



As barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira

 Georges Naguib Girgis Elgamal¹,  Jacques Demajorovic²

¹ Mestre em Administração – Centro Universitário da FEI – São Paulo, SP – Brasil. georges.naguib@uol.com.br

² Doutor em Educação – Centro Universitário da FEI – São Paulo, SP – Brasil. jacquesd@fei.edu.br

Cite como:

Elgamal, G. N. G., & Demajorovic, J. (2020). As barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. *Rev. Gest. Ambient. e Sust. - GeAS*, 9(1), 1-28, e17157. <https://doi.org/10.5585/geas.v9i1.17157>.

Resumo

Objetivo do estudo: esta pesquisa tem como objetivo identificar os desafios e as oportunidades para a expansão da geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas em larga escala no Brasil.

Metodologia/abordagem: a metodologia inclui entrevistas em profundidade com múltiplos *stakeholders*, incluindo representantes das indústrias, do setor público, academia e organizações não governamentais.

Originalidade/Relevância: Apesar do progresso nas políticas públicas para incorporar novas medidas para fomentar o uso de energia solar fotovoltaica, os resultados ainda são bastante reduzidos. Portanto, a principal contribuição desta pesquisa é ajudar a compreender as principais razões para o baixo nível de participação no uso de energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira.

Principais resultados: uma combinação favorável de políticas públicas, incluindo subsídios e financiamentos, foi fundamental para o crescimento da energia solar nos países estudados. No Brasil, no entanto, as políticas públicas são fragmentadas e incompletas, pois os mecanismos de financiamento e as baixas taxas de juros de longo prazo para os fabricantes, investidores e consumidores são insuficientes para ampliar significativamente o uso dessa alternativa.

Contribuições teóricas/metodológicas: a ausência de uma visão estratégica do governo e do setor empresarial dificulta a expansão do uso de energia solar no Brasil, impedindo que o país se beneficie de suas vantagens comparativas neste segmento.

Conclusão: Entre as oportunidades perdidas pelo país destacam-se os empregos gerados na cadeia produtiva e sua contribuição para a inclusão social e a redução de impactos ambientais quando comparados aos sistemas tradicionais de geração de energia.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Incentivos fiscais. Políticas públicas.

Barriers and perspectives for electric power generation out of photovoltaic solar panels in the brazilian energy matrix

Abstract

Research Objective: This research aims to identify issues and opportunities for the expansion of electric power generation with large-scale photovoltaic solar cells in Brazil.

Methodology/approach: The methodology includes in-depth interviews with multiple *stakeholders*, including industry, public sector, academia, and Non-Governmental Organizations representatives.





Originality/Relevance: Despite the progress in public policies to incorporate new measures to foster photovoltaic solar energy use, results are still quite insignificant. Therefore the main contribution of this research is to help to understand the main reasons for the low level of participation in photovoltaic solar energy use in the Brazilian energy matrix.

Main results: A favorable mix of public policies, including subsidies and financing, were fundamental for solar energy growth in the countries studied. In Brazil, however, public policy is fragmented and incomplete, as financing mechanisms and long-term low interest rates for manufacturers, investors and consumers are lacking in order to significantly expand the use of this alternative.

Theoretica/Metodological contributions: The absence of strategic vision from the government and the business sector hinders seizing solar energy use in Brazil preventing the country from the benefits associated to its comparative advantages in this segment.

Conclusion: Among the opportunities missed by the country stand out the jobs generated in the production chain and its contribution to social inclusion and reduction of environmental impacts when compared to traditional systems of power generation.

Keywords: Photovoltaic energy. Tax incentives. Public policies.

Barreras y perspectivas para la generación de energía eléctrica por paneles fotovoltaicos solares en la matriz de energía brasileña

Resumen

Objetivo del estudio: esta investigación tiene como objetivo identificar los retos y oportunidades para la expansión de la generación de electricidad por células solares fotovoltaicas a gran escala en Brasil.

Metodología/Enfoque: la metodología incluye entrevistas en profundidad con múltiples partes interesadas, incluyendo representantes de industrias, el sector público, académicos y organizaciones no gubernamentales.

Originalidad/relevancia: Apesar de los avances en las políticas públicas para incorporar nuevas medidas para fomentar el uso de la energía solar fotovoltaica, los resultados siguen siendo bastante bajos. Por lo tanto, la principal contribución de esta investigación es ayudar a entender las principales razones del bajo nivel de participación en el uso de energía solar fotovoltaica en la matriz energética brasileña.

Principales resultados: una combinación favorable de políticas públicas, incluyendo subsidios y financiamiento, fue fundamental para el crecimiento de la energía solar en los países estudiados. En Brasil, sin embargo, las políticas públicas están fragmentadas y incompletas, porque los mecanismos de financiamiento y las bajas tasas de interés a largo plazo para los fabricantes, inversionistas y consumidores son insuficientes para aumentar el uso de esa alternativa.

Contribuciones teóricas/metodológicas: la falta de una visión estratégica del Gobierno y del sector empresarial dificulta la expansión del uso de la energía solar en Brasil, impidiendo que el país se beneficie de sus ventajas comparativas en este segmento.

Conclusión: Entre las oportunidades perdidas por el País destacan-se los puestos de trabajo generados en la cadena de producción y su contribución a la inclusión social y la reducción de los impactos ambientales en comparación con los sistemas tradicionales de generación de energía.

Palabras-clave: Energía fotovoltaica. Incentivos fiscales. Políticas públicas.



Introdução

O crescimento do setor de energias renováveis no cenário mundial é resultado de políticas governamentais que buscam reduzir as emissões do CO₂ e a segurança energética (IEA, 2012). O crescimento da geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas em diversos países nos últimos anos tem sido assegurado por políticas públicas de apoio por meio de incentivos financeiros, tais como empréstimos a juros reduzidos, apoio ao investimento para fábricas e redução de tributos na compra de equipamentos (Grau, Huo & Neuhoff, 2012; Tmilsina, Kurdgelashvili & Narbel, 2012). Ganham também importância políticas de apoio governamental por meio de linhas de financiamentos para programas de P&D (Chowdhury et al., 2014; Grau, Huo & Neuhoff, 2012) e sistemas tarifários diferenciados como FIT e *net metering* (Cucchiella & D'adamo, 2012; Schaffer & Bernauer, 2014). Como resultado, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica cresceu rapidamente a partir de 2009, saltando de 23 GW para 177 GW em 2014, sendo que Alemanha, Estados Unidos, Japão, Itália e China representam 71,33% da capacidade total instalada em 2014. (Li & Lin, 2013, REN21, 2015). No ano de 2017, a capacidade total instalada global atingiu 402,5 GW, (IEA, 2018). Nesse caso, os 5 países líderes continuam a representar parcela significativa da produção mundial, mesmo com discreta redução, registrando 67,82% da capacidade total instalada em 2017 (IEA, 2018). Apesar de França, Espanha, Reino Unido, Austrália e Índia completarem a outra parcela de representatividade entre os dez países no ranking mundial de instalações dessa fonte de energia, eles totalizam apenas 12,86% do total das instalações (IEA, 2018).

Nesse cenário, o Brasil apresenta-se como um paradoxo. Com sua extensa área de 8,5 milhões de km² e condições climáticas muito mais favoráveis que os países líderes em geração de energia fotovoltaica, esta alternativa sequer foi computada no Relatório de Produção Energética – EPE (2014). Dados atuais mostram que a energia fotovoltaica representa apenas 0,93% do total da matriz energética do país, ocupando a antepenúltima posição entre as 8 principais fontes de geração de energia (ANEEL, 2018a). Já com a relação aos empreendimentos de geração de energia elétrica em construção, os investimentos em energia solar representam cerca de 7,4% do total (ANEEL, 2018a). Ainda assim, mesmo considerando a finalização de todos os empreendimentos, segundo dados da Aneel (2018), tanto os que estão em construção quanto os que ainda não iniciaram as obras, o acréscimo em termos de potência outorgada adicional será de 2.219.195 kW, o que futuramente representaria 1,97% da capacidade de geração de energia no país (ANEEL, 2018a). A ampliação desta fonte energética no Brasil pode trazer inúmeras contribuições, incluindo o abastecimento energético às populações rurais e ribeirinhas distantes das redes de distribuição elétrica, geração de empregos e o desenvolvimento de polos de tecnologia





avançada ao país (ABINEE, 2012). Nesse contexto, a pergunta de pesquisa deste trabalho é: quais são os fatores que explicam a baixa representação da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira? Para tanto, o objetivo central da pesquisa é identificar os desafios e as oportunidades para a expansão da geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas em larga escala no Brasil. A metodologia privilegia as entrevistas com múltiplos *stakeholders* envolvidos na temática.

A evolução da geração de energia fotovoltaica em países desenvolvidos e em desenvolvimento

Nesta seção serão apresentadas as principais características dos modelos de incentivo a adoção de energia fotovoltaica.

Estados Unidos

Com os investimentos a partir da década de 1980, os Estados Unidos foram um dos primeiros países a investir na tecnologia solar fotovoltaica em larga escala. O crescimento do mercado de energia solar nos Estados Unidos ocorre devido a um mix favorável de políticas públicas baseadas no projeto Solar America Initiative” de forma a tornar esta fonte de energia mais competitiva (Timilsina; Kurdgelashvili & Narbel, 2012). A iniciativa além de garantir recursos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) adota outros mecanismos de estímulo: financiamentos diferenciados para a compra de equipamento; transferências diretas baseadas em desconto, empréstimos podendo chegar a cobrir até 50% do valor da instalação; incentivos dedução dos impostos sobre a edificação e desconto ou eliminação das taxas nos sistemas fotovoltaicos. Inclui-se também o sistema *net metering* que possibilita que parcela da energia não consumida seja utilizada pela concessionária e creditada para consumo futuro (EPE, 2012; ABINEE, 2012).

Os Estados Unidos se destacaram no cenário mundial por ter desenvolvido um novo modelo de negócio para a esta fonte energética, denominado de terceiro proprietário (third-party owner: tradução nossa) do sistema de geração solar fotovoltaico. O terceiro proprietário se responsabiliza pela instalação, mantendo a posse do sistema solar fotovoltaico na propriedade do cliente, sendo remunerado pela venda de energia gerada pelo sistema ao próprio cliente. Sua vantagem é garantir o acesso ao cliente à energia elétrica do sistema sem os custos de aquisição, manutenção e de operação (Seel; Barbose & Wiser, 2014, Kollins; Speer & Cory, 2010).

Segundo o relatório da GTM Research e Solar Energy Industries Association, (2015), a estabilidade da política e regulamentação para a energia solar fotovoltaica foi essencial para garantir seu crescimento ao gerar recursos para investimento e criar um cenário adequado





para planejamento de longo prazo no setor. Com isso, estruturou-se uma cadeia de inovação que inclui aperfeiçoamentos tecnológicos de equipamentos, expansão de plantas de geração e novas modalidades de negócios. Os custos de produção e preços de venda dos módulos solares e seus equipamentos periféricos caíram significativamente em 2014, estimando-se uma redução média anual de aproximadamente 10%. Isto garantiu uma expansão da capacidade instalada de 2002 para 2014 de 28 MW para 18.317, que, no entanto, representa 0,61% do total consumo de energia elétrica (IEA, 2012, IEA, 2015). Os Estados Unidos, no período de 2014 a 2017, foi o segundo país que mais cresceu em termos de geração absoluta de energia, ultrapassando o Japão, registrando a capacidade total instalada de 51 GW (IEA, 2018). Ainda assim, sua participação na matriz energética registrou apenas 0,66% do total de consumo de energia elétrica (EIA, 2018).

Alemanha

Jacobsson e Lauber (2006) argumentam que o movimento da opinião pública na segunda metade da década de 1980 fez a grande diferença junto aos parlamentares alemães por mudanças na matriz energética bastante dependente da energia nuclear e do carvão mineral. Destacam-se nesse contexto o desastre de Chernobyl em 1986 e a politização dos debates sobre mudanças climáticas. De 1991 a 1995, no âmbito do “*Electricity Feed-in Act*,” a primeira política estabelecida para a geração renovável de energia elétrica partir de células fotovoltaicas, iniciou-se o programa “Iniciativa 1.000 Telhados Solares”, sendo repetido no período de 1999 a 2003 pelo programa “Iniciativa de 100.000 Telhados Solares”. Esses programas contaram com empréstimos a juros baixos, garantidos pelo banco de desenvolvimento alemão KfW (Grau; Huo & Neuhoff, 2012). Os autores ainda apontam que o mercado fotovoltaico encontrou suporte para a sua expansão com o Ato de Fontes Renováveis de Energia (Renewable Energy Sources Act), promulgado em 2000, que estabeleceu os procedimentos de acesso de empreendimentos de geração de fontes renováveis à rede e o esquema da *feed-in tariff* (FIT). A FIT, também conhecida como “tarifa prêmio” garante uma remuneração ao gerador para cada unidade de eletricidade alimentada na rede, fornecida a partir de uma fonte renovável de energia por meio de contratos de longo prazo, normalmente de 20 anos (REN21, 2011). No caso da energia solar fotovoltaica, essa tarifa tem um diferencial maior para cada unidade de eletricidade gerada e tem cláusulas de redução de preços ao longo do tempo (ABINEE, 2012). Este incentivo foi fundamental para aumentar a energia gerada por fontes de energia renováveis de 6,3% em 2000 para mais de 15% em 2008 (Mendonça & Jacobs, 2009).

Paralelamente aos incentivos, programas de empréstimos e subsídios em nível federal e estadual para compra de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica foram





implantados, visando estimular investimentos nesta tecnologia e projetos de P&D que resultaram em expressiva redução de seu preço, cerca de 52% de 2006 a 2011 (EPE, 2012; Grau; Huo & Neuhoff, 2012). Ainda que o modelo adotado represente um desafio, porque requer um contínuo apoio público para sua expansão, a Alemanha se transformou em um exemplo na comunidade europeia e internacional em energias renováveis. Com a geração de 38,2 GW de eletricidade em 2014, que representava 6,2% da total energia elétrica consumida no país, superou países líderes de mercado, como China, Estados Unidos e Japão, mantendo incentivos legais e financeiros para a sua estabilidade no mercado, com legislações claras e transparentes para os investidores e os consumidores em geral (IEA, 2015). No ano de 2017, a capacidade total instalada alcançou 43 GW, representando cerca de 7,2% do total de energia elétrica consumida no país (Wirth, 2018).

Japão

Até a década de 1970, o Japão tinha uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis. Para diminuir a dependência dessa fonte de energia, ele diversificou a matriz com o aumento no uso do carvão mineral, gás e usinas nucleares. As crises do petróleo de 1970 e 1979 estimularam o lançamento do programa nacional de P&D, “Luz do Sol”, com a finalidade de desenvolver fontes de energias não fósseis até o ano 2000. Os poucos resultados efetivos deste programa fizeram com que em 1980 fosse promulgada a Lei de Energia Alternativa, que se transformou no principal pilar do projeto para a energia solar, com um orçamento da ordem de US\$ 6 bilhões para que empresas desenvolvessem esta tecnologia durante os anos de 1980 e 1990. Em 1993, o Programa de P&D de Tecnologia Ambiental amplia os recursos para a criação da indústria fotovoltaica japonesa e de seu mercado interno (Chowdhury et al., 2014).

Para Avril et al. (2012) um amplo programa de subsídios na ordem de 50% do custo de instalação foi implementado, incluindo Programa de Disseminação do Sistema Fotovoltaico Residencial (1994), Projeto de Apoio para os Esforços Locais (1997), para instalação sistema com saída de 50 kW e o projeto Campo de Provas para uso Industrial (1998). Em 2007 e 2008 houve uma redução de instalações em virtude da diminuição da ajuda do governo. Em 2009, com a promulgação da Lei sobre a Promoção do Uso de Fontes de Energia Não Fósseis, é retomado o programa de subsídios para os sistemas fotovoltaicos residenciais e iniciado o programa para a compra da energia solar fotovoltaica excedente (FIT). A energia gerada e não consumida enviada para a rede elétrica era comprada pela fornecedora pelo dobro do valor em relação à geração convencional.

Avril et al. (2012) argumenta que, devido à nova meta do governo em dobrar a capacidade instalada até 2020, esta alcançou 23,3 GW, o que representa 2,40% do consumo





total de energia elétrica. Matsubara (2014) aponta um crescimento continuado devido ao acidente em Fukushima em 2011 de forma a reduzir a dependência nuclear e da importação dos combustíveis fósseis (Matsubara, 2014). De fato, no ano de 2017, esta capacidade total instalada atingiu 49 GW, um aumento de 110% em relação ao dado anterior (IEA, 2018). Segundo Matsubara (2018), a previsão para 2030 e 2050 é de que o Japão atinja a potência instalada de 102GW e 200GW respectivamente, graças a expansão do programa FIT.

Itália

O sistema de geração de energia por células solares fotovoltaicas na Itália iniciou-se em 2003 com o Decreto Legislativo 387 atendendo à diretiva 2001/77/ da Comunidade Europeia para fontes renováveis. A partir de 2005, a implementação do Programa Conto de Energia estabeleceu uma série de incentivos como tarifas subsidiadas por um período de 20 anos para a energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos. Em 2007, foi lançado o programa Segundo Conto de Energia que estabeleceu novos critérios para impulsionar a produção de eletricidade por sistema fotovoltaico como a simplificação do processo para obtenção da tarifa subsidiada.

Para Cucchiella e D'Adamo (2012), a implantação dos sistemas FIT e *net metering*, a partir de 2008, foram fundamentais para crescimento do setor. A FIT era aplicada em qualquer região, independente da diferença geográfica em relação à radiação solar. As instalações de geração de energia solar fotovoltaica, tanto as de pequeno como as de médio porte, foram construídas nas regiões do norte, que são mais ricas, com investimento pessoal próprio por famílias ou pequenas e médias empresas, enquanto no sul, onde a irradiação solar é maior, os investimentos foram em grandes centrais de geração, geralmente efetuados por empresas de energia ou por empresas de investimentos (Antonelli; Desideri, 2014, Spertino; Di leo & Cocina, 2013).

A continuidade desta política foi garantida com o lançamento dos programas Terceiro, Quarto e Quinto Conto nos anos de 2010, 2011 e 2012 até seu encerramento em 2013. Conforme previsto no próprio Programa, sua paralização se daria quando se atingisse 6,7 bilhões de euros em incentivos financeiros (Gestore Servizi Energetici, 2015).

Para Antonelli e Desideri (2014), o crescimento das instalações solares fotovoltaicas na Itália se deu de forma desordenada, pois não importava o tamanho ou o número das plantas de geração de energia solar fotovoltaica, desde que instaladas em um período de três anos em todo o país, independentemente do nível de irradiação solar das regiões. Para cobrir os custos de investimento, taxas adicionais nas contas de energia dos cidadãos e empresas italianas foram embutidas





Ainda assim, os dados disponíveis mostram uma evolução importante da participação da energia solar fotovoltaica na matriz energética italiana, chegando a 9% do total, registrando a geração de 18,62 GW em 2014 (THE ITALIAN REGULATORY AUTHORITY FOR ELECTRICITY, GAS AND WATER, 2015; IEA, 2015). Em 2017 a participação da energia solar fotovoltaica se manteve no mesmo patamar, 9%, porém em números absolutos houve um aumento para 19,7 GW em 2017 (STATISTA, 2017)

China

A conferência de Copenhague (COP15) em 2009 foi marcada pelo compromisso que a China assumiu perante o mundo com a redução das emissões de CO₂. A meta declarada foi de uma redução de CO₂ por unidade de PIB de 40% a 45% até 2020 em relação aos níveis de 2005. O seu plano para atingir o resultado foi o aumento de 15% das fontes de energia não fósseis na sua matriz energética. Com essa ambiciosa meta, a China atende às expectativas internacionais e à visão de longo prazo para seu planejamento econômico e social (YUAN; HOU; XU, 2012).

Grau, Huo e Neuhoff (2012) apontam que a China em 2009 promoveu uma série de políticas de mercado para a geração de energia solar fotovoltaica e lançou o programa Golden Sun, além de alguns projetos em grande escala na grade de tarifas FIT. Todas as iniciativas têm o objetivo de um programa de médio e longo prazo de desenvolvimento de energia renovável com metas oficiais de instalação até 2020. Houve também incentivos por intermédio de subsídio para os investidores que adquirissem o sistema de geração fotovoltaico diretamente dos fabricantes. Esse subsídio corresponde a uma redução de 50% quando está interligado na rede de distribuição da cidade e de 70% quando fora da rede de distribuição, aplicado nas áreas rurais. Além disso, existe o apoio ministerial na implantação e inovação com alta tecnologia a pequenas empresas e um orçamento de apoio em P&D para instituições de pesquisa e empresas. Essas ações têm o objetivo de atender ao Plano Quinquenal, emitido pelo governo federal. Existem ainda outras facilidades para incentivar a indústria fotovoltaica, como empréstimos e créditos oferecidos pelos bancos do governo e do estado aos fabricantes, investimentos e subsídios diretos aos fabricantes de equipamentos fotovoltaicos, com redução de impostos e empréstimos a juros reduzidos. Esses regimes de apoio à tecnologia para os sistemas fotovoltaicos são amplamente utilizados e permitiram a viabilização dos projetos de geração solar fotovoltaica e com redução de custos.

A fim de promover o desenvolvimento saudável da indústria a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma em agosto de 2013 realizou o ajuste do preço de referência da central de energia solar fotovoltaica, definiu a nova política da FIT e enfatizou que o período do preço de referência da geração solar fotovoltaica e a FIT era de 20 anos. Com isso a





política de preço de referência e a FIT tornaram-se uma das mais vantajosas da política de geração distribuída para motivar a geração solar fotovoltaica (IEA, 2014). Wei et al. (2018) afirmam que no caso da continuidade deste sistema tarifário até 2030, a China se beneficiará não apenas do aumento de energia renovável, mas também com aumentos reais no PIB e no emprego, além da redução das emissões de gases estufa.

O relatório da IEA (2015a) apresenta que a China em 2014 atingiu a potência 28 GW em instalações acumuladas em geração solar fotovoltaica conectadas à rede de energia elétrica, atingindo o segundo lugar no ranking mundial, logo após a Alemanha e superando a capacidade instalada do Japão, Itália e dos Estados Unidos. Observa-se que a capacidade instalada em 2014 conectada à rede foi de 10,6 GW e que representa um percentual de 25% da capacidade instalada no mundo nesse ano. Apesar do crescimento significativo, a geração da energia fotovoltaica representava ainda 1,95% do total da matriz energética do país. Em 2016, a representatividade da energia fotovoltaica na matriz energética chinesa atingiu 5%, ou seja 81,25 GW (IEA, 2017). Já em 2017, o crescimento em termos absolutos foi de cerca de 61,2%, impulsionado por novos parques geradores, o que resultou em uma elevação da capacidade instalada para 131 GW (IEA, 2017). Para 2040, projeta-se que a capacidade total instalada em placas solares fotovoltaicas chinesa seja de 702 GW, ou seja, 22% da capacidade total de geração de energia no país, que será de 3188 GW (IEA, 2017).

Brasil

Pereira et al., (2012) defendem as vantagens comparativas do Brasil para implantação dos sistemas de geração de energia por células solares fotovoltaicas. A irradiação no território nacional apresenta valores superiores aos da Alemanha, país que tem a maior capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no mundo. O Brasil tem um mínimo de irradiação solar de 4,25 kWh/m²/dia e o máximo de 6,75 kWh/m²/dia, enquanto na Alemanha a irradiação mínima é de 2,95 kWh/m²/dia e a máxima de 3,42 kWh/m²/dia (WWF-Brasil, 2015).

Apesar das condições favoráveis do país para o uso desta tecnologia, as iniciativas em curso são ainda bastante restritas. Em 1994 foi criado o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM para aquisição de sistemas fotovoltaicos para as comunidades isoladas, instalando o equivalente a 5 MWp e atendendo a 7.000 comunidades em todo o país. A iniciativa foi incorporada ao Programa Luz para Todos que teve como objetivo atender às localidades remotas não eletrificadas no território nacional. Dados da Eletrobrás mostram a instalação de 2.046 sistemas fotovoltaicos e cadastrados 70.451 projetos no programa, totalizando 319.259 projetos desde 2004, somente por parte da Eletrobrás (Abinee, 2012).





Para Silveira, Tuna e Lamas (2012), o maior desafio para ampliação da tecnologia no país é a limitação da política pública. A WWF-Brasil (2015) destaca a Resolução Normativa ANEEL 481/2012 permitindo que projetos fotovoltaicos de até 30 MW tenham desconto de 80% nas Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e nas Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) ao longo dos 10 primeiros anos de operação, o que permite reduzir o preço final da energia. Só que os descontos valem apenas para projetos que entrarem em operação até o final de 2017. Já a Resolução ANEEL 482/2012 estabeleceu as regras do *net metering* para a geração distribuída, determinando que as concessionárias de distribuição cobrassem apenas o saldo líquido entre energia entregue ao consumidor descontada da energia gerada por ele e injetada na rede.

Em 2013, ocorreu o primeiro Leilão de Energia para empreendimentos de geração solar fotovoltaica, para potências iguais ou superiores a 5 MW, e outras fontes como eólica e termoelétricas à base de biomassa ou a gás natural. No entanto, o leilão só recebeu propostas de geração eólica com um total de 867,6 MW (PINHO; GALDINO, 2014). Já o sexto Leilão de Energia de Reserva (LER), realizado pela ANEEL em 2014 foi um marco importante com a contratação de 889,7 MW em 31 projetos de energia solar fotovoltaica (WWF-Brasil, 2015).

Ainda assim, o potencial do país permanece subaproveitado. Estudo da EPE (2014) mostra que a geração solar fotovoltaica em telhados residenciais poderia chegar 32 GW, o que equivale a 2,3 vezes o consumo elétrico residencial em 2013. No entanto, o mesmo estudo afirma que penetração deste tipo de geração ainda depende de sua própria capacidade de se viabilizar economicamente, o que demandará um tempo maior para a sua efetiva participação no cenário brasileiro.

Além disso, o Convênio ICMS 6, do CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária), que tributa a compensação de energia, diminui a atratividade dos sistemas solares fotovoltaicos. Esta tributação está baseada no fato que distribuidores e o governo perderiam receita, uma vez que as distribuidoras deixam de vender energia e o governo deixa de arrecadar tributos. Desconsideram, no entanto, que a arrecadação com impostos sobre os investimentos realizados supera largamente a parcela advinda da venda de energia. Dados do EPE (2014) mostram que um aumento dos investimentos no setor na magnitude de 60% até 2023 elevaria em 10% o saldo tributário.

A WWF-Brasil (2015) defende uma política de governo para o setor centrada na isenção fiscal e tributária, tais como PIS, Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social (COFINS), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), Imposto de Renda e Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL) para toda a cadeia produtiva, incluindo a produção das células e módulos solares fotovoltaicos. Também a criação de linhas de financiamento para o consumidor para a aquisição dos sistemas e uma maior divulgação dos benefícios dessa fonte de geração de energia renovável.





O Greenpeace, em parceria com a Market Analysis, realizou em 2013 um estudo para a avaliação e a percepção dos brasileiros sobre a energia intitulado “Os brasileiros diante de microgeração de energia renovável”. A pesquisa aponta que a microgeração de energia ainda é pouco conhecida, destacando que quatro em cada dez brasileiros nunca ouviram falar no assunto. Apenas 3 em cada 10 brasileiros afirmam conhecer muito ou alguma coisa sobre o tema, sendo eles da classe AB, de alta escolaridade e concentrados na região Centro-Oeste. Ainda assim, a maioria dos entrevistados afirma que instalaria o sistema em caso da disponibilidade de financiamento com juros baixos. Também Echegaray (2013) em sua pesquisa defende a receptividade de consumidores e gestores das comunidades de negócios, para o uso crescente de energias limpas como eólica e a solar.

Vale destacar que a ANEEL não incluiu a geração de energia solar fotovoltaica no Plano Nacional de Energia 2030, indicando com isso o pouco peso estratégico dessa fonte energética na política pública brasileira (EPE, 2012). Segundo dados da Aneel (2018a), a capacidade instalada representa apenas 0,93% da matriz energética. A tabela a seguir mostra o atual mix com a capacidade de geração de energia do país.

Tabela 01 – Capacidade de geração no Brasil

0				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
Central Geradora Elétrica	693	693.762	693.324	0,43
Central Geradora Undi-elétrica	1	50	50	0
Central Geradora Eólica	552	13.620.239	13.597.343	8,49
Pequena Central Hidrelétrica	427	5.181.609	5.148.998	3,22
Central Geradora Solar Fotovoltaica	2.261	1.487.578	1.480.778	0,93
Usina Hidrelétrica	218	101.892.288	97.075.157	60,64
Usina Termelétrica	2.992	41.909.047	40.086.389	25,04
Usina Termonuclear	2	1.990.000	1.990.000	1,24
Total	7.146	166.774.573	160.072.139	100

Fonte: Banco de Informações de Geração. Aneel. 2018.

Os dados disponíveis sobre a expansão da energia solar mostram um potencial de crescimento tantos dos empreendimentos como da potência outorgada conforme pode ser observado na tabela abaixo.





Tabela 02 – Cenário atual e futuro dos empreendimentos em energia solar no Brasil

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)
Empreendimentos em construção	28	714.912
Empreendimentos em construção não iniciada	53	1.479.051
Empreendimentos já existentes	2261	1.487.578
Total	2342	3.681.541

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Banco de Informações de Geração da ANEEL. 2018.

A partir dos dados apresentados verifica-se que, se os 28 empreendimentos em construção, que somam 714.912kW em potência outorgada, e os 53 empreendimentos em construção não iniciada que totalizam 1.479.051 kW em potência outorgada, sejam concretizados, seriam somados 2.193.063 kW aos já 1.487.578 kW de potência outorgada existentes, o que resultaria em 3.681.541 kW. Esta potência outorgada representaria, atualmente cerca de 2,2% da potência instalada no país. No entanto, considerando que, segundo a Aneel (2018a), para os próximos anos serão adicionados 19.852.074 kW na capacidade de geração do país, graças à conclusão de empreendimentos nos diversos tipos de alternativa de geração de energia, projeta-se que a energia solar será responsável por 1,97% da capacidade instalada no Brasil. Assim, mesmo considerando a ampliação desta fonte de energia no país, este valor se situará em níveis bem inferiores em relação aos outros países estudados, como Alemanha, Japão, Itália e China. Apenas os Estados Unidos hoje teriam uma participação menor, embora sua geração em termos absolutos seja significativamente maior que a brasileira.

Assim, considera-se para esta pesquisa que características dos modelos de geração de energia solar adotados em cada país contribuem para o entendimento dos resultados alcançados no modelo brasileiro em relação aos demais países estudados. O quadro a seguir sistematiza os principais aspectos discutidos dos modelos de energia fotovoltaica de cada um dos países estudados.



Quadro 1 – Características dos modelos de implantação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica

Categorias	Países					
	Estados Unidos	Alemanha	Japão	Itália	China	Brasil
Motivação e Benefícios para Implementação	Fontes de energia renovável para redução dos impactos ao meio ambiente, utilizando o sistema de geração fotovoltaico.	Mudança na matriz energética com redução das fontes nucleares, do carvão e do petróleo e aumento das energias renováveis com programas para geração de energia fotovoltaica.	Diminuição da dependência dos combustíveis fósseis. Desenvolver fontes de energias não fósseis e implementar novas tecnologias energéticas.	Decreto Legislativo 387 (2003) atendendo a diretiva da Comunidade Europeia para fontes renováveis.	Compromisso mundial na redução de CO2 com meta de 15% em energias renováveis até 2020.	Extensa área com altos níveis de irradiação solar. Inúmeras comunidades sem redes eletrificadas.
Desafios	Ampliação dos modelos de incentivo das políticas públicas existentes para outros estados.	Requer um contínuo subsídio financeiro público.	Dependência de investimento financeiro público.	Dependente de subsídio do governo nas tarifas de energia. Reforço das atuais redes elétricas para a expansão de carga de energia fotovoltaica no país. Uso da terra para gerar eletricidade versus agricultura.	Garantir o cumprimento das metas estabelecidas pelo Governo Central para o aumento em 15% com fontes renováveis em todo o território.	Requer políticas públicas de incentivo para a implantação de plantas de geração de energia fotovoltaica e para a implantação de instalações residenciais. Faltam campanhas informativas sobre as vantagens da energia fotovoltaica para os consumidores.
Leis / Incentivo Fiscal / Incentivo Financeiro / Incentivo Tributário	Mix de políticas públicas e tarifa diferenciada <i>net metering</i> . Estados com suas próprias leis de incentivos. Incentivo Federal. Projeto Federal “Solar America Initiative” em P&D para tornar a energia fotovoltaica competitiva até 2015.	Lei para Energia Renovável com políticas públicas de incentivos financeiro e fiscal. Lei <i>Feed-in</i> (1990). Programa 1.000 telhados (1991). Programa 100.000 telhados (1999). Ato de Fontes Renováveis de Energia (2000). <i>Feed-in Tariff</i> (2000).	Investimentos em P&D para fontes alternativas: Projeto Luz do Sol (1974). Lei de Energia Alternativa e políticas de incentivo fiscal e financeiro (1980) e Novo Projeto de Luz do Sol (1993). Projeto de Introdução e Promoção da Nova Energia em nível regional (2000). Programa de Apoio para Deter o Aquecimento Global (2001). Lei sobre a promoção do uso de fontes de energia não fósseis e a utilização eficaz de materiais de fonte de energia fóssil por fornecedores de energia (2009). Subsídios financeiros para consumidores e empresas.	Decretos de 2005 e 2006 promovendo incentivo na tarifa de energia de sistemas fotovoltaicos. Programa Conto de Energia (2007) com incentivos em tarifas para as instalações fotovoltaicas.	Programa Golden Sun (2009) com incentivos na FIT. Subsídios aos investidores para o mercado local. Empréstimos e créditos às indústrias e apoio governamental a P&D.	PRODEEM e Programa Luz para Todos. Desconto na TUSD e TUST pela Resolução Normativa ANEEL 481/2012 para projetos fotovoltaicos até 30 MW. Resolução ANEEL 482/2012 estabelece as regras do <i>net metering</i> para a geração distribuída. Primeiro leilão de energia fotovoltaica em novembro de 2013. Leilão de energia reserva com inclusão da energia fotovoltaica em novembro de 2014.
Sistema tarifário diferenciado ao consumidor	<i>Net metering</i>	<i>Feed-in Tariff</i> (FIT)	FIT	Mix de FIT segmentado e <i>Net metering</i>	FIT	<i>Net metering</i>
Participação Atores / Governo / Empresa / Consumidor	Governo: através de incentivos e mix de políticas. Empresas: através de financiamentos públicos e aumento do mercado. Consumidor: Preço da energia contratual e meio ambiente.	Governo: fornecimento de eletricidade em larga escala pelo sistema fotovoltaico e aumento da segurança de fornecimento de energia. Apoio com investimentos para fábricas e incentivos financeiros para aquisição de equipamentos. Empresas: em P&D e expansão industrial.	Governo: investimentos em P&D e para instalações de sistemas do sistema fotovoltaico. Empresas: em P&D e expansão industrial para uso do sistema fotovoltaico. Consumidor: financiamento e subsídios para instalação.	Governo: subsídio nas tarifas de energia para os sistemas fotovoltaicos. Empresas: investimentos em plantas de geração fotovoltaica. Consumidor: através de investimentos próprios.	Governo: subsídio e investimentos. Empresas: investimentos subsidiados pelo governo em P&D e expansão industrial.	Governo: em fase inicial de sustentação da energia fotovoltaica nos leilões de energia. Empresas: sem incentivo fiscal e com impostos altos para os sistemas fotovoltaicos. Consumidor: sem perspectiva de aquisição devido ao alto custo de aquisição e instalação.
Resultados Alcançados	Estados incentivando o uso da energia fotovoltaica com mix de políticas públicas de incentivo. Expansão do mercado no uso da energia solar fotovoltaica devido ao modelo de negócio do terceiro proprietário.	Incentivo federal muito forte para o uso da energia solar fotovoltaica. É o maior gerador mundial de energia solar fotovoltaica.	Ampliação das instalações fotovoltaicas devido aos investimentos e subsídios do governo.	País se torna o segundo maior gerador de energia solar fotovoltaica na Europa e o quarto no mundo.	Fortes incentivos do Governo Central para o uso da energia solar fotovoltaica. O país se tornou o maior produtor mundial de células e módulos solares fotovoltaicos.	Aguardando posição política de inclusão desta fonte na matriz energética nacional.

Fonte: Autores 2016.





Quanto às motivações verifica-se uma importante diferença entre os países estudados e o Brasil. Enquanto para Estados Unidos, Alemanha, Japão, Itália e China, a redução dos níveis das emissões de CO₂, a diminuição da dependência de combustíveis fósseis e do uso energia nuclear se destacaram; no Brasil, a motivação foi a inclusão de comunidades sem acesso à distribuição de energia. Na categoria desafio reforça a continua dependência do investimento público na Alemanha, Itália e Japão. Já nos Estados Unidos, o maior está na ampliação das políticas públicas nos diversos estados e na China assegurar o alcance das metas estabelecidas. No caso do Brasil, a reduzida política pública assim como um processo educativo emergem como pontos centrais.

Em relação às leis e aos incentivos governamentais, o uso de um mix de políticas públicas que envolvem incentivos fiscais e tributários para a cadeia produtiva, envolvendo fabricantes e consumidores, o apoio em P&D para tornar a tecnologia mais competitiva e a predominância do sistema FIT são os mais utilizados. Destaca-se que o sistema FIT tenderá nas próximas décadas a ser cada vez mais central como forma de estimular o crescimento da energia solar, como mostram as experiências japonesa e chinesa. Diferente do Brasil em que as iniciativas públicas aparecem de forma mais fragmentada e limitada, como os descontos nas tarifas de uso do sistema de distribuição (TUSD) e na tarifa de uso do sistema de transmissão (TUST) e a aplicação da tarifa *net metering* para a geração distribuída.

Procedimentos Metodológicos

Para atingir o objetivo deste estudo foi realizada uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória, pois se procura compreender os agentes envolvidos e suas motivações para a implantação de sistemas de energia fotovoltaicos.

Os procedimentos metodológicos incluíram a análise documental e entrevistas. A seleção de entrevistados foi intencional de forma a representar os diferentes atores envolvidos. No entanto, alguns entrevistados foram incluídos a partir da técnica *snowball* ou bola de neve pela indicação do primeiro grupo de entrevistados escolhidos (Godoi & Mattos, 2008). As entrevistas foram realizadas no segundo no primeiro novembro de 2015 a fevereiro de 2016. As questões abordaram os fatores indutores para a adoção de energia solar fotovoltaica, resultados alcançados, barreiras cenários futuros. Ao todo foram 15 entrevistas representando setor de geração e comercialização de energia (GC1; GC2). Associações Industrial e Empresarial (AIE1; AIE2), Órgãos Governamentais (OG1; OG2), Organizações não governamentais (ONG1; ONG2; ONG3; ONG4), Meio acadêmico (MA1, MA2), Comercialização e instalação de sistemas fotovoltaicos (CI1, CI2). As gravações das entrevistas totalizaram 18 horas, com uma média de 77 minutos, e foram transcritas. O critério de saturação teórica ou redundância apontada (Glazer e Strauss, 1967) mostrou que a





amostra escolhida foi suficiente para uma discussão aprofundada das barreiras e perspectivas para a energia solar fotovoltaica no Brasil. As transcrições foram enviadas para os entrevistados para validação, sendo autorizado o uso das informações pelo conjunto de respondentes.

A técnica de análise escolhida para esta fase foi a de análise de conteúdo. Seguindo a recomendação de Bardin (1994), categorias e sub-categorias foram criadas para facilitar o processo de análise a partir da revisão da literatura e do processo de análise das entrevistas, conforme o quadro a seguir:



Quadro 2 - Categorias de análise e matriz de perguntas

Categorias de Análise	Referencial Teórico Autores	Matriz de Perguntas Perguntas relacionadas com as categorias de análise
<p>I - Fatores Indutores: A - Fatores internos: a) Políticas Públicas: - Pressão da Sociedade - Custo - Crise do Petróleo - Legislação b) Tecnologia c) Custo da energia: - Pressão dos consumidores - Sistema Tributário B - Fatores Externos: Tendências mundiais</p>	<p>JANNUZZI, VARELLA; GOMES, 2009. VALKILA; SAARI, 2010. IEA, 2010. CARVALHO, 2012. IEA, 2012b. GRAU; HUO; NEUHOFF, 2012. TIMILSINA; KURDGELASHVILI; NARBEL, 2012. ABINEE, 2012. CHOWDHURY et al., 2014. SCHAFFER, BERNAUER, 2014. CUCCHIELLA; D'ADAMO, 2012. SPERTINO; DILEO; COCINA, 2013. EPE, 2012. JACOBSSON; LAUBER, 2006. RENZI, 2011. CHOWDHURY et al., 2014. GESTORE SERVIZI ENERGETICI, [2015] YUAN; HOU; XU, 2012. IEA, 2014. EPE, 2014.</p>	<p>1- Quais são os fatores que estão induzindo o uso da energia fotovoltaica no Brasil? Pressão da sociedade, problema de custo, uso do petróleo, legislação? 2- Quais são as vantagens e as desvantagens do uso da energia fotovoltaica no Brasil? 3- Quais são as principais aplicações da energia fotovoltaica atualmente no Brasil? 4- Como estão as políticas públicas para o uso da energia fotovoltaica no país? 5- Como é vista a legislação atual para geração da energia fotovoltaica no país? 6- A legislação atual é suficiente para atender ao mercado consumidor autônomo, isto é, residencial, comercial e industrial? Quais incentivos estão faltando para este mercado? 7- Os marcos regulatórios atuais abrangem as necessidades para as instalações dos grandes parques geradores de energia fotovoltaica? Por quê? O que está faltando para completar as necessidades dos geradores neste mercado? 8- A divulgação do uso de energia fotovoltaica existente é suficiente para atingir o mercado consumidor? O que é necessário? O que está faltando? 9- Que tipo de política pública de incentivo está faltando para a formação de uma base industrial no país? E para o consumidor em geral na instalação desta fonte de geração? 10- Existe alguma política pública para os estados e municípios de incentivo e programas para uso da energia fotovoltaica junto as suas comunidades? 11- Existe alguma expectativa de modelos tarifários diferenciados para o uso da energia fotovoltaica no país? Eles são aplicáveis no país como um todo? O que está faltando? 12- O sistema tarifário <i>net metering</i> é o mais adequado ao Brasil? O sistema tarifário <i>Feed-in Tariff</i> (FIT) se aplicaria no Brasil? Existe algum outro tipo de tarifa que se adeque melhor ao modelo brasileiro?</p>
<p>2 - Resultados, vantagens e benefícios: - Aumento do uso - Fabricação - Inovação</p>	<p>RENZI, 2015. LI; LIN, 2013. ABINEE, 2012. IRENA, 2015. WWF-BRASIL, 2015. McDONALD; PEARCE, 2010. LARSEN, 2009. FLAVIN; AECK, 2005. TIMILSINA; KURDGELASHVILI; NARBEL, 2012. SEEL; BARBOSE, WISER, 2014. KOLLINS; SPEER; CORY, 2010. GTMRESEARCH; SEIA, 2015. MENDONÇA; JACOBS, 2014. CUCCHIELLA; D'ADAMO, 2012. IEA, 2010. ANTONELLI; DESIDERI, 2014. IEA, 2015. PEREIRA et al., 2012. WWF-BRASIL, 2015. EPE, 2014. GREENPEACE BRASIL, 2015.</p>	<p>13- O que existe de resultados efetivos no uso da energia fotovoltaica no país, mesmo sabendo da sua participação de 0,01% na matriz energética do Brasil? 14- Existe algum plano nacional em estudo para incentivar a indústria local? 15- É possível visualizar um horizonte de investimento massivo nesta fonte de energia nas nossas plantas geradoras de energia elétrica? 16- De que forma poderemos ter um produto competitivo perante o cenário mundial? 17- É possível ter um cenário futuro das nossas condições de competir no mercado mundial desta fonte energética? 18- De que forma podemos acelerar o mercado fotovoltaico no Brasil?</p>
<p>3 - Barreiras e Desvantagens - Tecnológicas - Custos - Cultural - Legislação - Incentivos - Político - Interesse Privado - Conflito de Interesses</p>	<p>ANTONELLI; DESIDERI, 2014. IEA, 2010. EPE, 2014. McDONALD; PEARCE, 2010. WWF-BRASIL, 2015. GREENPEACE BRASIL, 2015. MARKET ANALYSIS, 2013. EPE, 2012. McDONALD; PEARCE, 2010. FLAVIN; AECK, 2005.</p>	<p>19- Quais são as principais barreiras que impedem este mercado de crescer e se tornar significativo na matriz energética brasileira? 20- Existe a barreira tecnológica neste cenário? 21- Esta barreira é uma questão de custo? 22- A barreira é uma questão de falta de sua divulgação ao mercado consumidor? É cultural? 23- É uma questão de falta de legislação? 24- É uma questão de falta de incentivos? E quais poderiam ser? 25- É uma questão política? De que forma? 26- Existe alguma interferência no setor privado neste cenário para a sua pequena evolução na matriz energética? 27- Existe algum conflito de interesse?</p>
<p>4 - Cenários futuros e Comentários finais - Comentários adicionais para serem acrescentados - Sugestões de novos players deste cenário</p>		<p>28- Você tem algum comentário adicional que gostaria de acrescentar nesta entrevista sobre esta fonte de energia seja mercado, política, entre outras, que não foram abordadas? 29- Sugestões de novos entrevistados dentro da organização? 30- Poderia indicar novos contatos ou empresas que podem somar com informações para esta pesquisa?</p>

Fonte: Autores.





Após esta etapa, foram selecionados fragmentos de textos, que após serem codificados, transcritos e tabulados, são apresentados a seguir junto com os seus comentários e análises reflexivas.

Apresentação dos resultados

A primeira categoria abordou fatores indutores para expansão da energia solar fotovoltaica. Entre os fatores internos, as políticas públicas foram destacadas por 93% dos entrevistados. Para 57%, a adoção do marco regulatório e a publicação da resolução da ANEEL 482 de 2012 foi um importante indutor para uso da tecnologia, ao viabilizar o conceito de micro e minigeração distribuída, permitindo que qualquer consumidor pudesse gerar a sua própria energia e transferir excedente não consumido à rede distribuidora e ser compensado com seu consumo posterior,

OG2 – “A 482 surgiu em 2012 com o objetivo de reduzir barreiras para este consumidor autônomo residencial, comercial e industrial, para que ele tivesse oportunidade de instalar a sua própria instalação. A rigor antes de 2012 muitas distribuidoras proibiam expressamente conectar a geração solar fotovoltaica à rede de baixa tensão”.

OG1 - “Fechamos 2012 com 3 consumidores de microgeração. Fechamos 2014 com 424... Em dezembro de 2015, fechou com 1.748 e nós estamos em março e os dados de fevereiro de 2016 fecharam com 2.207”.

Outro fator importante apontado por 71% dos entrevistados é o sistema de tarifação adotado na resolução 482 para a energia gerada e injetada na rede da distribuidora, conhecido como *net metering*. Esse sistema foi destacado como mais adequado para o cenário brasileiro em relação ao FIT. A FIT, embora reconhecida como um sistema tarifário importante para o incentivo da energia solar nos países europeus, onera todos os consumidores de energia elétrica ao fazer o rateio do subsídio na tarifa de energia. Já o sistema *net metering* favorece o consumidor, pois a cada 1 kWh gerado e injetado na rede, esse mesmo 1 kWh é compensado no consumo.

AIE2 – “O modelo FIT foi importante no passado, mas ele é um modelo oneroso. Ele gera uma conta, porque você paga um prêmio de energia para o cliente final e gera uma conta que precisa ser rateada entre os consumidores”.

Mudanças nos aspectos tributários também foram apontadas pelos entrevistados. Em um primeiro momento, o CONFAZ autorizava os estados a cobrarem ICMS sobre o consumo total da unidade residencial, sem considerar qualquer compensação da energia produzida pelo microgerador. Em 2015, o próprio CONFAZ, por meio do Convênio ICMS 16, autorizou a





concessão da isenção do ICMS pelos estados, além da isenção do PIS/PASEP e COFINS para a energia gerada e injetada pelo consumidor na rede.

ONG1 – “A questão da resolução da liberação pelo CONFAZ aos estados do ICMS para a eletricidade foi um avanço muito grande em termos de políticas públicas, depois o governo federal, fazendo a parte dele, retirou o PIS/COFINS da conta de luz do micro e minigerador”.

Também a resolução 687 de 205, oriunda da revisão da resolução 482 propiciou avanços ao incluir novos arranjos organizacionais.

OG1 – “A resolução 687 criou novas figuras que permitem, por exemplo, consumidores se organizarem em cooperativas ou consórcios e terem uma usina, compartilhando a geração. Condomínios residenciais e comerciais também podem instalar e seus condôminos podem usufruir desta energia”.

Os leilões realizados pelo governo federal para usinas de geração solar também foram apontados como um importante indutor para reversão dos baixos índices do uso desta tecnologia na matriz energética.

AIE2 - “Em 2014, o primeiro leilão federal de energia solar fotovoltaica contratou um volume de 1.048 MW em 30 projetos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede que entrarão em operação até 2017. Em 2015 tivemos 2 leilões nacionais contratando um pouco mais de 2 GW para serem construídos em 2017 e 2018. Com isso, o Brasil dá uma virada na sua participação na energia solar fotovoltaica, no nosso índice, que atualmente representa 0,02%”.

Ainda no âmbito federal, o PADIS foi destacado como um programa para beneficiar o setor.

AIE1 – “O PADIS que é o plano de adensamento da indústria de semicondutores. A célula e o painel são considerados produtos semicondutores, podendo ser incentivados pelo PADIS. E já tem alguém com a habilitação, apesar de que efetivamente não está produzindo no Brasil. O PADIS dá todas as desonerações tributárias para a empresa montar a fábrica no país”.

Nas entrevistas também foram mencionados exemplos de políticas estaduais e municipais como indutores do uso da energia solar fotovoltaica, destacando-se o leilão estadual de Pernambuco e a implantação do IPTU verde nas cidades de Salvador e Camaçari.

AIE2 – “A partir de 2013, tivemos o primeiro leilão estadual de energia solar fotovoltaica realizado pelo governo de Pernambuco que contratou 5 projetos, 92 MW em usinas de grande porte. Nem todas foram construídas, mas algumas deverão entrar em operação ao longo dos próximos meses e anos e essa foi a primeira grande contratação de energia solar conectada à rede”.

MA1 – “A outra opção é o IPTU Verde. Vários municípios, incluindo Salvador e Camaçari, permitem obter algum desconto no seu IPTU para a geração fotovoltaica”.



O preço da energia e o fato dos sistemas distribuídos serem instalados próximos ao centro de utilização da carga energética foram apontados também como potenciais indutores. A elevação da tarifa de energia elétrica em decorrência da crise hídrica que o país atravessou motivou alguns consumidores a procurarem alternativas como a própria geração de energia elétrica por meio da energia solar fotovoltaica. Já a proximidade dos pontos de consumo diminui necessidade de ampliação de linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica, evitando também as perdas de cargas que comumente ocorrem nas linhas de transporte de energia. Reduzem-se assim os custos envolvidos na distribuição de energia das concessionárias o que possibilita reduzir seus preços para os consumidores

CI2 – “O custo da energia tem feito com que as pessoas procurem alternativas no curto, ou no médio, ou no longo prazo para reduzir seus custos em energia”.

OG1 — “Ao colocar a geração junto à carga, estou minimizando a carga no uso da rede e, no longo prazo, isso vai gerar economia porque a distribuidora não vai precisar ampliar a rede para poder atender aquele consumidor”.

A segunda categoria abordou os benefícios da adoção da energia fotovoltaica em larga escala. Além dos ganhos ambientais, diretos e indiretos, a geração de empregos de qualidade e de qualificação técnica deve ser considerada. Seus impactos positivos na cadeia produtiva favorecem a economia local e regional, incluindo oportunidades de empregos de montagem de equipamentos, de manutenção, de engenharia e de consultoria para sua aquisição e instalação.

ONG2 – “A princípio ela provoca menores impactos ambientais associados. Quando eu falo impacto ambiental, eu não estou só restrita a CO2, tem também impacto no uso da água e assim por diante”.

AIE2 - “A fonte solar fotovoltaica é uma grande geradora de empregos, na média internacional, são aproximadamente 25 a 30 empregos gerados para cada MW instalado por ano. Empregos diretos nesse caso, o que é uma das mais altas médias entre as diferentes fontes de geração de energia elétrica. A característica principal destes empregos é que são empregos de qualidade, ou seja, empregos normalmente de nível técnico ou nível superior, e empregos que ficam na região onde os sistemas são instalados.

O potencial de redução da conta de energia e aumento da independência energética foi lembrado por 29% dos entrevistados. Apesar do custo ainda alto para a sua aquisição e de um retorno de seu investimento entre 6 e 8 anos, estima-se um benefício na ordem de 18 anos de geração de energia elétrica com custo zero, limpa e sustentável. A garantia dada pelos fabricantes dos módulos ou das células fotovoltaicas é de 25 anos e ainda existem inúmeros sistemas operando com mais de 25 anos.

Um dos entrevistados ressaltou a vantagem que o Brasil tem no cenário mundial por possuir grandes reservas de quartzo de alto teor de pureza (mineral do qual o silício é extraído), além de ser também um dos líderes mundiais na produção de silício de grau





metalúrgico. No entanto, essa vantagem não é valorizada no mercado industrial interno para a produção das células solares fotovoltaicas, pois é necessário dispor de uma base industrial para o beneficiamento do silício grau metalúrgico para o silício grau solar. Uma base industrial para a produção desta tecnologia possibilitaria exportar, além do minério de quartzo, o silício de grau solar e, eventualmente, os próprios módulos solares, credenciando o país também como exportador de produtos de alto valor agregado.

Na discussão dos benefícios emergiram quatro novas subcategorias: alta reciclabilidade dos módulos fotovoltaicos, redução de processos de violação dos direitos humanos; inclusão social e redução da externalidade socioambiental de usinas de geração de energia elétrica

AIE2 – “São equipamentos que têm alto potencial de reciclabilidade. Normalmente o módulo fotovoltaico silício cristalino possui entre 90 e 96% de reciclabilidade de seus componentes. Como a cadeia do alumínio em que você pode reaproveitar a maior parte do material utilizado em outras aplicações ou mesmo voltando para a cadeia produtiva do alumínio. Você também pode fazer isso no caso do sistema fotovoltaico. Isso é bastante positivo porque mostra que essa cadeia, se planejada adequadamente desde o começo, pode ter um baixíssimo impacto ambiental como é reportado pela academia e pelo setor produtivo ao redor do mundo”.

ONG1- “Migrando já para outro benefício que é social a gente evita, por exemplo, que tenha defeitos tão sistemáticos nos direitos humanos como os que a gente tem visto com as construções hidroelétricas na Amazônia”.

ONG3 – “É a gente incluir no preço da energia as externalidades relacionadas com este tipo de geração. Por exemplo, se pega uma hidroelétrica ou uma termoelétrica. Ela é uma energia que tem que ser mais cara, porque ela gera emissão, gera impacto ambiental. As externalidades socioambientais da geração deste tipo de energia têm que ser incorporadas no seu preço”.

O terceiro bloco trata das barreiras no Brasil. O custo do sistema fotovoltaico foi apontado por 93% dos entrevistados. A sua instalação se restringe a uma camada de consumidores de alto padrão. Acrescenta-se a falta de uma política de financiamento adequada para essa fonte energética no cenário nacional. Os bancos privados e públicos costumam oferecer financiamentos de cinco anos para sistemas fotovoltaicos, não sendo ainda o ideal para o consumidor, por se tratar de um equipamento com um *payback* longo, da ordem de 8 anos, além de juros e tributação elevados. Adotar a taxa de juros utilizada em financiamentos imobiliários e não de financiamentos de bens de consumo emergiu como proposta.

ONG4 - “Acho que tem a questão da viabilidade econômica. O principal ponto é que as vias de financiamento que temos hoje, e que podem apoiar o sistema solar, não chegam a uma taxa de juros atrativa. Então esta questão de linhas de financiamento com juros diferenciados para energia solar é um dos maiores entraves no Brasil”.



A questão da divulgação da tecnologia para o mercado consumidor foi destacada por 79% dos entrevistados, por desconhecimento de possibilidades como redução de custo, repasse do excedente energético e abatimento da tarifa. Também a questão cultural foi apontada como um empecilho para desenvolvimento desta alternativa.

AIE2 - “Ainda é necessária uma maior divulgação da fonte solar fotovoltaica, das suas qualidades, de seus benefícios, das suas características, de como contratar essa energia ou como instalar e planejar o sistema fotovoltaico para seu uso. Apesar de demonstrar um grande apoio e interesse nessa tecnologia, ela desconhece o detalhe de seu funcionamento e às vezes acaba confundindo a energia solar fotovoltaica com aquecimento solar”.

ONG1 – “As pessoas não conhecem as possibilidades, não conhecem os benefícios. Sem sombra de dúvida a divulgação é importante e acho também que é uma questão de cultura. Culturalmente o brasileiro, de maneira geral, não tem o costume de fazer investimento. Comprar um carro é investimento. Então falta uma cultura de investimento e falta entender que comprar um sistema fotovoltaico pode ser investimento. Então é uma questão cultural, sim”.

O problema se amplia na visão de 71% dos entrevistados em função da falta visão estratégica e de longo prazo para o setor no país.

ONG3 – “A gente não tem política pública efetiva clara. A gente tem instrumentos de políticas públicas, que são utilizados de uma maneira fragmentada e sem uma visão estratégica temos os planos decenais, temos o plano nacional de energia para 2030. Ele foi publicado há muito tempo no momento em que solar inexistia no Brasil. Então ele não tem praticamente nada, prevendo ou projetando uma expansão desta fonte no país de maneira significativa”.

A barreira das distribuidoras de energia e sua reatividade à tecnologia foram apontadas por 50% dos entrevistados. Como a tecnologia é entendida como uma ameaça à rentabilidade do negócio pela potencial queda de consumo, as distribuidoras relutam em implantar efetivamente a resolução 687 da ANEEL para abatimento de tarifas para o consumidor.

AIE2 - “Infelizmente ainda existe certa resistência das distribuidoras no que diz respeito à inserção e ao crescimento da energia solar fotovoltaica em geração distribuída no Brasil, porque infelizmente algumas distribuidoras percebem a geração distribuída como uma ameaça ao invés de uma oportunidade”.

Dois entrevistados ressaltaram ainda o conflito de interesse no cenário energético quanto à geração solar fotovoltaica, que corresponde aos lobbies de empreiteiras ou setor de carvão.

ONG3 – “Acho que há muitos agentes econômicos interessados no desenvolvimento dessa fonte, mas o lobby, como o do setor das empreiteiras para o desenvolvimento dos projetos hidrelétricos na Amazônia e o lobby do setor do carvão que é forte e conseguiu alavancar alguns novos projetos em leilões recentes”.





A intermitência do sistema também foi lembrada. A sua carga de geração varia com a intensidade da luz solar, podendo chegar a 10% do valor de sua capacidade na sua ausência diurna; gerando distorções na qualidade da energia elétrica da rede. Sua operacionalização se torna mais complexa, sendo necessária outra fonte de energia de *backup* para atender às oscilações de carga, seja por falta de intensidade solar ou por aumento de demanda de carga de energia no horário noturno. Também o problema da capacitação da mão-de-obra foi levantado por dois entrevistados.

AIE1 - “Outra desvantagem, que é óbvia, é que você não tem sol 24 horas por dia. O fotovoltaico é uma fonte considerada intermitente. Você não tem garantia da disponibilidade de energia elétrica na hora que você quer. Tem que usar o fotovoltaico junto com o grande sistema de armazenamento ou com outra fonte que dê essa disponibilidade na eventualidade de não ter sol ou durante os horários noturnos. Essa é uma desvantagem operacional”.

ONG2 – “Você tem alguns problemas na capacitação da mão de obra. A gente tem necessidade de capacitar pessoas que tenham condições de trabalhar nessa cadeia, como eletricitistas e instaladores. Não é uma indústria que requer mão de obra de baixa qualificação. Você precisa qualificar essa mão de obra”.

A última categoria aponta os cenários futuros. Financiamento e redução da carga tributária foram reforçados, além das remotas condições do Brasil vir a se tornar um produtor mundial relevante. A única alternativa seria investimentos maciços governamentais que não estão em pauta no país

GC2 – “Não faz nem sentido para o Brasil querer ser um polo produtor mundial de módulos fotovoltaicos. É uma batalha perdida que, nas tecnologias atuais, é perdida para a China”.

Para dois entrevistados, o cenário mais promissor não seria exportar e sim investir na capacidade de montagem local dos módulos com as células solares fotovoltaicas importadas, utilizando produtos nacionais como vidro, alumínio e demais peças de sua montagem. Um dos entrevistados destacou a necessidade de estruturar a geração solar fotovoltaica na matriz energética do país, pelo menos nos próximos 10 anos, para depois olhar outros horizontes externos, como o da internacionalização com a América Latina e Ásia. Foi destacada uma ameaça ao futuro energético do país em função do término do acordo comercial entre Brasil e Paraguai do Tratado de Itaipu em 2023 e seu provável no aumento na tarifa de energia.

Conclusão

Este trabalho teve como objetivo discutir as principais características e resultados dos modelos adotados pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento quanto à geração de energia solar fotovoltaica. Os resultados mostram que seu uso cresceu de forma significativa em diversos países. O Brasil, apesar de apresentar inúmeras vantagens comparativas, não acompanhou esta tendência. Assim, voltando à pergunta de pesquisa inicial sobre a baixa



representatividade desta tecnologia na matriz energética brasileira, destaca-se em primeiro lugar a dependência de todos os países estudados das políticas públicas para a expansão desta alternativa.

As pesquisas Timilsina, Kurdgelashvili e Narbel (2012), Lauber (2006), REN (21), Chowdhury *et al.* (2014), Avril *et al.* (2012) e Matsubara (2018), evidenciaram que um mix favorável de políticas públicas, incluindo subsídios e financiamentos foram fundamentais para o crescimento da energia solar nos países estudados. Destaca-se o vigoroso crescimento recente na China assegurado por um conjunto de incentivos fiscais e financeiros (Grau, Huo & Neuhoff, 2012, Wei et al, 2018). A perspectiva da geração de energia solar futura neste país é ainda mais promissora. Em 2040, deve atingir 22% da representatividade no total de sua matriz, e 702GW de capacidade instalada total (IEA, 2017) que representaria um crescimento acima de 2000% em relação a 2014.

No Brasil, as resoluções 482 de 2012 e 687 de 2015 são marcos importantes ao introduzir inovações como o *net metering* ou novos arranjos organizacionais que permitem o compartilhamento de projetos entre consumidores. No entanto, seus resultados são residuais, uma vez que a energia solar fotovoltaica representa 0,93% da matriz energética. No Brasil, a política pública se apresenta de forma fragmentada e incompleta, pois faltam mecanismos de financiamento e juros de baixos de longo prazo para fabricantes, investidores e consumidores de forma a ampliar significativamente o uso desta alternativa, corroborando os trabalhos da Market Analysis (2013) e WWF-Brasil (2015). Como resultado, o crescimento projetado no Brasil continua muito abaixo dos países estudados. Se em termos absolutos em relação aos investimentos em novas geração de energia, a expansão é de 2.193.063 kW, o que representará um aumento de 150%, porém em relação ao total da matriz energética não devera passar de 1,97% para os próximos anos, segundo os dados da Aneel (2018a). Este valor seria bem inferior aos patamares que países como Alemanha, Itália e Japão já registram hoje, além de representar uma parcela ínfima do que se projeta para o crescimento desta fonte energética na China.

Infere-se que uma das razões que explicam a pouca amplitude das políticas públicas no país em relação aos outros países estudados esteja na motivação. Diminuir a participação dos combustíveis de forma a cumprir os acordos internacionais de redução de emissão motivaram os países europeus e a China (Carvalho, 2012; Yuan; Ho & Xu, 2012) Compromissos da Europa em reduzir em 20% os gases de efeito estufa até 2020 e da China de diminuir suas emissões de CO₂ entre 40 e 50% por unidade de PIB no mesmo período acelerou significativamente os investimentos em energia solar fotovoltaica. No caso brasileiro, esta pressão é bem menor, devido ao tipo de matriz energética do país e no foco da emissão associada ao desmatamento. As políticas públicas nesse setor têm um valor mais simbólico





e menos estratégico, tentando colocar o país no trilho de uma tendência internacional de inclusão desta alternativa no mix da geração de energia.

O sistema tarifário adotado no país pode explicar também os poucos avanços. A FIT é considerada um elemento central das políticas nos vários países analisados. (Mendonça & Jacobs, 2009; Cucchiella e D'adamo, 2012; IEA 2014). A FIT é considerada um poderoso incentivo ao consumidor, pois este recebe um valor maior pela energia vendida à distribuidora do que o preço da tarifa de consumo, garantindo uma redução importante do prazo de *payback* do investimento realizado. No caso do Japão, a expansão significativa esperada para a expansão da energia solar tem como uma de suas causas a adoção do sistema FIT (Matsubara, 2018). Na China, conforme comentado, se este subsídio persistir até 2030, o FIT terá impactos positivos sobre o PIB, o emprego e as reduções de emissões de gases estufa, e estes efeitos positivos tendem a aumentar com tempo (Wei et al, 2018).

No Brasil, o *net metering* foi o modelo tarifário escolhido, destacado pelos entrevistados como adequado ao cenário brasileiro, por não onerar e sobrecarregar a tarifa de energia elétrica a todos os consumidores. No entanto, ao limitar-se ao crédito de cada kWh gerado para consumo futuro, não apresenta, como no caso da FIT, um retorno financeiro na sua fatura, diminuindo sua efetividade como mecanismo indutor. A ausência de um modelo robusto favorável à energia solar fotovoltaica limita diversas oportunidades para o país ressaltadas nas entrevistas e corroboradas pela literatura, incluindo: geração de postos de trabalhos de qualidade, ganhos adicionais ao longo cadeia produtiva com atividades complementares como consultoria e manutenção e desenvolvimento local (Irena, 2015; WWF-Brasil, 2015). Destaca-se também, que, apesar do Brasil ter uma das maiores reservas de quartzo, essa vantagem não é aproveitada para a construção de uma base industrial para o beneficiamento do silício grau metalúrgico para o silício grau solar, principal material para a produção das células fotovoltaicas. Assim, perde-se a oportunidade do país desempenhar um papel muito mais relevante no comércio internacional neste segmento, limitando ao papel de exportador de commodities.

A ausência de olhar estratégico por parte de governo e empresas impede também aproveitar mercados emergentes. A reciclagem do módulo fotovoltaico, ressaltada nas entrevistas, é um fator de extrema importância dessa fonte renovável. McDonald e Pearce (2010) ressaltam que o uso crescente da geração solar fotovoltaica traz uma preocupação para um futuro próximo, com o fim de vida dos módulos solares fotovoltaicos e seu descarte. Em contrapartida, a alta taxa de reciclabilidade destes equipamentos, entre 90 a 96%, somada a presença de metais valiosos garantem a viabilidade econômica do processo de reciclagem (Larsen, 2009; Abinee, 2012).

Por fim, ressalta-se que a disseminação da energia solar fotovoltaica é também uma questão cultural. A precária divulgação por parte das instituições governamentais e o





desconhecimento do consumidor brasileiro apontados nos trabalhos de Market Analysis (2013) e o estudo da WWF-Brasil (2015) limitam a expansão da tecnologia no país. Soma-se a isto a questão do *payback* de longo prazo e volatilidade do preço dos módulos por estarem atrelados ao dólar em um país que predomina os cálculos de retorno financeiro de curto prazo. Ainda assim, deve-se considerar que dados recentes do Leilão Nº 01/2018 - “A-4”, realizado em 4 de Abril de 2018 mostram que a energia solar ganhou um novo patamar de competitividade, liderando em volume contratado e com uma redução de preço forte (ANEEL, 2018b). Houve um forte deságio de 62,2% em relação ao preço inicial de R\$ 312,00/MWh, atingindo um preço médio de venda de energia elétrica de R\$118,07/MWh (ABSOLAR, 2018). Segundo a ABSOLAR, essa redução de preço e o ganho de competitividade são graças à redução de preços dos equipamentos, recuperação do real frente ao dólar e a competição intensa entre os empreendedores (ABSOLAR, 2018). Tal redução, acabou superando uma das metas do Plano Decenal de Energia para 2026, em que desafiava o setor solar fotovoltaico a realizar uma redução de seus preços em até 40% para 2023 (PDE 2026). Resta saber se esta redução induzirá o governo brasileiro a ampliar a realização de mais leilões de contratação desta fonte.

Ainda assim, conclui-se que todas as limitações apresentadas para o modelo brasileiro de energia solar fotovoltaica fazem com que o país pouco aproveite de suas vantagens comparativas em relação aos demais países estudados. Pesquisas futuras podem aprofundar os benefícios integrados da cadeia produtiva de energia solar em termos econômicos e ambientais e sociais. Destacando-se a questão da viabilidade do beneficiamento do silício, os empregos gerados na cadeia produtiva e sua contribuição para a inclusão social e diminuição de impactos ambientais quando comparados com os sistemas tradicionais de geração de energia.

Referências

- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. (2015). Resolução Normativa Nº 481 de 17 de abril de 2012. Altera a Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004. 20 abr. 2012a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012481.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- _____. (2015). Resolução Normativa Nº 482 de 17 de abril de 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. 19 set. 2012b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- _____. (2018a). BIG - Banco de Informações de Geração: Capacidade de Geração do Brasil. 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 25 nov. 2018.
- _____. (2018b). Sala de Imprensa: Leilão de geração “A-4” termina com deságio de 59,07%. 2018. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/>>





- /asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-/656877?inheritRedirect=false>. Acesso em: 13 nov. 2018.
- Antonelli, M., & Desideri, U. (2014). Do feed-in tariffs drive PV cost or viceversa? *Applied Energy*, 135, 721-729. doi [10.1016/j.apenergy.2014.06.059](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.059)
- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE (2012). Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. [S.l.]: ABINEE, p. 1-176.
- Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR. (2018). Notícias externas. Frente solar fotovoltaica surpreende em leilão de energia nova com forte redução de preço e liderando em volume contratado. 2018. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/frente-solar-fotovoltaica-surpreende-em-leilao-de-energia-nova-com-forte-reducao-de-preco-e-liderando.html>>. Acesso em: 13.nov. 2018.
- Avrill, S. et al. (2012) Photovoltaic energy policy: Financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. *Energy Policy*, 51, 244-258. doi [10.1016/j.enpol.2012.07.050](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.050)
- Bardin, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1994.
- Chowdhury, S., et al (2014). Importance of Policy for energy system transformation: Diffusion of PV technology in Japan and Germany. *Energy Policy*, 8, 285-293. doi [10.1016/j.enpol.2014.01.023](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.023).
- Cucchiella, F., & D'adamo, I. (2012). Feasibility study of developing photovoltaic power projects in Italy: An integrated approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1562-1576. doi [10.1016/j.rser.2011.11.020](https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.020).
- Echegaray, F. (2014) Understanding stakeholders' views and support for solar energy in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 63, 125-133. doi [10.1016/j.jclepro.2013.02.017](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.017).
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE. (2012) Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro: MME - Ministério de Minas e Energia.
- _____(2014). Balanço Energético Nacional 2014: Relatório Síntese - ano base 2013. Rio de Janeiro: MME - Ministério de Minas e Energia.
- Gestore Servizi Energetici - GSE. Evoluzione del Conto Energia. [2015]. Disponível em: <<http://www.gse.it/Conto%20Energia/Fotovoltaico/Evoluzione%20del%20Conto%20Energia/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2015.
- Energy Information Administration – EIA (2018). US Energy facts 2018. Disponível em: <https://www.eia.gov/energyexplained/?page=us_energy_home#tab1>. Acesso em: 15 out. 2018.
- Godoi, C. K., & Mattos, P.L.C.L. Entrevista qualitativa: instrumento de pesquisa e evento dialógico. In: Godoi, C. K.; Bandeira-de-mello, R.; Silva, A. B da (orgs). (2012). *Pesquisa, estratégia e métodos*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, p. 301-323.
- Grau, T., Huo, M., & Neuhoff, K. (2012). Survey of photovoltaic industry and policy in Germany and China. *Energy Policy*, 51, 20-37. doi <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.082>
- Gtm research; solar energy industries association - SEIA. (2015) U. S. Solar market insight report, 2014: year in review, executive summary. [S.l.]: Greentech Media, Inc. and Solar Energy Industries Association.
- International energy agency - IEA. (2012). World Energy Outlook 2012: Renewables energy outlook. [S.l.]: IEA.
- _____(2014). National Survey Report of PV Power Applications in CHINA 2013: Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA.
- _____(2015). National Survey Report of PV Power Applications in CHINA 2014: Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA.
- _____.(2017). World Energy Outlook 2017: China. [S.l.]: IEA. Disponível em: <<https://www.iea.org/weo/china/>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- _____.(2018). Snapshot of global photovoltaic markets 2018: Photovoltaic power systems programme. [S.l.]: IEA.



- International renewable energy agency - IRENA. (2015). *Renewable Energy and Jobs, Annual Review 2015*. Abu Dhabi: IRENA.
- Jacobsson, S., & Lauber, V. (2006). The politics and policy of energy system transformation — explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy*, 34(3), 256-276. doi <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.029>.
- Kollins, K.; Speer, B; Cory, K. (2010). *Solar pv project financing: regulatory and legislative challenges for third-party ppa system owners*. Colorado: NREL- National Renewable Energy Laboratory.
- Larsen, K. End-of-life PV: then what? *Renewable Energy Focus*, Aug. 2009. Disponível em: <<http://www.renewableenergyfocus.com/view/3005/end-of-life-pv-then-what-recycling-solar-pv-panels/>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- Li, A., & Lin, B. (2013) Comparing climate policies to reduce carbon emissions in China. *Energy Policy*, 60, 667–674. doi <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.041>.
- Market Analysis (2015). *Os brasileiros diante da microgeração de energia renovável*. 2013. Disponível em: <<http://marketanalysis.com.br/wp-content/uploads/2014/07/searchsearchsearch.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2015.
- Matsubara, H. (2016). Future perspective and current status of wind energy in Japan after Fukushima. *Energy Democracy*, 2014. Disponível em: < <http://www.energy-democracy.jp/410>>. Acesso em: 08 set. 2016.
- Matsubara, H. (2018). *Renewable energy policies and the energy transition in Japan*. Institute for Sustainable Energy Policies 2018. Disponível em: <<https://www.isep.or.jp/en/library/3392>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- Mcdonald, N.C., & Pearce, J. M. (2010). Producer Responsibility and Recycling Solar Photovoltaic Modules. *Energy Policy*, 38(11), 7041-7047. doi <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.023>.
- MENDONÇA, M.; JACOBS, D. (2009) Feed-in tariffs go global: policy in practice. *Renew Energy World*. [S.l.], v. 12. Disponível em: <<http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-12/issue-4/solar-energy/feed-in-tariffs-go-global-policy-in-practice.html>>. Acesso em: 15 set. 2015.
- PEREIRA, M. G., et al. se tiver até 7 autores, citar todos e tirar o et al. (2012). The renewable energy market in Brazil: Current status and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 3786–3802. doi <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.024>.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Orgs.) (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPTEL.
- Renewable energy policy network for the 21st century – REN21. (2011). *Renewables 2011: global status report*. Paris: REN21.
- _____ (2015) *Renewables 2015: global status report*. Paris: REN21.
- Schaffer, L. M., & Bernauer, T. (2014). Explaining government choices for promoting renewable energy. *Energy Policy*, 68, 15-27. doi <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.064>
- Seel, J., Barbose, G. L., & Wiser, R. H. (2014) An analysis of residential PV system price differences between the United States and Germany. *Energy Policy*, 69, 216–226. doi <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.02.022>.
- Silveira, J. L., Tuna, C. E., & Lamas, W. Q. (2013). The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 133–141. doi <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.054>.
- Spertino, F., Di Leo, P., & Cocina, V. (2013). Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 531-540. doi <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.024>.
- The Statistics Portal – STATISTA (2017). *Energy mix in Italy*. 2017. Disponível em: < <https://www.statista.com/statistics/873552/energy-mix-in-italy/>>. Acesso em: 15 out. 2018.





- Timilsina, G. R., Kurdgelashvili, L., & Narbel, P. A (2012). Solar energy: Markets, economics and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 449–465. doi <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.009>.
- Wei, W., Zhao, Y., Wang, J., & Song, M. (2018). The environmental benefits and economic impacts of Fit-in-Tariff in China. *Renewable Energy*, 133, 401-410. doi: 10.1016/j.renene.2018.10.064. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118312485>>. Acesso em 25 nov. 2018
- Wirth, H. (2018). Recent Facts about Photovoltaics in Germany. Fraunhofer Institute For Solar Energy Systems ISE. Freiburg: ISE, 2018. Disponível em: < <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2018
- World Wide Fund For Nature – BRASIL – WWF-BRASIL. Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas. Brasília: WWF-Brasil, 2015.
- Yuan, J., Hou, Y., & XU, M. (2012). China's 2020 carbon intensity target: consistency, implementations, and policy implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4970–4981. doi <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.065>.