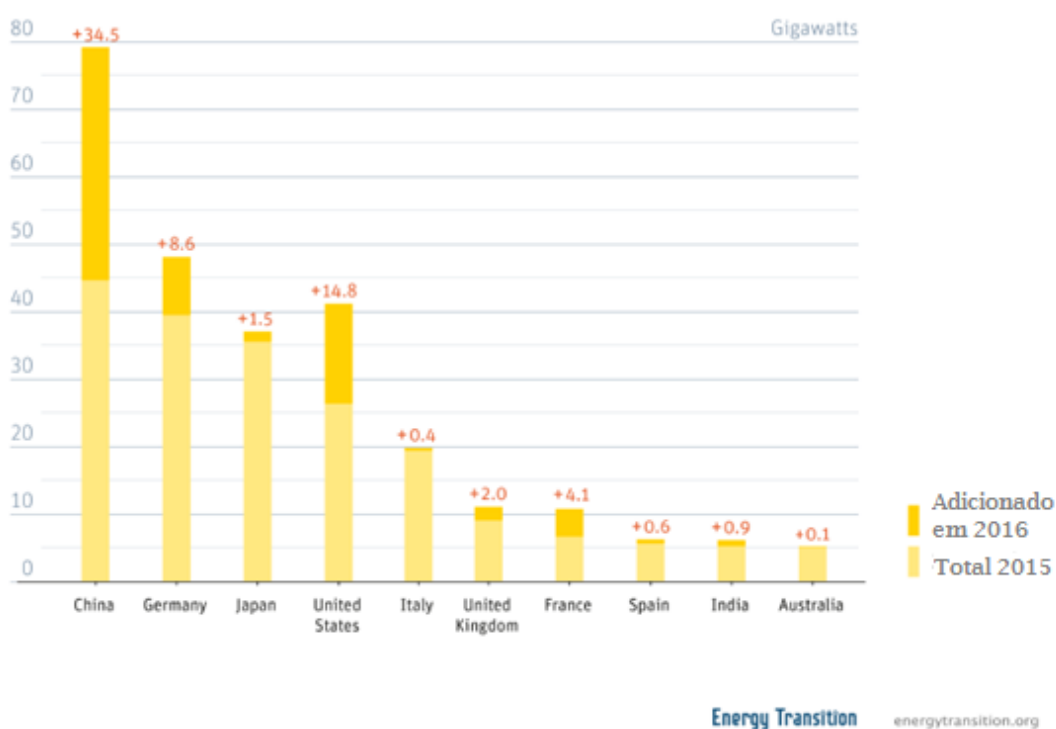
De acordo com o relatório de 2013 da International Energy Agency (IEA), a Alemanha é o maior emissor da União Européia de gases responsáveis por causar o efeito estufa, no entanto, o país tem alvos ambiciosos para os próximos anos: reduzir as emissões de tais gases em 40% até 2020, em 55% até 2030, em 70% até 2040 e de 80% a 95% até 2050. Ainda segundo a IEA (2013) tanto entidades públicas como privadas têm investido em projetos de energia renováveis no país, em 2011 o montante de investimento chegou a 31,9 bilhões de dólares, o equivalente a 22,9 bilhões de euros, apenas a China e os EUA investiram mais naquele ano.

Apesar de não ser um país ensolarado como o Brasil, a Alemanha conseguiu formar um dos maiores mercados de energia solar fotovoltaica do mundo e obter resultados impressionantes. Em Julho de 2015 a produção de energia solar foi, pela primeira vez, superior à produção de energia nuclear (MORRIS & PEHNT, 2017).

Em termos absolutos a Alemanha possui maior capacidade instalada de energia solar UFV do que qualquer outro país, perdendo desde o final de 2015 apenas para a China, conforme o indicado na Figura 7.

Figura 7 - Ranking dos principais países em termos de capacidade instalada de energia solar (2016).

### Top 10 países em energia solar em termos de capacidade total instalada, 2016

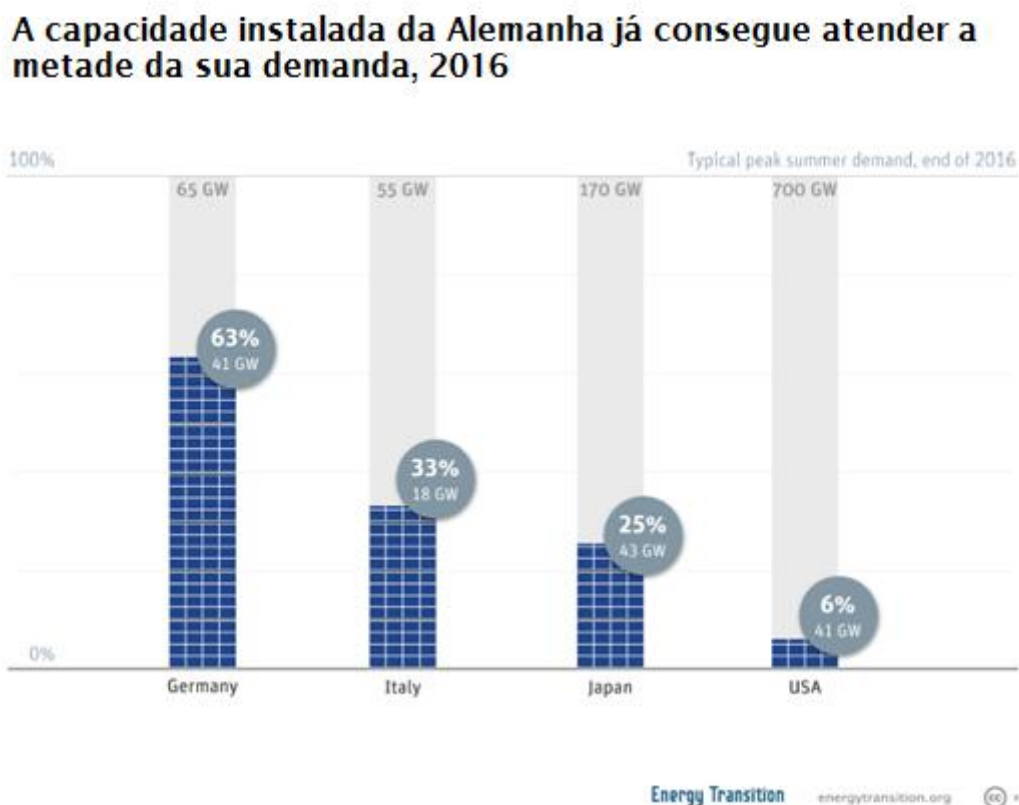


Fonte: Morris & Pehnt (2017). Adaptado.



Morris e Pehnt (2017) ressaltam, porém, que talvez mais importante que a capacidade instalada por si só seja a relação da capacidade instalada de um país com a sua demanda por energia. Sob essa análise, a Alemanha se encontra na frente visto que em dias mais ensolarados e de baixo consumo, a energia solar já consegue atender 50% da demanda do país por algumas horas. Observe a Figura 8.

Figura 8 - A capacidade de energia solar instalada na Alemanha já é metade da sua demanda de energia.



Fonte: Morris & Pehnt (2017). Adaptado.

### I.5.2 China

Em seu relatório de 2013, a IEA já havia apontado que as economias emergentes assumiriam um papel de destaque devido ao grande crescimento na demanda de energia nos próximos anos, crescimento esse liderado pela China, que atualmente é a maior consumidora de energia elétrica do mundo. Não é por acaso que os países emergentes também se destacam quando se trata do nível de emissão de CO<sub>2</sub> associados à geração de energia, sendo a China o país que mais polui a atmosfera, o que já se tornou uma questão não só ambiental, mas também de saúde pública para a população chinesa (SOUZA & CAVALCANTE, 2016).

Desde a década de 1950 que o governo da China vem apoiando a pesquisa e desenvolvimento de painéis solares, no início com a principal finalidade de estes serem utilizados no espaço. Nos anos 1990, a indústria de fabricação de painéis começou a se desenvolver, ainda que lentamente. Em meados dos anos 2000, a política chinesa de energia solar passou a ser focada na produção voltada principalmente para a exportação de painéis fotovoltaicos. Prova disso é que até o início da década de 2010, aproximadamente 95% dos painéis chineses eram exportados. Interessante notar também que quando se tratava de adoção de energia renovável no próprio país, o governo se concentrou inicialmente na energia eólica (NUOSHU & COUTO, 2017).

No entanto, o cenário mudou quando o mercado chinês enfrentou dificuldades, seja por causa da crise financeira mundial ou devido às medidas antidumping tomadas por seus principais mercados consumidores, Europa e Estado Unidos. Como o setor de produção de equipamentos ligados à energia solar havia sido fortemente financiado por empréstimos governamentais, coube ao governo chinês buscar uma solução para a crise do setor. Foi então que teve início um esforço do governo para criar um mercado interno de energia solar na China (NUOSHU & COUTO, 2017).

Em 2014 a China investiu 83,3 bilhões de dólares em energia renovável, o que representa um valor 117% maior do que os investimentos feitos pelos Estados Unidos. Os bancos públicos chineses tem sido os grandes financiadores de energias alternativas, oferecendo taxas de juros baixas a fim de garantir a realização de projetos na área. O Conselho de Estado da China anunciou a meta de atender 20% das necessidades energéticas do país a partir de combustíveis não fósseis até 2030. Em termos de pesquisa, desenvolvimento e produção a China tem um cenário positivo, por exemplo, no ano de 2010 metade das turbinas eólicas instaladas no mundo foram fabricadas na China e em 2011 60% dos painéis fotovoltaicos instalados no mundo tinham procedência chinesa (SOUZA & CAVALCANTE, 2016).

Além do financiamento de bancos públicos, outro forte incentivo utilizado na China é a adoção das Tarifas *Feed in* (IEA, 2016). Diante de cada vez mais empreendimentos de grande porte realizados no país, não restam dúvidas de que os incentivos estão cumprindo bem o seu papel. Recentemente foi inaugurada na China a maior usina de energia solar flutuante do mundo, cuja capacidade instalada é de 40 MW, o que significa que a usina gera energia suficiente para abastecer 15 mil residências (O GLOBO, 2017).

Figura 9 - Maior usina solar flutuante do mundo, localizada na China.



Fonte: O Globo (2017).

Em 2016, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica na China mais do que dobrou, o que fez com o que o país passasse a ser o maior produtor de energia solar no mundo, em termos de capacidade. No final de 2016 a capacidade instalada solar fotovoltaica era de 77, 42 gigawatts. O país planeja instalar mais 110 gigawatts e investir cerca de 364 bilhões de dólares em geração de energia renovável até 2020 (WOO, 2017).

### **I.5.3 Considerações**

É verdade que cada país tem as suas particularidades, o que torna qualquer comparação indevida se estas não forem consideradas. Alemanha e China conseguem se destacar no cenário mundial quando o assunto é geração de energia solar fotovoltaica, porém, elas chegaram a esse patamar por vias distintas.

A Alemanha contou com a forte ação de seu governo no sentido de estimular através de leis e regulamentação a adesão de fontes renováveis de energia, o que inclui a fonte solar. O incentivo mais emblemático é a tarifa *Feed in*, que estimulou novos investimentos em geração de energia solar, mesmo quando o tema ainda era pouco discutido ao redor do mundo. Houve não só medidas burocráticas, mas também uma política de incentivo, de fato, atrativa

aliada a conscientização da importância das fontes limpas de energia, o que possibilitou um engajamento da população alemã. É possível ver painéis solares nas construções às margens das estradas, nos prédios públicos, nos comércios e nos mais diversos estabelecimentos, não deixando dúvidas do porquê de a Alemanha ser referência em energia solar.

A China, apesar de também contar com políticas governamentais de incentivo às energias renováveis e de adotar as tarifas *Feed in*, conseguiu crescer tão significativamente graças à uma eficiente política industrial de produção de painéis solares. Em um primeiro momento o foco foi a exportação e, quando o mercado mundial entrou em recessão, a China aqueceu o seu mercado interno para absorver a sua produção. O resultado é que o país é, desde o final de 2015, o maior em capacidade instalada de energia solar.

## **CAPÍTULO II – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL**

O presente capítulo visa apresentar o desenvolvimento recente da micro e minigeração de energia solar conectada à rede no Brasil. Para isso, será apresentada também uma breve análise das políticas regulatórias e de programas governamentais e os impactos que estes têm no desenvolvimento da Geração Distribuída (GD) do país. Por fim, o capítulo analisará o caso do principal microgerador de energia solar, em termos de número de conexões: as residências, que em maio de 2017 representavam cerca de 80% do total.

### **II.1. Aspectos Regulatórios**

No Brasil há diversas entidades voltadas para o setor de energia, no âmbito federal, por exemplo, existe o Ministério de Minas e Energia (MME), que tem como principal missão a formulação de políticas públicas, assim como a indução e também supervisão da implementação das mesmas. Cabe ainda ao MME “zelar pelo equilíbrio conjuntural e estrutural entre a oferta e a demanda de recursos energéticos no País”.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma autarquia criada em 1997 em regime especial vinculada ao MME. Dentre as suas principais responsabilidades estão: (1) Regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica; (2) Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica; (3) Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos; (4) Estabelecer tarifas; (5) Extinguir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, e (6) Promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal (ANEEL, 2017).

De acordo com o art 2º da Lei 10.847 de 15 de março de 2004, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Em 2003 houve a criação, pela Lei nº 10.438/2002, do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que tinha como objetivo aumentar a

participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos e biomassa) na produção de energia elétrica. Este programa buscou beneficiar os empreendimentos que não têm vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição. O PROINFA foi um programa pioneiro e se mostrou eficiente, especialmente no estímulo da Energia Eólica, que apresentou um salto impressionante e ao final de 2016 atingiu significativos 10,74 GW em operação, de acordo com o relatório do Global World Energy Council (GWEC). O problema, no entanto, é que tal programa não incluía as fontes de geração de energia solar fotovoltaica, contribuindo assim para que o desenvolvimento do setor no país fosse tardio.

Quase dez anos depois houve um marco para a energia solar no Brasil que foi a publicação em 17 de Abril de 2012 da Resolução nº482/2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), passando a definir assim o que se qualifica como microgeração e minigeração de energia:

“Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;” (ANEEL, Resolução Normativa nº482/2012, 2012)

A Resolução nº482/2012 também especificava como deveria ser o processo de compensação de energia (*Net Metering*), isto é, como as unidades consumidoras seriam compensadas por toda a energia gerada e enviada à rede da distribuidora:

“III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.” (ANEEL, Resolução Normativa nº482/2012, 2012)

Apesar de apresentar um grande avanço para a geração distribuída no país, a regulamentação inicial estabelecida em 2012 tinha as suas limitações e entraves burocráticos.

No entanto, após consulta pública a ANEEL se apercebeu disso e aprovou a Resolução nº 687/2015, que entrou em vigor em 1º de março do ano seguinte. Houve a alteração do artigo 2º da Resolução nº 482/2012, no qual novos parâmetros para definição de microgeração foram definidos. Passou a ser considerada microgeração distribuída toda central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada<sup>8</sup> ou fontes renováveis de energia elétrica. A definição de minigeração distribuída também sofreu modificações e agora engloba as centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (ANEEL, Resolução Normativa nº 687/2015, 2015).

Além disso, o prazo para o uso da energia elétrica excedente emprestada à rede da distribuidora ficou maior, passando de 36 para 60 meses após a data do faturamento, o que claramente serve de incentivo para que a geração distribuída atraia mais usuários. O sistema de compensação continua sendo o mesmo, *Net Metering*. Há uma razão, segundo a Nota Técnica nº 0004/2011 da ANEEL, para que o sistema adotado não seja tão atrativo quanto o de outros países que adotam incentivos adicionais tais como a Tarifa *Feed in* e Certificados de Energia, por exemplo. Pondera-se que apesar de a Tarifa *Feed in* proporcionar o melhor retorno para o investidor ela também faz com que os demais consumidores banquem tal subsídio, o que é controverso diante dos níveis tarifários vigentes e dos impostos que se somam às tarifas de energia elétrica no país. Já os Certificados de Energia são descritos como instrumentos financeiros mais sofisticados, destaca-se ainda que é necessário um mercado próprio para a comercialização desses títulos, por isso, estes são mais indicados para países que apresentam certo grau de desenvolvimento da geração distribuída. Entendeu-se então que pelo fato de a troca de kWh entre o consumidor-gerador e a distribuidora não precisar envolver circulação de moedas, o *Net Metering* seria o sistema mais simples, menos oneroso e mais adequado à realidade de um país que ainda dá os seus primeiros passos na micro e minigeração de energia (ANEEL, 2011).

Outra mudança feita em 2015 foi a inclusão no artigo 6º de novas modalidades de unidade consumidora adaptas a aderir ao sistema de compensação de energia, que são as seguintes: (1) integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras (2) unidade consumidora caracterizada como geração compartilhada e (3) unidade consumidora caracterizada como autoconsumo remoto. Os conceitos de cada termo são definidos no Artigo 2º:

---

<sup>8</sup> Cogeração é o processo operado numa instalação específica para fins da produção combinada das utilidades calor e energia mecânica, esta geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia disponibilizada por uma fonte primária. Cogeração qualificada é um atributo concedido a cogeradores que atendem os requisitos definidos na Resolução Normativa nº 235/2006 (ANEEL), segundo aspectos de racionalidade energética, para fins de participação nas políticas de incentivo à cogeração.

“VI – empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: 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;

VII – 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;

VIII – 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.” (ANEEL, Resolução Normativa nº 687/2015, 2015)

A ampliação dos tipos de empreendimentos aceitos é certamente um estímulo à inovação e adesão da geração distribuída por mais consumidores, especialmente por estabelecimentos comerciais e indústrias. Olhando sob essa perspectiva, o autoconsumo remoto possibilita que uma usina de minigeração UFV localizada em um terreno com alta incidência de radiação solar atenda a diversas filiais de um comércio, por exemplo, desde que atendidas as especificações impostas na regulamentação feita pela ANEEL.

A fim de reduzir a burocracia que paira pelo ambiente de novos negócios no Brasil, outra mudança significativa foi a simplificação dos procedimentos necessários para a conexão à rede da distribuidora. Além de atualmente serem utilizados formulários padrão para que o consumidor solicite o acesso à rede, no caso de microgeração distribuída, isto é, usinas com capacidade de até 75 kW, o prazo total para que a distribuidora conecte novas usinas foi reduzido mais do que pela metade, passando de 82 dias para 34 dias com a nova Resolução. Desde janeiro de 2017 é possível também a realização de solicitação e o acompanhamento do pedido pela internet (ANEEL, 2015).



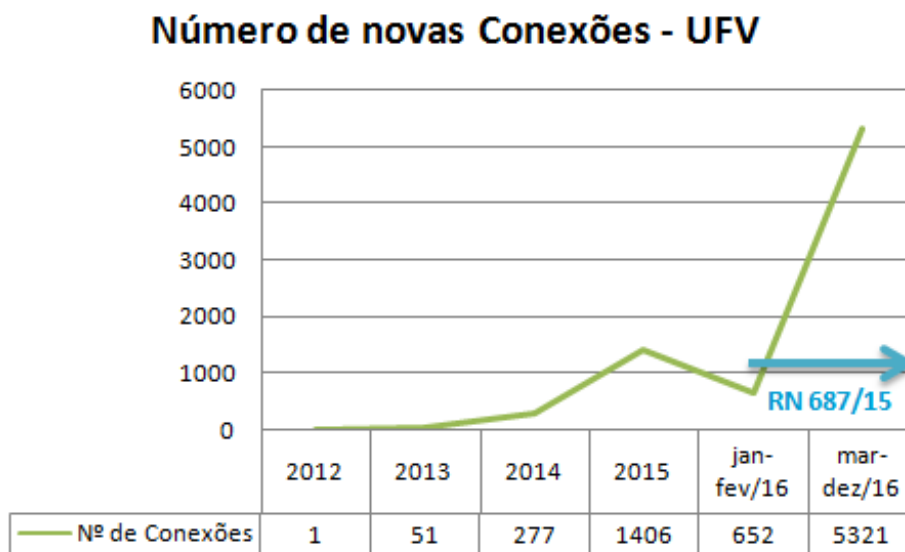
Tabela 1 - Resumo da Evolução da Regulamentação de Geração Distribuída no Brasil.

Quadro Resumo das Modificações na Regulação da GD		
	REN n°482/2012	REN n°687/2015
<b>Microgeração</b>	Menor ou igual a 100 kW	Menor ou igual a 75 kW
<b>Minigeração</b>	Superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW	Superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW
<b>Prazo para o uso da energia elétrica excedente</b>	36 meses	60 meses
<b>Sistema de Compensação</b>	<i>Net Metering</i>	<i>Net Metering</i>
<b>Modalidades de Unidade Consumidora</b>	Microgeração Distribuída; Minigeração Distribuída.	Microgeração Distribuída; Minigeração Distribuída; Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras; Geração Compartilhada; Autoconsumo Remoto.
<b>Prazo para a conexão de microgeradores à rede da distribuidora</b>	82 dias	34 dias

Fonte: ANEEL. Elaboração Própria.

A nova regulamentação, Resolução n°687/2015, vem cumprindo bem o seu papel de estimular a geração distribuída no país. Prova disso é a explosão de novas conexões logo após a sua entrada em vigor, em 1° de Março de 2016. Considerando apenas as conexões de fontes de energia solar fotovoltaica, que é o foco deste trabalho, de março a dezembro de 2016 houve 5.321 novas conexões, este número é quase quatro vezes o número de conexões UFV do ano anterior inteiro, como indicado na Figura 10.

Figura 10 - Efeito na nova Resolução no número de novas conexões UFV.



Fonte: ANEEL. Elaboração Própria.

## II.2. Incentivo Governamental: ProGD

Lançado em 15 de dezembro de 2015 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o Programa de Desenvolvimento de Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) objetiva ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia de fontes renováveis pelos consumidores, especialmente fontes de energia solar fotovoltaica. De acordo com o MME, o Programa deve movimentar 100 bilhões de reais em investimentos até 2030.

O MME (2015a) aponta também algumas ações que foram realizadas em 2015 e que seriam aprofundadas pelo ProGD, são as seguintes:

- Isenção de ICMS: O convênio de isenção do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços) garante na prática que o consumidor seja tributado com o ICMS apenas sobre o saldo da energia que ele receber da distribuidora e não conseguir compensar. Caso uma família produza 100 kWh ao mês via painéis de energia solar fotovoltaica e consuma 150 kWh nesse mesmo mês, o ICMS cobrado será referente a apenas 50 kWh. A GD fica então mais viável para os consumidores, que passam a pagar imposto somente sobre a energia que não devolveram ao sistema. A isenção foi regulamentada pelo Convênio ICMS nº 16, de 22 de abril de 2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ e por ser um tributo de competência Estadual e do Distrito Federal, a adesão varia de acordo com a localidade. Em Agosto de 2016, 21 UFs já tinham aderido ao convênio de

isenção do ICMS: Pará, Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal (SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO DE SP, 2016).

- Isenção de PIS/Cofins: Além de não pagar ICMS, também fica isenta do PIS/Pasep e da Cofins a energia injetada pelo consumidor na rede elétrica e não compensada. A isenção foi formalizada pela Lei no 13.169, de 6 de outubro de 2015, convertida da Medida Provisória 675.

- Redução do Imposto de Importação: Até 31 de dezembro de 2016, foi reduzida de 14% para 2% a alíquota do Imposto de Importação incidente sobre bens de capital destinados à produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica (Resolução CAMEX no 64, de 22 de julho de 2015, para ex-tarifários classificados no código 8428.20.90).

- Apoio do BNDES: O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) foi autorizado pela Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015, a apoiar com recursos a taxas diferenciadas projetos de eficiência energética e de geração distribuída por fontes renováveis em escolas e hospitais públicos.

### **II.3. Contexto atual da Geração Distribuída no Brasil**

A Figura 11 apresenta como a matriz energética do Brasil está organizada, de acordo com dados de dezembro de 2016. É possível comparar a capacidade instalada de grandes usinas com a capacidade instalada da Geração Distribuída. Note que ao final de 2016 a capacidade instalada total de Geração Distribuída no país era de 83 MW, contra 150.339 MW de geração convencional. A geração distribuída de especificamente através de fonte solar foi de 61 MW.

Figura 11 - Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil, valores referentes à dezembro de 2016.

Capacidade instalada de geração elétrica – dez/2016 (MW)						
Fonte	Nº Usinas <sup>1</sup>	Capacidade instalada (CI) (MW)	Geração Distribuída (MW)	Total (MW)	Estrutura %	Acréscimo N-(N-1) (MW)
Hidrelétrica	1.259	96.925	5	96.930	64,5	5.278
UHE	220	91.499		91.499	60,9	5.133
PCH	453	4.941		4.941	3,3	55
CGH	586	484	5	490	0,3	90
Gás Natural	156	12.965		12.965	8,6	537
Biomassa	504	14.001		14.001	9,3	744
<i>Dos quais bagaço</i>	399	10.903		10.903	7,3	371
Óleo (fóssil)	2.220	8.877		8.877	5,9	307
<i>Dos quais OC</i>	41	4.057		4.057	2,7	-84
Carvão Mineral	13	3.389		3.389	2,3	0
Nuclear	2	1.990		1.990	1,3	0
Gás Industrial <sup>2</sup>	37	1.925		1.925	1,3	237
Eólica	413	10.124	5	10.129	6,7	2.495
Biogás	29	119		119	0,1	40
Solar	44	24	61	84	0,02	52
Desconhecidas	30	150	12	162	0,10	5
<b>TOTAL</b>	<b>4.707</b>	<b>150.338</b>	<b>83</b>	<b>150.421</b>	<b>100,0</b>	<b>9.545</b>
Importação contratada				5.850		
<b>Disponibilidade total</b>				<b>156.271</b>		

<sup>1</sup> Exclui GD (8.840), <sup>2</sup> Inclui gás de refinaria, de alto forno, de coqueria, de aciaria e de enxofre

Fonte: MME (2017).

Nos meses seguintes se pôde observar um crescimento significativo na capacidade instalada de GD no país. Segundo dados de Maio de 2017, a Energia Solar Fotovoltaica (UFV) lidera de longe a quantidade de potência instalada de Geração Distribuída no país, com 81.156,56 kW, o que representa significativos 67,98% do total. Em segundo lugar vêm as Usinas Termelétricas (UTE), com 16.787,50 kW de potência instalada, em seguida vêm as Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) com 11.253,20 kW e por último as Usinas Eolielétricas (EOL) com 10.177,20 kW. A Tabela 2 a seguir detalha como a Geração Distribuída no Brasil está dividida por tipo de geração (ANEEL, 2017).

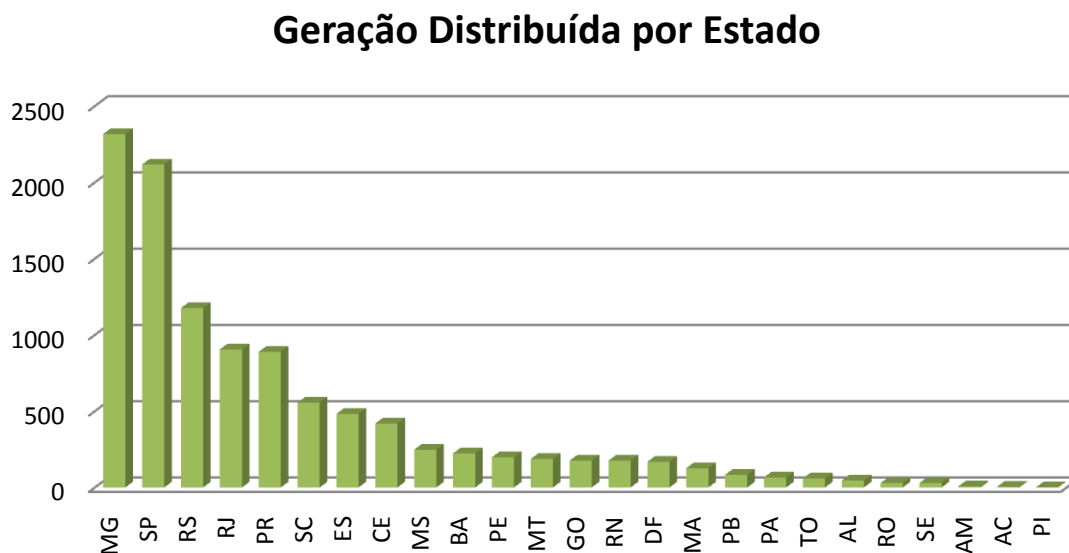
Tabela 2- Geração Distribuída por Tipo de Geração, 29 de Maio de 2017.

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL			
Tipo	Quantidade	Quantidade de UCS que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
CGH	15	50	11.253,20
EOL	50	51	10.177,20
UFV	10.499	11.588	81.156,56
UTE	46	158	16.787,50
<b>Total</b>	<b>10.610</b>	<b>11.847</b>	<b>119.374,46</b>

Fonte: ANEEL (2017). Elaboração Própria.

Em relação à adesão da micro e minigeração pelo país, observa-se que o estado de Minas Gerais é referência, com 2.317 conexões. São Paulo, com 2.117, Rio Grande do Sul, com 1.176, e Rio de Janeiro, com 905, vêm em seguida, conforme indicado na Figura 12.

Figura 12 - Geração Distribuída por Estado, 31 de Maio de 2017.



Fonte: ANEEL (2017). Elaboração Própria.

Ao analisar a Geração Distribuída no país por Classe de Consumo, isto é, pelo tipo de unidade consumidora que se beneficia da energia gerada, a classe residencial se destaca com 8.429 conexões (ver Tabela 3 a seguir) de micro ou minigeradores destinados a atender a sua demanda, o que representa expressivos 79,44% do total. Em segundo lugar, vem a classe comercial com 15,12% (1.604 conexões) seguida pela classe industrial com 2,14% (227 conexões), essas duas juntas totalizam 17,26% das conexões de geração distribuída do país. A fim de facilitar a compreensão e análise do setor, decidiu-se por primeiro analisar brevemente o caso que vem dando certo, ou seja, a classe que tem popularizado cada vez mais a geração distribuída no país: a residencial.

Tabela 3 - Geração Distribuída por Classe de Consumo, 29 de Maio de 2017.

<b>GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL</b>			
<b>Classe de Consumo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Quantidade de UCS que recebem os créditos</b>	<b>Potência Instalada (kW)</b>
<b>Comercial</b>	1.604	1.975	43.523,47
<b>Iluminação Pública</b>	7	7	75,72
<b>Industrial</b>	227	266	26.798,95
<b>Poder Público</b>	89	131	3.481,56
<b>Residencial</b>	8.429	9.085	35.107,52
<b>Rural</b>	225	354	9.818,54
<b>Serviço Público</b>	29	29	568,70
<b>Total</b>	<b>10.610</b>	<b>11.847</b>	<b>119.374,46</b>

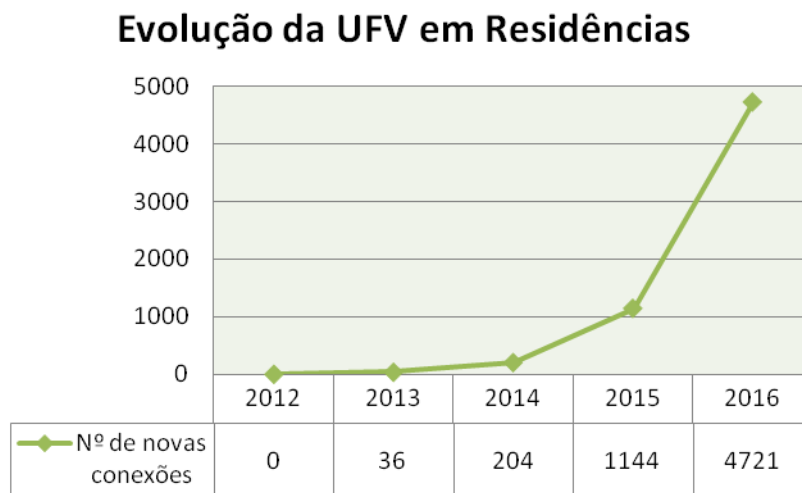
Fonte: ANEEL (2017). Elaboração Própria.

Cabe ressaltar, porém, que se analisada a participação de cada classe de consumo em termos de potência instalada em vez de quantidade de conexões, o cenário irá se inverter. O setor comercial e industrial representam juntos a maior fatia de potência instalada, e é por isso que a análise a respeito das perspectivas para a geração distribuída nesses setores é considerada tão relevante no presente trabalho e será justamente essa a abordagem do próximo capítulo.

#### **II.4. O caso Residencial**

A Resolução n°482/2012, a sua versão revisada em 2015, bem como programas governamentais como o ProGD cumpriram muito bem o seu papel no que se refere ao estímulo à micro e minigeração, pelo menos quando se trata do uso residencial de energia solar. Focando agora apenas nessa classe de consumo observa-se que a evolução do número de novas conexões de fonte de energia solar fotovoltaica de 2012 a 2016 é extremamente animadora. Enquanto em 2012 não havia nenhuma conexão de fonte UFV ao sistema e apenas quatro anos depois esse número chegou a 4.721 novas conexões. A evolução do número de novas conexões pode ser observada na Figura 13.

Figura 13 - Evolução do nº de novas conexões UFV em Residências.



Fonte: ANEEL (2017). Elaboração Própria.

Conforme a Tabela 3 apresentada anteriormente, em Maio de 2017 havia um total de 8.429 conexões de geração distribuída para a classe residencial, o que representa 79,44% do total de conexões e 29% do total de potência instalada. Mas, o que motiva famílias a investir em microgeração de energia em vez de continuar recebendo energia diretamente da distribuidora? Tal discussão é levantada por Miranda (2013) que lembra que as famílias devem ser encaradas como um agente racional e maximizador de sua utilidade:

“A hipótese básica aqui considerada é o fato de o tomador de decisão ser um agente racional do ponto de vista econômico; logo, sua opção é sempre guiada pelo melhor resultado econômico, excluindo, assim, quaisquer juízos de valor éticos ou morais. Para o caso em que o tomador de decisão é pessoa física, o marco inicial para a instalação de um painel solar é a paridade entre o custo anualizado de geração de energia solar e a tarifa local paga à distribuidora.” (MIRANDA, 2013; p. 36)

Ainda no que se refere aos determinantes para a escolha ou não de adoção de um sistema de microgeração de energia solar em residência, Miranda pondera ainda outros fatores:

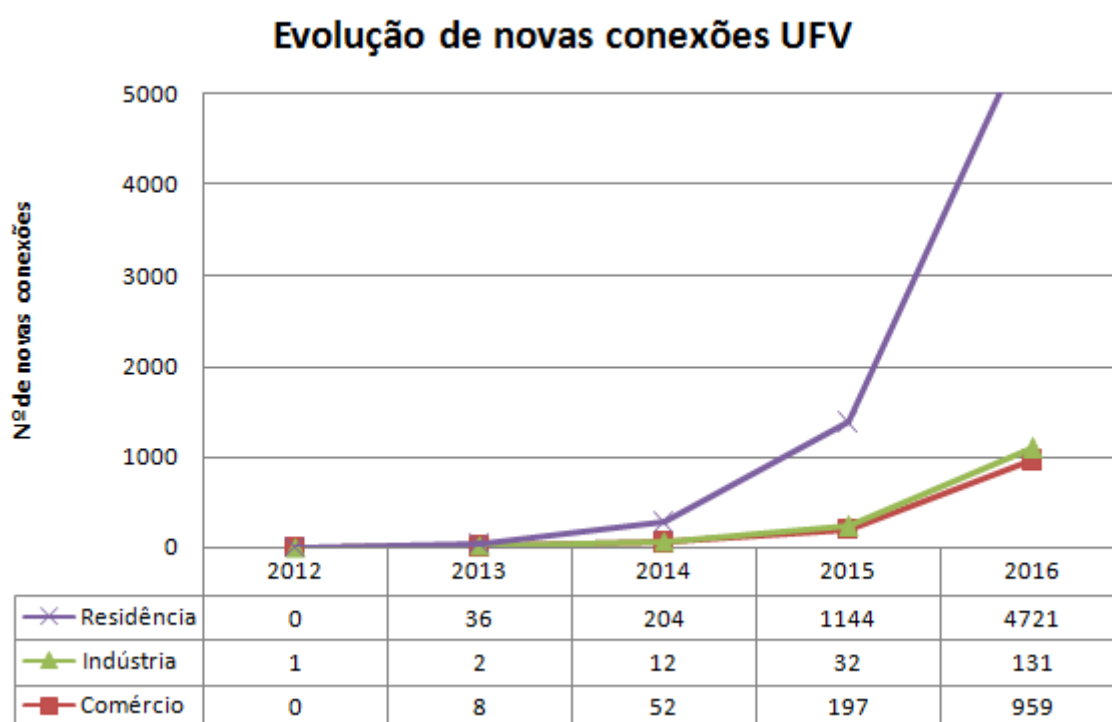
“O ponto no qual o custo da energia proveniente de sistemas fotovoltaicos é equivalente ao valor pago junto à distribuidora local é a paridade tarifária, isto é, o *break even*<sup>9</sup> no qual a tarifa residencial local será igual ao custo nivelado, no longo prazo, de um painel fotovoltaico. De fato, esta é a questão principal, mas como analisar se, de fato, um sistema fotovoltaico poderia ser adquirido por uma família? O que faz famílias com mesmo *break even* local adquirirem ou não um sistema? Assim, outros fatores deverão ser postos em análise tais como renda mensal, visto que um investimento inicial deve ser

<sup>9</sup> *Break even* é o ponto em que o total das receitas é igual ao total dos gastos (custos e despesas).

aportado. O tempo de retorno do capital aplicado e o tempo de recuperação da energia gasta na fabricação de um painel fotovoltaico (energy payback), normalmente para o Brasil entre 3 e 4 anos (FUKUROZAKI *et al.*, 2012 apud MIRANDA, 2013), são outros importantes aspectos.” (MIRANDA, 2013; p. 38)

Seguindo a mesma linha de raciocínio, pode-se inferir que uma dinâmica similar acontece no caso de comércio e indústria? Bem, a trajetória de evolução do número de novas conexões dessas três classes de consumo apresenta um comportamento parecido, ainda que em proporções diferentes, conforme o apresentado na Figura 14 a seguir.

Figura 14 -Evolução do nº de novas conexões UFV entre 2012 e 2016 no Brasil.



Fonte: ANEEL (2017). Elaboração Própria.

Apesar de tanto o comércio como a indústria apresentarem um crescimento no número de novas conexões de fonte solar fotovoltaica ano a ano no período de 2012 a 2016, em termos de quantidade a classe residencial segue bem na frente. Sabe-se que o histórico dos anos recentes é de aumento da utilização energia solar fotovoltaica nessas três classes de consumo, mas, e quanto aos próximos anos? O terceiro e último capítulo deste trabalho abordará o potencial da indústria e do comércio como produtores/consumidores de energia solar proveniente de sistemas de geração distribuída.



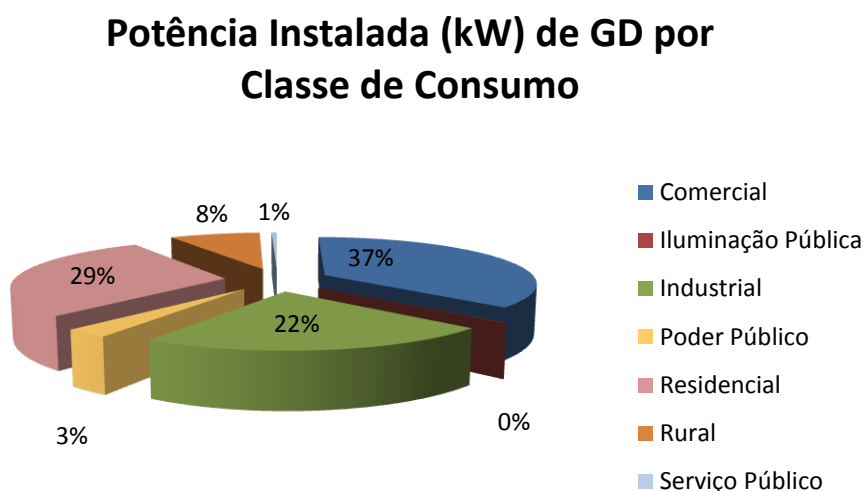
## CAPÍTULO III – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NOS SETORES COMERCIAL E INDUSTRIAL NO BRASIL

O terceiro e último capítulo tem o foco nas perspectivas para a indústria e comércio no Brasil como micro e minigeradores, com base em projeções. Estes representam, respectivamente, 37% e 22% da capacidade instalada total de Geração Distribuída no país, o que significa que juntas as duas classes de consumo são extremamente relevantes em termos de participação na GD. Nesse capítulo é questionado o papel da regulação no desenvolvimento do setor e dos incentivos do governo. Por fim, a questão central analisada: apresentação dos possíveis principais impactos econômicos para o Brasil com a tendência de aumento da geração distribuída de energia solar conectada à rede em estabelecimentos comerciais e/ou industriais.

### III.1. Indústria e Comércio como Micro e Minigeradores

Por se tratar de dois setores da economia que consomem muita energia, a adesão de geração distribuída de energia solar fotovoltaica em estabelecimentos industriais e comerciais impacta diretamente o nível de energia solar que compõe a matriz energética do país. Estes representam, respectivamente, 37% e 22% da capacidade instalada total (todos os tipos de fonte inclusos) de Geração Distribuída no país, de acordo com dados de Julho de 2017, conforme o indicado na Figura 15.

Figura 15 - Gráfico que apresenta a potência instalada de GD no Brasil por classe de consumo, Julho de 2017.



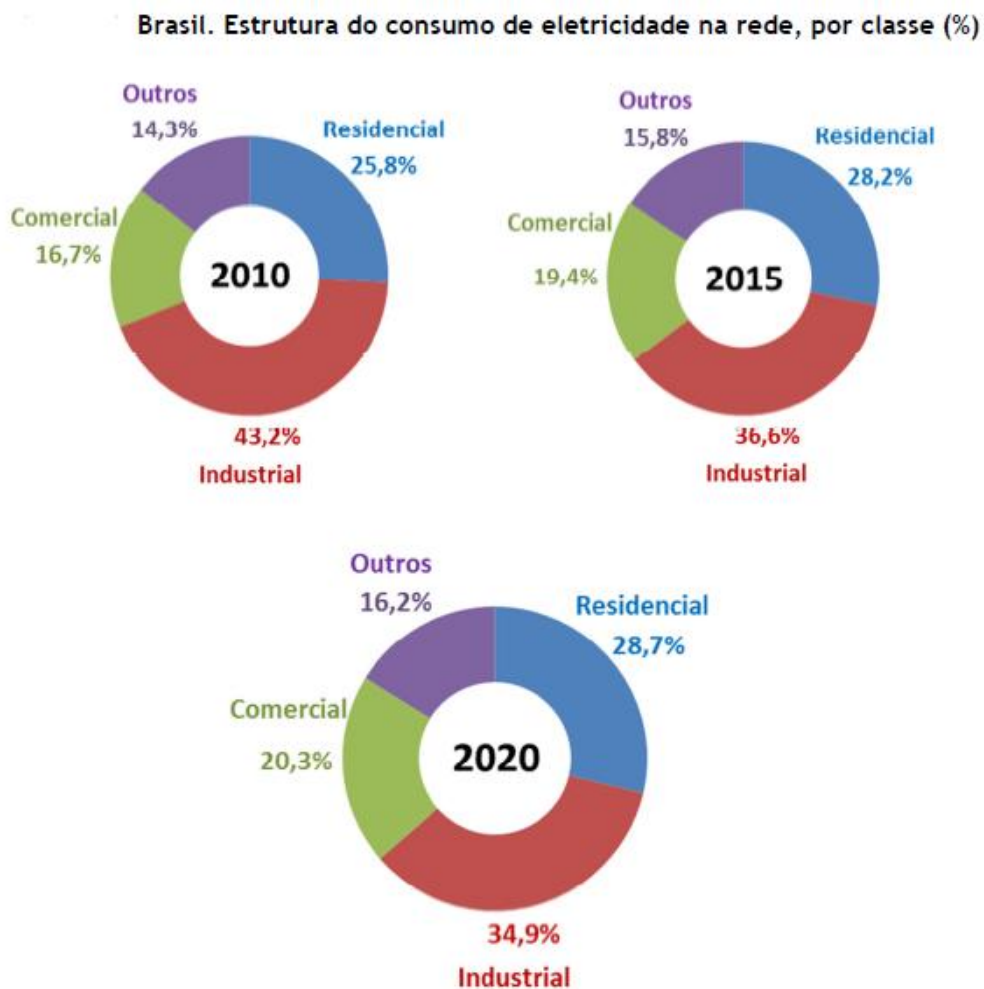
Fonte: ANEEL (2017). Elaboração Própria.

Conforme já visto no Capítulo II, a principal fonte de geração distribuída no Brasil é a solar fotovoltaica (67,98% do total de potência instalada, ver Tabela 2), o que pode indicar que talvez boa parte da GD feita por indústrias e comércios também utilize a fonte UFV.

### **III.1.1. Potencial da Indústria e do Comércio**

Apesar da recente crise econômica e política que freou por alguns meses novos investimentos no país, a expectativa é que a demanda por energia aumente nos próximos anos, conforme indica o relatório de 2015 da EPE. Diante dessa informação, se destaca a importância de que haja o devido planejamento energético a fim de garantir a segurança no fornecimento tendo em vista a grande quantidade demandada esperada dos setores industriais intensivos em energia. Mas, esse aumento não necessariamente indica uma maior utilização da energia vinda da rede de distribuição, há alternativas. No caso das indústrias, a tendência é que futuramente estas utilizem menos energia vinda da rede e mais energia gerada via autoprodução e/ou geração distribuída. A variação de demanda por energia de acordo com projeções feitas em 2015 pode ser observada na Figura 16 a seguir.

Figura 16 - Estrutura de consumo de eletricidade na rede, Brasil.



Fonte: EPE (2015).

Os grandes consumidores industriais de energia elétrica, por exemplo, englobam a cadeia do alumínio, siderurgia (produção de aço bruto), cobre, petroquímica (produção de eteno), soda-cloro, cimento, papel e celulose. A EPE considera essencial levar em conta também uma forma alternativa de geração de energia que ocorre nesses setores, a autoprodução<sup>10</sup>:

“É o caso, por exemplo, da indústria de celulose, estimando-se que praticamente toda a expansão de capacidade que venha a ocorrer no futuro seja atendida via cogeração. Existirão, ainda, outros casos em que o autoprodutor será, não somente autossuficiente em energia elétrica, mas será, de fato, um ofertante líquido de energia para o sistema elétrico. É esse o caso de usinas siderúrgicas integradas com coqueria própria, destinadas à

<sup>10</sup> Entende-se por autoprodução a geração de eletricidade do consumidor com instalações próprias de geração de energia elétrica, localizadas junto às unidades de consumo, que não utiliza, para o autossuprimento de eletricidade, a rede elétrica das concessionárias de transmissão/distribuição. O caso mais comum de autoprodução é o da cogeração.

produção de placas. O uso de formas avançadas de cogeração, com aproveitamento dos gases de coqueria e de alto-forno, associado à não existência da fase de laminação (eletrointensiva) permite, em tais plantas siderúrgicas, gerar excedentes significativos de eletricidade.” (EPE, 2015, p.37)

A estimativa do consumo total de eletricidade por parte das principais indústrias intensivas em energia pode observada na Tabela 4, assim como a projeção de consumo destas para o ano de 2020. Para além da tabela, é interessante notar que a geração de energia nesses segmentos somente via autoprodução, de acordo com estimativas, foi 23.479 GWh em 2015 e, de acordo com projeções, em 2020 será de 32.052 GWh.

**Tabela 4 - Consumo total de eletricidade (GWh) dos grandes consumidores industriais, por segmento.**

Segmento	2015-2020		
	2015	2020	(% ao ano)
Alumínio	11.744	15.697	6,0
Alumina	3.119	3.864	4,4
Bauxita	476	558	3,2
Siderurgia (aço bruto)	17.050	17.857	0,9
Pelotização	3.725	4.445	3,6
Ferroligas	6.613	7.750	3,2
Cobre	644	625	-0,6
Soda-Cloro	3.740	4.191	2,3
Petroquímica (eteno)	5.264	6.157	3,2
Celulose	16.265	23.244	7,4
Pasta Mecânica	1.130	1.108	-0,4
Papel	8.189	9.466	2,9
Cimento	7.012	7.390	1,1
<b>Total</b>	<b>84.971</b>	<b>102.353</b>	<b>3,8</b>

(1) Inclui autoprodução.

\* Estimativa preliminar para 2015.

Fonte: EPE (2015).

A demanda do setor residencial por energia depende de variáveis demográficas como o número de domicílios, por exemplo, que influencia por sua vez o número de conexões, e também de dados que associados à renda, como o PIB e PIB per capita, que tem uma correlação com o consumo médio das residências (EPE, 2015).

Já a demanda por energia do setor industrial possui uma dinâmica um pouco distinta visto que além de estar relacionada com a economia nacional, depende também da economia mundial, devido aos segmentos exportadores. Em decorrência das incertezas no curto prazo e da queda no nível de investimentos em 2014 e 2015, o crescimento esperado para o Brasil não é tão otimista. No entanto, após a retomada do consumo das famílias haverá um estímulo aos setores comercial e industrial, motivando assim uma expansão da oferta. (EPE, 2015). Cabe então analisar a projeção de crescimento econômico mundial e nacional apresentado na Tabela 5 a seguir.

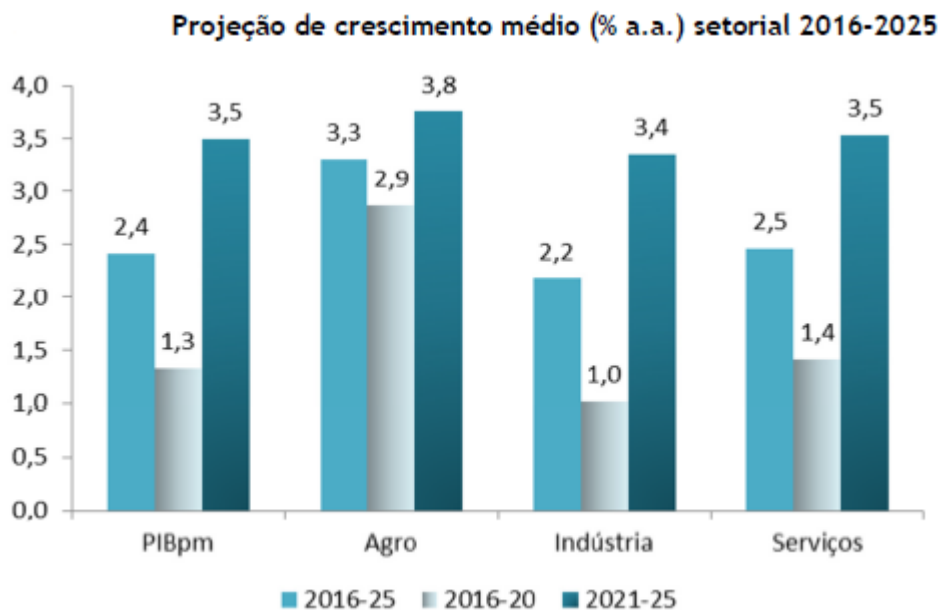
**Tabela 5 - Taxas de crescimento mundial e nacional do nível de atividade.**

Indicadores Econômicos	Taxas de crescimento do nível de atividade (médias no período)			
	Histórico		Projeção	
	2005-2009	2010-2014	2016-2020	2021-2025
PIB mundial (% a.a.)	3,8%	3,9%	3,6%	3,8%
Comércio mundial (% a.a.)	3,5%	5,8%	4,1%	4,7%
PIB nacional (% a.a.)	3,7%	3,3%	1,4%	3,5%

Fonte: EPE (2016).

Segundo dados da Pesquisa Industrial Anual realizada pelo IBGE, em 2015 existiam 325.277 empresas industriais no Brasil. Já a Pesquisa Anual de Comércio, também realizada pelo IBGE, estimou um total de 1.573.146 empresas, englobando os mais diversos segmentos empresariais do comércio brasileiro. Além do mais, aliado a essas informações deve-se ressaltar que a projeção (ver Figura 17) do EPE (2016) prevê um crescimento médio animador tanto do PIB a preços de mercado como da Indústria nos anos que se seguem até 2025. Assim, é evidente o potencial em termos de capacidade instalada de Geração Distribuída de energia solar fotovoltaica caso uma parte desses estabelecimentos opte por aderir a essa modalidade de geração de energia.

Figura 17 - Projeção de crescimento do PIBpm, Agrícola, Industrial e do Setor de Serviços.



Fonte: EPE (2016).

A EPE (2015) se mostrou atenta não só à cogeração na indústria, mas também às perspectivas da geração distribuída de energia solar.

“Cabe ainda destacar que esta nota destaca a contribuição esperada da geração distribuída de pequeno porte, em especial, a geração fotovoltaica que, embora ainda tenha pequena participação, pode mostrar uma crescente contribuição ao longo do tempo.” (EPE, 2015, p.3)

Além das plantas UFV instaladas em função da REN nº 482/2012, se considera também a inserção da GD fotovoltaica através de contratação por chamadas públicas promovidas diretamente pelas distribuidoras. A expectativa é que tal modelo seja viabilizado nos próximos anos, principalmente com a instituição do Valor Anual de Referência Específico<sup>11</sup> (VRES) para a fonte fotovoltaica, o que aumentaria a atratividade de investimento por consumidores de alta tensão. Neste trabalho não entramos no mérito das possíveis chamadas públicas por parte das distribuidoras, mas essa opção será considerada na projeção para a geração de energia.

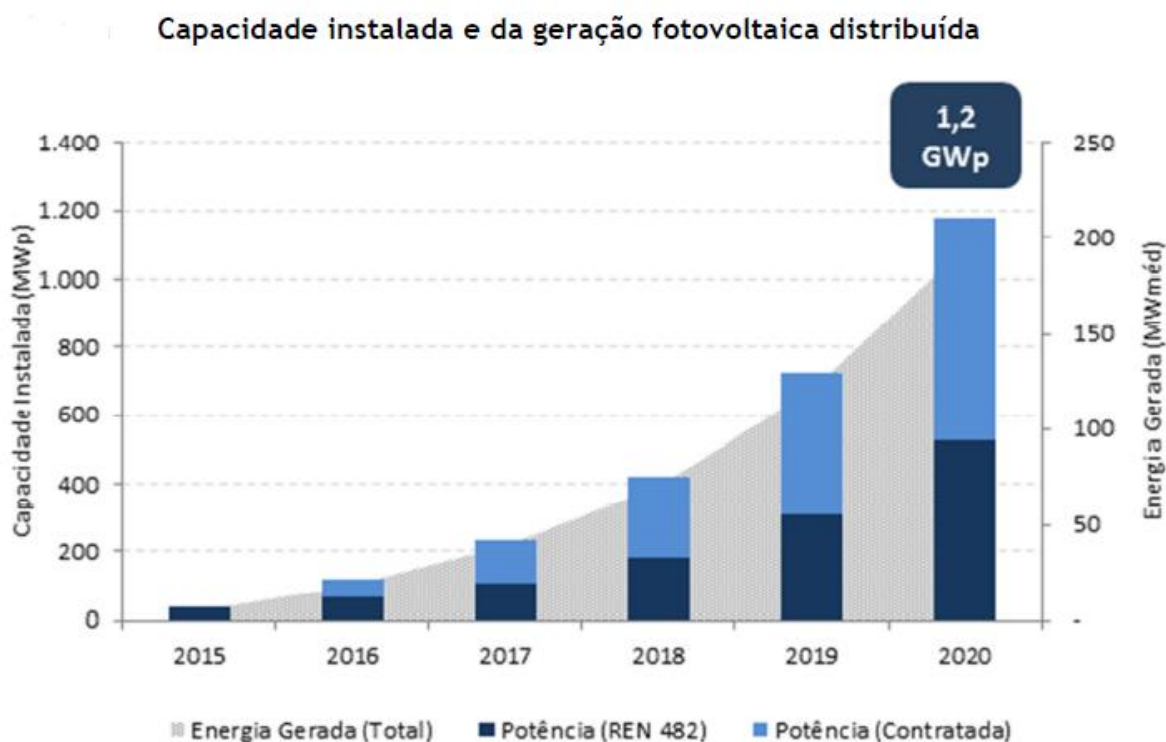
A EPE (2015) aponta alguns fatores, dois deles já discutidos em capítulos anteriores, que melhoraram o cenário para a instalação de cada vez mais plantas de GD fotovoltaicas:

<sup>11</sup> Valor utilizado para regular o repasse às tarifas dos consumidores finais dos custos de aquisição de energia elétrica.

1. A modificação da REN nº 482/2012, que basicamente ampliou as possibilidades de negócios em GD, permitindo a adoção por uma parcela maior da população.
2. As isenções tributárias, de PIS/COFINS e ICMS, sobre a energia compensada pela unidade consumidora, o que aumenta a viabilidade financeira do investimento.
3. Em 2015, o reajuste acima da inflação das tarifas de eletricidade contribuiu para a redução do período de retorno do investimento. Quanto a isso, é preciso apontar também a valorização do dólar ocorrida nesse mesmo ano, o que encareceu o preço dos equipamentos finais e acabou reduzindo o efeito provocado pelo aumento das tarifas.

Diante disso, a projeção da EPE (2015) é que em 2020 a geração distribuída de energia solar fotovoltaica alcance 1.200 GWh em capacidade instalada, o que significaria um crescimento vertiginoso nos próximos três anos, conforme indicado na Figura 18.

Figura 18 - Projeção de capacidade instalada de geração distribuída UFV no Brasil.



Fonte: EPE (2015).

Embora seja extremamente otimista, tal projeção não surpreende se for levada em conta a recente adesão tanto de indústrias quanto de comércios da geração distribuída de energia solar, o que implica em um aumento significativo de potência/capacidade instalada a cada nova planta de médio e grande porte.

### **III.1.2. Aplicações de projetos de GD**

Apesar de incipiente, a GD fotovoltaica já é uma realidade tanto no comércio como na indústria, e a tendência é que se repita o que ocorreu com a classe residencial: ocorra uma alavancagem no número de instalações nos próximos anos.

Em Campo Grande, MS, um horti fruti recebeu a instalação de um sistema de plantas fotovoltaicas, o que apenas foi possível devido a um financiamento de 194 mil reais junto ao Banco do Brasil a ser pago em cinco anos, com um ano de carência. O resultado foi que a conta de energia que anteriormente chegava a 9 mil reais caiu para pouco mais de 130 reais (JORNAL AGORA MS, 2017).

No final de 2016 foi inaugurado em Tabuleiro do Norte, Ceará, o primeiro condomínio solar de geração compartilhada do Brasil, a fim de abastecer 40 lojas de uma rede de farmácias. A planta possui 3.420 placas fotovoltaicas, potência instalada de 1.060 kWp e custou 7 milhões de reais. A utilização é feita através de autoconsumo remoto e a economia prevista na conta de luz é de 8% (COSOL, 2016).

Para que a GD continue se popularizando nas mais diversas classes de consumo e cresça como o esperado é necessário, porém, eliminar todo e qualquer entrave. Mas só mitigar a burocracia e limitações regulatórias não é suficiente. É preciso que haja também incentivos fiscais e acesso à financiamento.

### **III.2. O papel da regulação e dos incentivos do governo**

No caso dos países apresentados no Capítulo I há um ponto em comum entre eles: forte e eficiente política governamental de incentivos à geração de energia renovável, conforme o apontado por Freitas e Hollanda (2015):

“O que há de comum nos países que apresentam maior participação e crescimento da inserção da microgeração solar fotovoltaica é a adoção de políticas de incentivo por parte do governo. Em um mercado incipiente, em um primeiro momento, os incentivos governamentais atuam na inserção e desenvolvimento, com o objetivo do alcance da competitividade após um determinado período.” (FREITAS & HOLLANDA, 2015)

Conclui-se então que nenhum país se tornou referência em geração sustentável de energia ao acaso, pelo contrário, tais países contaram com um governo que, não importa qual



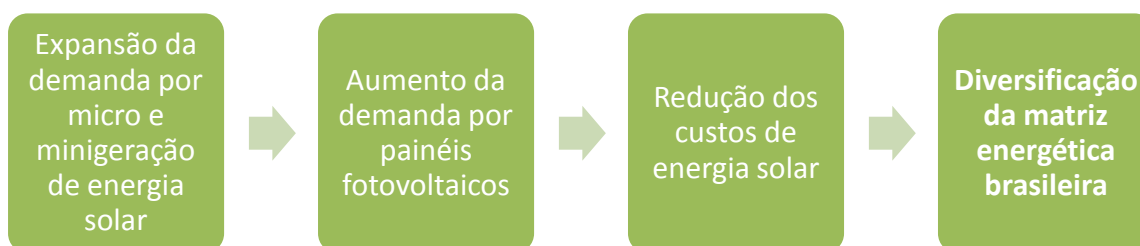
tenha sido a sua motivação, priorizou a pesquisa e desenvolvimento de geração de energia via fontes renováveis, além de fornecer incentivos e um ambiente favorável.

O governo brasileiro tem feito esforços no sentido de estimular a energia solar, a discussão acerca da regulação da micro e minigeração e as modificações feitas na resolução inicial bem como os programas como o ProGD e os incentivos fiscais apresentados anteriormente não deixam dúvidas de que o país está caminhando na direção certa.

### III.3. Possíveis impactos positivos com o avanço da GD no comércio e indústria

A fim de compreender melhor quais seriam os possíveis impactos econômicos para o Brasil com a tendência de aumento de investimentos em GD fotovoltaica no comércio e na indústria, quatro situações e seus esperados desdobramentos serão analisados mais de perto.

**a.** A expansão da demanda por micro e minigeração de energia solar em estabelecimentos comerciais e industriais significa um aumento em grande escala do uso de painéis fotovoltaicos, isso porque ao passo que uma residência utiliza dois ou três painéis, as classes de consumo de média e alta tensão necessitam de uma quantidade bem maior dos mesmos. Isso levará à uma redução dos custos dos painéis fotovoltaicos, o que, conseqüentemente, implicará em uma redução dos custos de energia solar. Haverá então um estímulo à diversificação da matriz energética do Brasil.



**b.** Conforme o exposto no item a, a elevação da demanda por micro e mini geração de energia solar também serve de estímulo para que surjam mais empresas no ramo de venda e instalação de sistemas UFV. Outro ponto favorável para o desenvolvimento da indústria fotovoltaica no Brasil é o fato do país possuir uma das maiores reservas mundiais de quartzo, matéria prima utilizada na fabricação dos painéis (ANUNCIAÇÃO, 2012). Com o aquecimento do setor haverá, conseqüentemente, o fomento à capacitação e a geração de empregos na área. De

acordo com o MME (2015) estima-se que para cada 1MW instalado de geração distribuída solar fotovoltaica há a criação de até 30 postos de emprego.



O caso da China serve de exemplo de como o mercado interno pode ser decisivo no desenvolvimento de indústrias de sistemas e painéis solares. Atualmente boa parte dos painéis fotovoltaicos é importada, o que eleva os custos de instalação do sistema. O desenvolvimento de uma indústria nacional, o que incluiria a fabricação de painéis fotovoltaicos brasileiros, além de baratear o custo dos painéis seria uma fonte de geração de novos postos de trabalho.

**c.** O aumento do uso de energia solar, por sua vez, diminuiria a pressão sobre outras fontes de energia e, com isso aumentaria a segurança energética do país, o que significa, por exemplo, uma redução nos riscos de “apagão”, também gera uma externalidade positiva que é o aumento da utilização de fontes de energia limpa.

“De todo modo, a diversificação da matriz é necessária e sendo a base para garantir e aumentar a segurança energética brasileira. Como o Brasil faz uso intenso de energias renováveis [basicamente usinas hidrelétricas] em sua matriz elétrica, o consumo de combustíveis fósseis e de outros recursos, que são esgotáveis e acarretam em danos ao meio ambiente, dever ser cada vez menor. (...) O desafio para aumentar a segurança energética é fazer com que as fontes renováveis tenham uma fatia cada vez maior na composição da matriz brasileira, como é o caso tanto a fonte eólica como a solar, que vem ampliando a participação na matriz elétrica e com um grande potencial de crescimento.” (PAIVA, CASTRO, & LIMA, 2017, p. 31)



**d.** O aumento do uso de energia solar em estabelecimentos comerciais e industriais levaria, no médio prazo, à uma redução de custos dessas empresas, já que uma vez que o investimento

em painéis se pague, o gasto com energia elétrica será bem menor. Sendo assim, a questão discutida é o real papel de um investimento em energia solar por parte de indústrias e comércio em uma possível vantagem competitiva frente aos demais.

Para que uma empresa vislumbre obter vantagem competitiva é preciso, entre outras ações, uma análise detalhada dos custos e da possível redução dos mesmos. O planejamento estratégico e a tomada de decisão de cada empresa dependem de como ela está organizada, mas, visto que o desenvolvimento sustentável deixou de ser uma utopia e já está acontecendo, a tendência é que cada vez mais empresas sigam na direção de consumir energia limpa.

## CONCLUSÃO

A utilização de fontes renováveis e limpas de energia já é uma realidade em todo o mundo, conforme o apontado ao longo deste trabalho. A energia solar, por sua vez, tem ganhado cada vez mais espaço entre as renováveis, seja por causa da facilidade de instalação ou por não exigir muito espaço se comparado com os parques eólicos, por exemplo. Alguns países, Alemanha e China, por exemplo, se destacam em termos de capacidade instalada e popularização do uso de energia solar fotovoltaica. Outros países ainda caminham lentamente e aos poucos vão se adaptando às modificações estruturais que qualquer desenvolvimento sustentável exige. O Brasil é um deles.

Apesar de recente a regulamentação brasileira acerca da micro e minigeração de energia foi excelente para incentivar a energia solar fotovoltaica no país. O sistema de *Net Metering* foi um passo inicial significativo, mas, a experiência mostra que os países que realmente avançaram em energia solar possuem incentivos mais fortes, como as Tarifas *Feed in*, por exemplo. No entanto, cabe mencionar a mudança feita na regulamentação em 2015, mostrando que as entidades responsáveis estão atentas aos possíveis entraves que possam dificultar o progresso da geração distribuída no país. O crescimento vertiginoso do número de novas conexões em residências desde a implementação da REN nº 687/2015 é animador. Assim como as residências, porém, a indústria e o comércio também têm potencial de concentrar boa parte das novas conexões de geração distribuída de energia solar nos próximos anos; ambos já lideram a capacidade instalada de GD no país.

Em Maio de 2017, a capacidade instalada de GD apenas do tipo UFV era de 0,08115 GW. A projeção da EPE é de elevação significativa dessa capacidade instalada entre 2017 e 2020, conforme a Figura 15 indica, chegando a 1,2 GWp. Mas, como esse processo de alavancagem de capacidade instalada de geração distribuída fotovoltaica se dará no Brasil?

Ainda não se sabe, porém é possível inferir alguns fatores que talvez colaborem para tal cenário esperado: (1) continuidade de muitas novas conexões em residências; (2) concretização de chamadas públicas previstas para grandes novas usinas solares e (3) aumento de conexões em indústrias e comércio, que usualmente instalam sistemas com uma potência muito superior às instaladas em domicílios, o que se justifica já que o seu gasto com energia também é bem mais alto.

Segundo dados do IBGE, em 2015 o Brasil tinha 325.277 indústrias e 1.573.146 estabelecimentos comerciais, isto é, são muitos os potenciais consumidores para além da

classe residencial de geração distribuída de energia solar no país. No entanto, mais uma vez é preciso destacar a importância que as políticas governamentais têm, como a garantia de financiamento de bancos públicos e criação de uma regulamentação específica para as classes de consumo que demandam muita energia e têm particularidades.

Em relação aos impactos positivos de um possível aumento da adesão de comércios e indústrias, não há dúvidas de que estes são muitos. O presente trabalho buscou apenas levantar a discussão acerca dos benefícios de se estimular a geração distribuída nesses setores da economia, apresentando o seu potencial. Não houve a pretensão de se esgotar o tema nem de abordá-lo em todos os seus aspectos. Ademais, as sugestões de novos trabalhos são muitas: os incentivos municipais e estaduais já existentes no Brasil para que comércio e indústria adotem a energia solar; a dinâmica das chamadas públicas das concessionárias de energia e como é o processo no caso da energia solar; um estudo dos custos de se fabricar painéis fotovoltaicos no Brasil e sobre sua viabilidade; um estudo sobre o impacto da redução do valor da conta de energia das indústrias e comércios que utilizam GD de energia solar e em qual medida tal redução fornece vantagens competitivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. 2012.

ABRADEE. Setor Elétrico. 2017. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

ANDREGUETTI, Marcelo. Exame: Como se tornar um pequeno produtor de energia. Estúdio ABC, 23 jun. 2017. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/como-se-tornar-um-pequeno-produtor-de-energia/>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

ANEEL. Nota Técnica nº 0004/2011-SRD/ANEEL. Análise das contribuições recebidas na Consulta Pública nº 15/2010, visando reduzir as barreiras para a instalação de geração distribuída de pequeno porte, a partir de fontes incentivadas, conectada na rede de distribuição de energia elétrica. Brasil, 9 fev. 2011.

ANEEL. Resolução Normativa nº482/2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasil, 17 abr. 2012.

ANEEL. Geração Distribuída. 28 set. 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset\\_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introducao-1/656827?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introducao-1/656827?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 6 jul. 2017.

ANEEL. Resolução Normativa nº 687/2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Brasil, 24 nov. 2015.

ANEEL. Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Cadernos Temáticos ANEEL 2ª edição. Brasília, DF, 2016.

ANEEL. Bem-vindo à ANEEL. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

ANUNCIACÃO, S. Grupo purifica silício para fabricação de células solares. Campinas, SP, 18 jun. 2012. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/530/grupo-purifica-silicio-para-fabricacao-de-celulas-solares>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

- BLOOMBERG. New Energy Finance New Energy Outlook. 2017.
- BRASIL. Lei nº 10.847, de 15 de Março 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Brasília, DF, Brasil.
- COSOL. 40 farmácias da rede Pague Menos são abastecidas por condomínio solar. Brasil, 8 out. 2016. Disponível em: <<https://www.cosol.com.br/blog/condominio-solar-energia-solar>>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- CRUZ, D. T. Micro e Minigeração eólica e solar no Brasil: Propostas para desenvolvimento do setor. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.
- DE LA TOUR, A.; GLACHANT, M; MÉNIÈRE, Y. Predicting the costs of photovoltaic solar modules in 2020 using experience curve models. Energy, p. 341-348. Paris, França, 2013.
- ENGESOLVER. Acesso em: 30 mai. 2017. Disponível em: <<http://engesolver.com.br/net-metering/>>. (s.d.).
- EPE. Nota Técnica DEA 19/15, Projeção da demanda de energia para os próximos 5 anos (2016-2020) . Brasília, DF, Brasil, dez. 2015.
- EPE. Nota Técnica DEA 08/16, Caracterização do Cenário Macroeconômico para os próximos 10 anos (2016-2025). Rio de Janeiro, abr. 2016.
- FREITAS, B. M., & HOLLANDA, L. Micro e Minigeração no Brasil: Viabilidade Econômica e Entraves do Setor. FGV Energia, mai. 2015.
- FUKUROZAKI *et al.* Energy Payback Time and CO2 Emissions of 1.2 kWp Photovoltaic Roof-Top System in Brazil. 2012.
- GLOBAL WORLD ENERGY COUNCIL (GWEC). Global Wind Statistics 2016. 10 fev. 2017.
- IBGE. Pesquisa Industrial Anual, Volume 34. Rio de Janeiro, Brasil, 2015.
- International Energy Agency (IEA). Next Generation Wind and Solar Power. Full Report. 2016.
- International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2013. 2013.

International Energy Agency (IEA). Energy Policies of IEA Countries, Germany 2013 Review. 2013.

International Energy Agency (IEA). Solar Photovoltaic Energy. Set. 2014.

JAMES, A. Global PV Demand Outlook 2015-2020. (s.d.).

JORNAL AGORA MS. Empresário diminui conta de luz de R\$ 9 mil para R\$ 130,00 com energia solar, 5 ago. 2017. Disponível em: <<https://www.agorams.com.br/empresario-diminui-conta-de-luz-de-r-9-mil-para-r-13000-com-energia-solar/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar, 15 dez. 2015a. 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](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: 15 jul. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). ProGD. Ações de estímulo à geração distribuída, com base em fontes renováveis. Brasília, Brasil, 15 dez. 2015b.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Energia Solar no Brasil e no Mundo. 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Capacidade Instalada de Geração Elétrica, Brasil e Mundo (2016). 15 mai. 2017.

MIRANDA, R. F. Análise da Inserção de Geração Distribuída de Energia Solar Fotovoltaica no Setor Residencial Brasileiro. Rio de Janeiro, 2013.

MORRIS, C., & PEHNT, M. The German Energiewende Book. Heinrich Böll Foundation. Jun. 2017.

NAKABAYASHI, R. K. Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Condições Atuais e Perspectivas Futuras. USP, São Paulo, SP, 2014.

NOGUEIRA, P. C. Análise da inserção de geração solar fotovoltaica em grandes consumidores do Rio de Janeiro: um estudo de caso. PUC/Rio, Rio de Janeiro, jun. 2016.

NUOSHU, H., & COUTO, F. J. Brasil pode replicar sucesso da China na indústria solar? 19 jun. 2017.



O GLOBO. China inaugura maior usina solar flutuante do mundo, 31 jun. 2017. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/china-inaugura-maior-usina-solar-flutuante-do-mundo-21417901>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

P&N ENERGIA SOLAR. Evolução da Geração Fotovoltaica. Disponível em: <<http://pnenergiasolar.com.br/geracao-de-energia-solar/>>. Acesso em: 1 set. 2017.

PAIVA, I., CASTRO, N., & LIMA, A. P. Aspectos Teóricos e Analíticos da Segurança Energética e os Desafios do Setor Elétrico Brasileiro. Texto De Discussão do Setor Elétrico n.º 71. GESEL UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, mai. 2017.

PEPERMANS *et al.*, G. Distributed generation: definition, benefits and issues. *Energy Policy*. pag. 787-798. 2005.

PINHO, J. T., & GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, mar. 2014.

SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO DE SP. Geração distribuída: 21 UFs já aderiram a convênio que isenta ICMS. São Paulo, SP, 30 ago. 2016. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2016/08/geracao-distribuida-21-ufs-ja-aderiram-convenio-que-isenta-icms/>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

SOUZA, L. E., & CAVALCANTE, A. M. Concentrated Solar Power deployment in emerging economies: The cases of China and Brazil. 2016.

TURNEY, D., & FTHENAKIS, V. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 6, p. 3261–3270. Ago. 2011.

VÂLLERA, A. M., & BRITO, M. C. Meio Século de História Fotovoltaica. *Gazeta de Física*. 2006.

WOO, R.. Exame: China mais do que dobra capacidade em energia solar em 2016, 4 fev. 2017. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/china-mais-do-que-dobra-capacidade-em-energia-solar-em-2016/>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

WORLD ENERGY COUNCIL. Cenários Mundiais de Energia 2017. América Latina e Caribe, Cenários de Energia. (s.d.).