

DO PETRÓLEO À ENERGIA FOTOVOLTAICA: A INSERÇÃO DO BRASIL NESTE NOVO MERCADO

Emilia Ribeiro Gobbo – emiliagobbo@poli.ufrj.br

Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva – ma.fernandes@poli.ufrj.br

Rosemarie Bröker Bone – rosebone@poli.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, Curso de Engenharia de Petróleo

Resumo. *Como uma alternativa de diminuição de gastos em energia elétrica e um estímulo à prática de preservação do caráter limpo e renovável da matriz energética, o uso de energia solar fotovoltaica tem surgido como uma possibilidade real em construções residenciais, indústrias e até mesmo em plataformas para extração e produção de petróleo. Busca-se, através desse artigo, analisar os modelos de financiamento em países influentes quando se fala em energias renováveis; e também os investimentos feitos pelas majors petrolíferas que, a partir do óleo, apostam em energias alternativas, tornando-as empresas de energia. Através disso, estuda-se o crescimento da inclusão da fonte de energia fotovoltaica no Brasil através da sua legislação e instrumentos de apoio dados pelo Governo Federal ao setor fotovoltaico. Concluiu-se que o país deve agir com maior efetividade na transformação de oportunidades em negócios concretos. Percebeu-se também, que a falta de financiamentos com juros baixos se apresenta como um dos gargalos mais fortes para a disseminação da energia solar no país.*

Palavras-chave: Brasil, Energia fotovoltaica, majors petrolíferas, regulamentação, crédito.

1. INTRODUÇÃO

O mundo tem se tornado mais limpo. Os incentivos têm sido inúmeros na busca por energia vinda de fontes renováveis, com o firme propósito de reduzir o uso do carvão, petróleo e outras fontes finitas e poluentes. As economias desenvolvidas, em especial, estão à frente nesta questão, com financiamentos diretos ao uso destas fontes na geração de energia para uso industrial e doméstico.

Acredita-se que esta onda veio para ficar, e as crises da década de 70 fizeram com que as empresas petrolíferas iniciassem uma ampla mudança no seu perfil produtivo. Gradativamente deixaram de se preocupar somente com o petróleo, seu principal produto de exploração, e passaram a concentrar esforços na geração de outras energias, consideradas alternativas. Especificamente, os investimentos nas energias alternativas são proporcionados pelos resultados positivos vindos da exploração e produção (E&P) de óleo e gás natural, além das crescentes preocupações com o meio ambiente, em especial as emissões de Gás de Efeito Estufa (GEE). Pode-se dizer que a diversificação produtiva das empresas petrolíferas tornou-as empresas de energia. Logo, não se trata de uma prática de curto prazo, mas uma tendência alavancada pela característica inerente dos combustíveis fósseis, – ou seja, não renovável e/ou finito.

Esta tendência “verde” por parte de governos e da opinião pública mundial, além das flutuações nos preços do petróleo tem levado as *majors* a desenvolverem no seu *portfólio*, um amplo leque de energias renováveis. Têm-se como exemplo, as empresas petrolíferas Shell, Total e Statoil, principalmente, as quais vêm investindo em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), a fim de desenvolverem tecnologias com o uso do sol, vento, biomassa, entre outras. Dentre as energias renováveis, a energia fotovoltaica foi a que apresentou maior crescimento e que obteve maiores investimentos em todo o mundo (REN21, 2016).

O Brasil se destaca como uma possível potência em energia solar por possuir altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade; o quartzo contém silício, principal matéria prima para a fabricação da célula fotovoltaica. Estas são características naturais do Brasil, que lhe dão vantagens competitivas em produtos de alto valor agregado, como a fabricação de energia fotovoltaica (FALSIROLI, 2015). Sendo assim, o Brasil ciente do seu potencial vem aumentando os incentivos à geração de energia fotovoltaica através de um conjunto de ações para uma maior inserção desta energia na sua matriz energética.

O artigo tem como objetivo apresentar o mercado fotovoltaico no mundo e os incentivos que estão sendo realizados para que aumente a sua participação na matriz energética global. Como primeiro objetivo específico mostrar-se-á a energia fotovoltaica a partir do petróleo, para isso parte-se da contextualização desta fonte de energia frente aos incentivos vindos da diversificação energética nas economias desenvolvidas e por empresas petrolíferas. O segundo objetivo específico terá como foco o detalhamento do panorama da energia fotovoltaica no Brasil, onde apresentar-se-ão as vantagens e os desafios desta nova fonte de energia no país.

2. MERCADO FOTOVOLTAICO NO MUNDO

Mesmo durante as grandes crises econômicas, o mercado fotovoltaico (FV) cresceu notadamente ao longo da última década e está no caminho para se tornar uma importante fonte de geração de energia do mundo.

Dentre as energias renováveis, a energia solar foi a que apresentou maior crescimento; em 2015, obteve os maiores investimentos, com mais de US\$ 81 bilhões (REN21, 2016).

Depois de ter atingido um recorde de crescimento em 2011, comparativamente aos anos anteriores; em 2016, como mostra a Fig. 1, atingiu uma capacidade instalada de 76,6GigaWatts (GW) (EPIA, 2017).

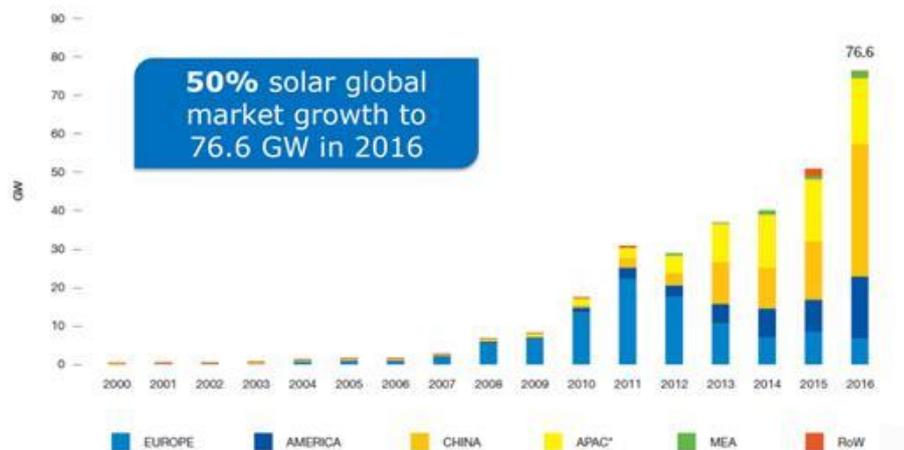


Figura 1 - Capacidade instalada acumulada mundial, 2000-2016
Fonte: EPIA, 2017.

Uma das principais alavancas para o crescimento da capacidade instalada da FV foi a queda observada dos custos em infraestrutura (ou seja, uma redução de 75% ao longo de 10 anos), dados os massivos incentivos fiscais. Com isso, há expectativas de atingir a meta de 540 GW em capacidade instalada mundial acumulada no final de 2017 (EPIA, 2014), ou seja, espera-se dobrar a capacidade instalada acumulada mundial que em 2016 era de 229,6 GW. (EPIA, 2016).

País	Geração (TWh)	% da Geração Total	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (GW)
1 China	66,2	1,1	78.070	13,2	34,5
2 Estados Unido:	56,8	1,3	40.300	18,6	14,7
3 Japão	49,5	4,9	42.750	14,9	8,6
4 Alemanha	38,2	5,9	41.275	10,8	1,5
5 Itália	22,9	8,1	19.279	13,7	0,4
6 Espanha	13,6	5,0	5.490	28,3	0,1
7 Índia	11,9	0,8	9.010	18,8	4,0
8 Reino Unido	10,3	3,1	11.727	11,0	2,0
9 França	8,3	1,5	7.130	13,8	0,6
10 Austrália	7,2	2,8	5.488	15,8	0,8
11 Coreia do Sul	5,2	0,9	4.350	15,2	0,9
12 Grécia	4,0	8,2	2.611	17,5	0,0
13 África do Sul	3,3	1,3	1.544	27,6	0,5
14 Canadá	3,1	0,5	2.715	13,4	0,2
15 Bélgica	3,0	3,6	3.422	10,1	0,2
Outros	29,7	0,4	26.313	14,6	6,3
Mundo	333,1	1,4	301.473	14,4	75,1
% do mundo	1,4		4,7		34,9

Figura 2 - Geração e Potência instalada no mundo, 2016
Fonte: MME, 2017b.

A China, EUA e Japão, respectivamente foram os países responsáveis pela maior Geração (TWh) em 2016: 66,2, 56,8 e 49,5, respectivamente (MME, 2017b).

Ao se observar novamente a Fig. 2, nota-se que a Alemanha possui a 4ª. Colocação em Geração, mas uma Expansão no ano (GW) pequena, de 1,5. Acredita-se que deve-se a redução dos incentivos ao uso de energia solar, devido ao aumento da taxa sobre a energia renovável (THE GERMAN ENERGIE WENDE, 2014). Comprova-se o alto valor cobrado pela energia na Alemanha ao se observar a Tab. 1.

Tabela 1- Preço do kWh nos países versus as maiores capacidades instaladas, 2016

Fonte: CLENER ENERGY, 2017.

	Preço (ct/kWh)	Preço (R\$/kWh)
Alemanha	30	0,951
Dinamarca	30	0,951
Brasil	28	0,885
Espanha	23	0,729
Japão	18	0,570
França	16	0,507
EUA	9	0,285
Canadá	8	0,254

Para tal análise, converteu-se o preço do kWh de *cents* para Real (R\$), considerando um *cent* 0,031691 Reais. A Alemanha juntamente com a Dinamarca e o Brasil possuem os maiores valores pagos por kWh. Já o Canadá e os EUA detêm os valores mais baixos.

2.1 Política e evolução dos incentivos

A geração fotovoltaica vem atuando como um significativo mercado do sistema de energia solar mundial e o seu rápido crescimento afetam todo o planejamento e o *design* da rede de geração total. Isso é impactante tanto nos modelos de negócios, quanto na forma como as empresas executam seus projetos.

Os principais mecanismos de incentivo ao aproveitamento energético de fontes renováveis é o sistema de cotas, onde as distribuidoras de energia elétrica são obrigadas a atender parte de seu mercado com fontes renováveis, como exemplos: a) certificados de energia renovável (em inglês *renewable energy certificates*), b) leilões de compra e c) o sistema de preços, onde a geração por fontes renováveis é adquirida a preços diferenciados, também chamado de contrato de oferta padrão (em inglês *feed-in tariff system*, FiT) (EPIA, 2014). Neste caso pode-se citar a Europa, onde o sistema de preços permite que toda a energia produzida pela fonte subsidiada seja medida e remunerada considerando preços diferenciados.

Novas formas de incentivos e modelos de negócio começaram a surgir ao longo dos últimos anos, tais como: a) arrendamentos solares, b) contratos de compra de energia (PPA), c) *Behind-the-meter*, (BTM) (em português - atrás do medidor), d) títulos verdes e e) *crowdfunding* (em português - financiamento coletivo), buscando beneficiar consumidores e empresários, a partir da redução dos custos e aumento da lucratividade (EPIA, 2014).

A Tab. 2 resume os principais incentivos governamentais à energia fotovoltaica nos EUA, Europa, China e Japão.

Tabela 2 - Mecanismos de incentivos governamentais existentes nos EUA, Europa, China e Japão, 2017

Fonte: Elaboração própria com base em IEA (2011).

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

Nota: * EUA, ** Europa, *** China e ****Japão.

Ao se observar as informações da Tab. 2, destacam-se as *Feed-in Tariffs*, a redução de impostos, os leilões de energia solar e os empréstimos a juros baixos, como sendo os mecanismos de incentivos mais recorrentes nos países onde a geração de energia solar é muito significativa.

A Tab. 3, por sua vez, mostra as principais iniciativas quanto ao desenvolvimento da energia fotovoltaica nos países onde essa fonte de energia é mais significativa e incentivada. Nota-se que os tipos e alcance dos incentivos financeiros e regulatórios variam de país para país, devido a uma série de fatores, entre eles: a) metas locais de redução de emissões, b) competitividade da energia FV distribuída com a tarifa local e c) disponibilidade de diferentes fontes de geração. No processo de escolha do modelo são consideradas as estruturas de mercado e os modelos regulatórios vigentes no país em questão.

Tabela 3 - Iniciativas e incentivos a energia fotovoltaica em países selecionados, 2017
Fonte: Elaboração própria com base em acervo BNDES (2017).

Países	Modelos	Descrição
China	<ul style="list-style-type: none"> Tarifas fixas; Subsídios; <i>Golden Sun</i>; Redução de impostos Empréstimos a juros reduzidos 	Oferecem garantia de retorno para os proprietários dos sistemas FV sobre a energia gerada, concedidos em contratos de longo prazo, em um período de 15 a 20 anos.
EUA	<ul style="list-style-type: none"> Redução dos impostos Sistemas diferentes para cada estado <i>Leasing</i> de placas solares Financiamentos e investimentos comunitários Incentivos de desempenho Créditos de energias renováveis Tarifa fixa 	Os tipos e alcance dos incentivos financeiros e regulatórios variam entre os diversos estados norte-americanos devido as metas locais de redução de emissões, competitividade da energia FV distribuída com a tarifa local e disponibilidade de diferentes fontes de geração.
Japão	<ul style="list-style-type: none"> Novo Programa Luz do Sol (PD&I) Lei de Energia Alternativa Programas para redução dos GEE Subsídios Empréstimos com juros baixos Tarifa fixa 	O governo japonês lançou o programa FIT, que determina que os serviços públicos locais sejam obrigados a comprar 100% da energia gerada a partir de instalações solares de mais de 10 quilowatts (KW) por um período de 20 anos.
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> Tarifa fixa Leilões de Energia Solar 	Definida pelo <i>German Renewable Energy Act</i> de 2004 que garantia 10 anos de tarifa fixa.

A seguir serão mostradas as iniciativas quanto à geração de energia fotovoltaica no Brasil nos últimos anos visando traçar um comparativo com o nível mundial.

3. ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

A matriz elétrica brasileira foi planejada com grandes investimentos em hidrelétricas e termoeletricas. Segundo o Relatório Alvorada (GREENPEACE, 2016), cerca de 64% da eletricidade brasileira é oriunda de hidrelétricas e 17,5% de termoeletricas. Esta característica implica em problemas socioambientais, como a perda de biodiversidade e a inundação de áreas habitadas por populações urbanas e comunidades indígenas. Por outro lado, órgãos públicos como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Secretaria de Assuntos Especiais (SAE) e Ministério do Meio Ambiente (MMA) vêm identificando mudanças climáticas que podem comprometer a capacidade de geração de energia vinda de hidrelétricas, o que poderá dificultar e/ou inviabilizar novas construções (GIRARD, 2015).

A Fig. 3 ilustra a estrutura da oferta interna de energia em 2015, onde pode-se verificar a esquerda, a matriz para as energias não renováveis (tais como: óleo, gás natural, gás industrial, nuclear e carvão), a direita para as energias renováveis (tais como: etanol e bagaço, eólica, solar, biodiesel, lenha e carvão vegetal, hidroelétrica e outros) e ao centro, o totalizador dividido em não-renováveis e renováveis.

Observa-se que a participação de renováveis versus não-renováveis é de 41,2% frente a 58,8%; porém, desses 41,2% apenas 0,010% são oriundos da energia solar.

A oferta de energia interna a qual se refere a Fig. 3 (a) (b) e (c), mostra a importância do petróleo e gás natural como fonte de energia, pois representam 86,4% do total da oferta de recursos não renováveis, sem considerar o gás industrial com 1,2%. Nota-se a supremacia das energias renováveis na matriz energética brasileira, onde: 43,5% do total são renováveis frente a 14,2% da média mundial (MME, 2017a). Especificamente, o etanol e o bagaço de cana detêm a maior participação, 40,1%. Já a energia solar e a eólica representam somadas 2,31% do total.

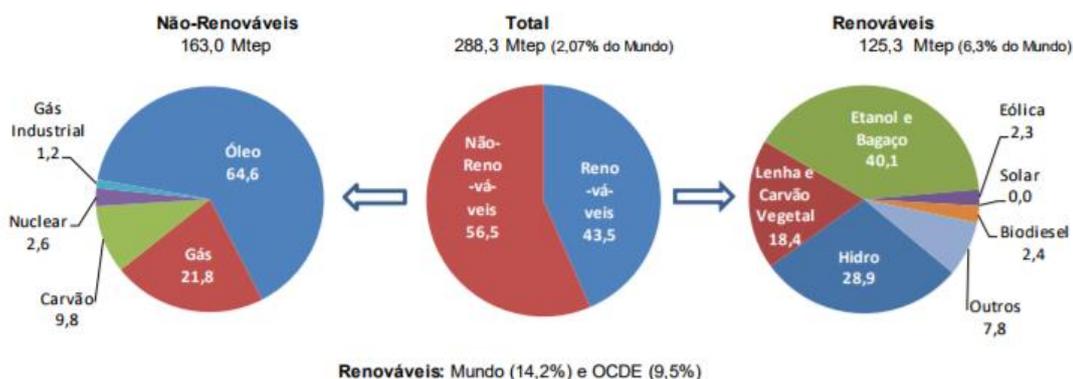


Figura 3 - Matriz Energética no Brasil (a) não-renováveis (b) total (c) renováveis, 2016
Fonte: MME (2017a).

Um país como o Brasil, que apresenta uma matriz com forte presença de energia renovável, uma maior inserção da energia solar diminuiria, cada vez mais, sua dependência em energia de origem fóssil.

Uma série de fatores destaca o Brasil como uma possível potência da energia fotovoltaica: (a) os altos níveis de insolação e (b) as grandes reservas de quartzo de qualidade. Esses fatores possibilitam vantagens competitivas em produtos de alto valor agregado, como a produção de silício, com elevado grau de pureza para a fabricação de células e módulos solares (FALSIROLI, 2015).

De acordo com o estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no ano de 2014, concluiu-se que se todo o potencial de geração de energia solar nas residências e comércios brasileiros fosse aproveitado com sistemas fotovoltaicos, o país produziria 283,5 milhões de MWh por ano. Esse volume de energia seria suficiente para abastecer mais de duas vezes o atual consumo doméstico de eletricidade de 124,8 milhões de MWh por ano.

Tais fatores atraem investidores e o desenvolvimento do mercado interno, fazendo com que a energia fotovoltaica passe a ter um papel importante na matriz energética nacional. Entretanto, é possível verificar um baixo aproveitamento da fonte no território brasileiro. Por exemplo, o estado de Santa Catarina é caracterizado por registrar o menor índice de radiação solar do Brasil, com cerca de 4,25 kWh/m² (EPE, 2012); mas corresponde a quatro vezes mais a radiação total da Alemanha, considerada uma das líderes mundiais em aproveitamento de energia fotovoltaica. Por outro lado, a Europa possui instalados 88GW de energia fotovoltaica, enquanto o Brasil detém em torno de 1GW (PORTAL SOLAR, 2018). Pode-se, então, afirmar que o Brasil poderá incrementar o uso da energia vinda de radiações solares. A Fig. 4 traz uma comparação dos valores de irradiação solar do Brasil e da Europa.

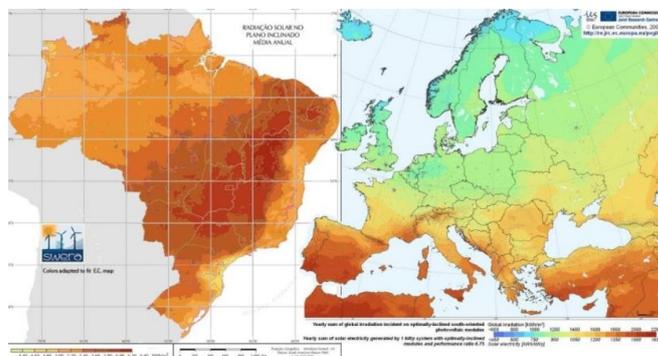
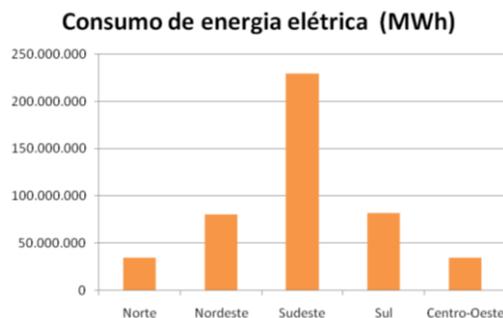


Figura 4 - Irradiação solar no Brasil e Europa, 2006
Fonte: PORTAL SOLAR (2018).

A irradiação média anual do Brasil varia entre 1.500 e 2.400 kWh/m², valores que são significativamente superiores a maioria dos países europeus, cujas estatísticas indicam intervalos entre 900 e 1.250 kWh/m²/ano na Alemanha, entre 900 e 1.650 kWh/m²/ano na França e entre 1.200 e 1.850 kWh/m²/ano na Espanha (EPE, 2012).

As maiores irradiações solares no Brasil, como mostra a Fig. 5 estão no Centro-Oeste, interior do Nordeste e o Sudeste, respectivamente. Ao se observar a Fig. 5, que apresenta o consumo de energia elétrica por região no ano de 2016, nota-se que as regiões com maiores irradiações solares estão entre as regiões com menores consumos de energia (a saber: Centro-oeste, Nordeste). Logo, é possível o incremento da oferta de energia nas regiões de baixo consumo para que seja usada nas regiões com alta demanda. Outro ponto importante a ser ressaltado, refere-se a forte capacidade de irradiação destas regiões comparativamente a registrada na Alemanha, por exemplo.

Figura 5 - Consumo de energia elétrica nas regiões brasileiras, 2016^(a).

Fonte: Elaboração das autoras com base em EPE (2014).

^(a) previsão.

O Brasil busca o desenvolvimento do setor fotovoltaico através de um conjunto de incentivos para uma maior inserção desse setor em sua matriz energética. A partir de 2012, o governo brasileiro iniciou uma série de revisões do arcabouço regulatório do setor elétrico.

Na próxima seção serão exemplificadas as Resoluções Normativas, Decretos e Leis que objetivaram trazer um marco regulatório para o crescimento gradual dessa fonte energética no país.

3.1 Regulamentação e legislação da energia solar

No Brasil, o Governo Federal, juntamente com ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e Ministério de Minas e Energia (MME), a partir de 2012 intensificaram os incentivos para a geração de energia elétrica a partir da energia solar. A Tab. 4 resume as principais iniciativas do país.

Tabela 4 - Marco regulatório da geração de energia solar no Brasil

Fonte: Elaboração das autoras com base em Senado Federal (2017).

Ano	Regulamentação	Objetivo
2012	Resolução Normativa 482	Estabelecimento das condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Criação do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. A iniciativa foi desenvolvida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
2013	Portarias 226 e 300	Inclusão da fonte solar (fotovoltaica e heliotérmica) pelo Ministério de Minas e Energia nos leilões de energia A-3/2013 e A-5/2013, respectivamente. Estas portarias abriram a possibilidade de competir igualmente com outras fontes, como a eólica e as térmicas, na modalidade "por disponibilidade".
2014	Portaria 236	Definição das condições do Leilão de Energia de Reserva de 2014, onde os projetos fotovoltaicos não competiram com outras fontes, apenas entre si
2014	Lei 19.618	Isenção do Imposto sobre Importação para equipamentos e componentes para a geração de energia solar.
2015	Resolução Normativa 687	Atualização da REN n° 482/2012, diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios, ou seja, empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras.
2015	Lei 696	Determinar o uso obrigatório de recursos de pesquisa e desenvolvimento em fontes alternativas, por empresas do setor elétrico e pela Indústria do Petróleo. Este projeto de lei visa alterar a Lei n° 9.991 de 24 de julho de 2000, bem como as Leis n° 9.478 de 6 de agosto de 1997 e n° 12.351 de 22 de dezembro de 2010.
2015	Projeto de Lei 1868	Expandir para as famílias do programa "Minha Casa Minha Vida", a instalação e geração de energia elétrica vinda da solar e fomentar, assim, a implantação dos sistemas de energia solar nas novas edificações comerciais e residenciais.
2015	Projeto de Lei 371	Permitir o uso de recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) na aquisição e na instalação de equipamentos destinados à geração própria de energia elétrica em residências.
2016	Lei 4.332	Prover uma fonte de recursos para a instalação de unidades de microgeração ou minigeração distribuída de energia elétrica com a criação do Programa Brasil Solar.

Como mencionado na Tab. 4, em 2014, através da Portaria n° 236 foram definidas as condições do Leilão de Energia de Reserva de 2014. Os Leilões de Energia de Reserva (LER) contrataram via chamada pública, a energia de reserva destinada a aumentar a segurança no fornecimento de energia elétrica ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Esta energia adicional busca restaurar o equilíbrio entre as garantias físicas atribuídas às usinas geradoras e a garantia física total do sistema, sem que haja impacto nos contratos existentes e nos direitos adquiridos das usinas geradoras. A contratação desta energia tem por objetivo, ainda, reduzir os riscos de desequilíbrio entre a oferta e a demanda de

energia elétrica. Tais riscos decorrem, principalmente, de atrasos imprevisíveis nas obras, ocorrência de hidrologias muito críticas e indisponibilidade de usinas geradoras (MME, 2017a).

Dessa forma, houve um número significativo de projetos incentivando a energia fotovoltaica ao longo do período de 2013 a 2014. Foram cadastrados 400 projetos, que totalizaram mais de 10 GW (EPE, 2014). No Leilão de Energia de Reserva de 2014 foram contratados 18 empreendimentos instalados na região Nordeste com 520 MW de capacidade instalada no total e 13 na região Sudeste, totalizando 370 MW de capacidade instalada (BNDES, 2017).

Nota-se que as contratações de projetos para a energia solar ocorreram de forma majoritária nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil (PORTAL SOLAR, 2018).

O principal desafio da popularização dos sistemas de energia solar é o seu preço, considerado elevado para a média da população brasileira. Esses custos têm origem não só na necessidade de importação das placas fotovoltaicas ou de seus componentes, mas também na instalação que deve ser feita por empresa especializada.

A obtenção de recursos para o investimento inicial destinada à compra e à instalação de equipamentos não é trivial para a maioria da população de média e baixa renda. Desse cenário surge como alternativa a utilização dos recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) para este fim (SENADO FEDERAL, 2017). Essa proposta de utilização do FGTS, além de aumentar a eficiência energética via fontes renováveis, beneficiará principalmente a população de baixa renda, a partir da redução dos gastos com energia elétrica.

Para enfrentar os obstáculos na obtenção de energia solar, algumas empresas buscam diminuir os custos apresentando soluções de instalação mais acessíveis. Porém, é preciso incrementar o alcance da tecnologia, sobretudo no treinamento de mão de obra. Por isso, parcerias público-privadas a partir de empreendimentos imobiliários de grande escala — por exemplo: “Minha Casa, Minha Vida”, são as principais portas de entrada das empresas do setor fotovoltaico (SOLARVOLT, 2017).

Os conjuntos residenciais dos empreendimentos “Minha Casa, Minha Vida” para famílias de baixa renda no sertão baiano se transformaram em micro usinas de energia solar, com potencial de produção de 2,1 MW, o suficiente para abastecer 3,6 mil domicílios em um ano (PORTAL ECOD, 2015).

Uma cadeia produtiva fotovoltaica no país competitiva e sustentável deve passar pelo esforço conjunto e coordenado do governo federal, estadual e municipal e o setor privado.

Os desafios da energia fotovoltaica no Brasil são grandes, pois é preciso que: (a) as grandes construtoras/incorporadoras passem a preferir usinas solares; e (b) os financiamentos sejam viáveis economicamente.

Um esforço para a adoção de energias alternativas vindo de fontes de energia consagradas veio com a Lei nº 696 de 2015. Nesta Lei, as empresas petrolíferas utilizarão seus recursos de pesquisa e desenvolvimento em fontes alternativas a fim de diminuir as emissões Gás de Efeito Estufa (GEE) em suas operações. Com isso, percebe-se um movimento coordenado das empresas petrolíferas para as empresas de energia em nível global.

Na próxima seção serão apresentados os investimentos em energias renováveis de três grandes empresas petrolíferas, a saber: Shell, Statoil e Total.

4. EMPRESAS DE PETRÓLEO VERSUS EMPRESAS DE ENERGIA

Com as crises econômicas enfrentadas a partir de 2008 vindas, principalmente da redução do preço do barril (ANTUNES, 2016), as empresas de petróleo: Shell, Statoil e Total, entre outras, resolveram diversificar seus investimentos, inserindo em seus *portfólios* a produção de energia a partir da radiação solar. Isso modificou o perfil das empresas petrolíferas de nível mundial.

O objetivo de tal diversificação visou minimizar os impactos das oscilações de preços do barril de óleo na lucratividade. Aliam-se a busca pela manutenção da lucratividade, as pressões vindas de governos e da opinião pública mundial quanto às consequências de mudanças climáticas relacionadas à emissão de GEE decorrentes da queima de combustíveis fósseis.

A energia fotovoltaica foi, por muito tempo, vista como uma escolha ambientalmente responsável; porém, atualmente é também vista como uma escolha econômico-fiscal inteligente.

A utilização de todas as fontes de energia se faz necessária para atender um mundo que apresenta níveis de consumo crescentes. Na Fig. 6 apresenta-se o consumo de energia discriminado por tipo de combustível no ano de 2015. Nota-se um aumento no consumo de energias em 2015 comparado a 2014. Neste cenário apenas o consumo de carvão diminuiu, apesar de modestamente, comprovando, assim, a busca global por uma matriz energética menos poluente.

Observando o aumento da demanda global de energia, as empresas ao longo dos últimos anos investiram visando ganhos de escala na geração de energias, tornando possível, entre outras, a geração de energia fotovoltaica com baixo custo.

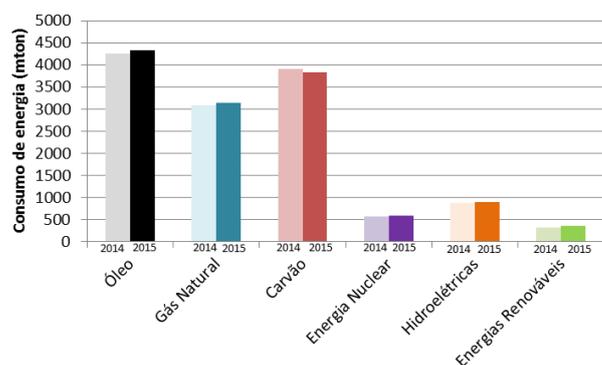


Figura 6 - Consumo médio global de energia primária, 2014-2015

Fonte: Elaboração própria com base em BP (2016).

Segundo o Relatório Estatístico realizado pela BP em 2016, a energia fotovoltaica é a fonte de energia que mais cresce; o setor de energias renováveis acrescentou 213 terawatt-hora de capacidade eólica, solar e de biocombustível em 2015.

Para vislumbrar os números referentes às empresas de energia selecionadas, a saber: Shell, Statoil e Total, nas próximas subseções serão apresentadas as iniciativas na geração de energia fotovoltaica.

4.1 Shell

A Shell atualmente investe aproximadamente R\$ 636 milhões por ano na exploração e desenvolvimento de novas energias. A empresa criou em 2016, um departamento específico para estudar as possibilidades de investimento em energias renováveis e com baixa emissão de carbono, chamadas “Novas Energias”. Com isso, está se movendo, além das energias renováveis tradicionais, para três novas áreas de oportunidades: a) novos combustíveis para a mobilidade - biocombustíveis e hidrogênio, b) soluções energéticas integradas, onde as energias eólica e fotovoltaica poderão se associar ao gás natural para suprirem as intermitências e c) eficiência do sistema (SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016).

Além disso, a empresa busca maneiras de explorar as tecnologias fotovoltaicas existentes visando diminuir a intensidade de emissões de carbono e o consumo de energia em suas operações (SHELL, 2017). Por exemplo, no Paquistão foi instalado um sistema fotovoltaico de 100 kW no depósito de combustível em Karachi, gerando cerca de 170 MWh de energia a cada ano. Isso ajudou a reduzir o consumo de diesel na geração de energia (SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016).

Com esse mesmo intuito, a *GlassPoint Solar* - empresa na qual a Shell detém participação - desenvolveu uma tecnologia para atender às necessidades exclusivas da indústria de petróleo. A tecnologia consiste no uso de energia solar na geração de vapor a partir da água presente nos campos petrolíferos. Este vapor gerado é injetado nos poços visando aumentar a recuperação terciária de óleo (em inglês *Enhanced oil recovery - EOR*), assim como o vapor produzido pela queima de combustível. Estes geradores de vapor solar podem reduzir o consumo de gás e as emissões de GEE de um campo de petróleo em até 80%. O gás economizado pode ser redirecionado para o mercado de exportação ou outros usos de alto valor, como o desenvolvimento industrial e a geração de eletricidade (GLASSPOINT, 2017).

A Shell vem buscando a união de combustíveis tradicionais, como o petróleo e o gás natural, a energia renovável (SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016).

4.2 Statoil

A empresa Statoil iniciou seus esforços para gradualmente complementar seu *portfólio* petrolífero com energias renováveis no ano de 2016, assim como a Shell. Os investimentos no setor se iniciaram com a criação do *Statoil Energy Ventures*, um fundo corporativo de investimentos destinado às empresas voltadas às energias renováveis. Foram investidos US\$ 200 milhões em “Novas Soluções Energéticas” (STATOIL, 2017).

No âmbito das energias renováveis, a Statoil desde 2010 se destaca na geração eólica *offshore* e na captura e armazenamento de carbono. Desenvolveu a *Hywind*, a primeira turbina de vento flutuante de escala completa no mundo, que pode suportar ondas marítimas de até 19 metros. Estabeleceu como meta, a redução de emissões de CO₂ por barril de óleo equivalente (boe) em 10% até 2020 (STATOIL, 2017).

A energia renovável se insere em um mercado onde há uma dura concorrência e poucos projetos; com isso, a Statoil reforçou sua posição em investir em energia renovável; porém, com foco nas energias solar e eólica.

4.3 Total

A empresa Total é a quarta maior do ramo privado de óleo e gás natural do mundo e a terceira maior operadora em energia fotovoltaica através da *SunPower* (TOTAL, 2017).

Em 2015, a empresa investiu US\$ 1,068 milhões em PD&I; dentre as áreas de pesquisa estão o desenvolvimento e a industrialização da energia fotovoltaica, de biomassa e carbono, e em tecnologias de armazenamento. O objetivo da empresa é tornar-se competitiva em energias renováveis (TOTAL GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2016).

Investir em energia fotovoltaica está em linha com a estratégia da Total para o setor de gás natural. Segundo a empresa, estas duas fontes de energia são complementares em termos de disponibilidade e custo; ou seja, os recursos de gás natural prontamente disponíveis podem: a) compensar a natureza intermitente da energia fotovoltaica, b) ajudar na minimização das flutuações de preços do gás natural a partir do preço fixo da eletricidade gerada pela energia fotovoltaica (TOTAL GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2016).

Para um horizonte de 20 anos buscar-se-ão: a) diminuir em 20% das emissões de carbono; b) incrementar as energias renováveis, juntamente com o armazenamento de energia. Especificamente com relação aos painéis fotovoltaicos, pretende triplicá-los nos próximos cinco anos a partir de 2017 (TOTAL, 2017).

5. CONCLUSÃO

Ao longo dos anos, as mudanças ocorridas na matriz energética mundial concentraram-se nos esforços na geração de energias alternativas.

O artigo teve como objetivo apresentar o mercado fotovoltaico no mundo e os incentivos que estão sendo realizados para que aumente a sua participação na matriz energética. Como primeiro objetivo específico mostrou-se a energia fotovoltaica a partir do petróleo, e viu-se que a partir de diferentes incentivos financeiros e legislações, muitas empresas entraram no mercado de financiamento de energia fotovoltaica no mundo.

O segundo objetivo específico se focou no detalhamento do panorama da energia fotovoltaica no Brasil, onde se apresentaram as vantagens e os desafios desta nova fonte de energia para o país. O Brasil, por se destacar como uma potência da energia solar, em virtude dos altos níveis de irradiação, das grandes reservas de quartzo de qualidade e do aumento dos incentivos governamentais tem entrado nesta nova forma de produção energética. Contudo, os esforços brasileiros ainda são insuficientes na geração de energia fotovoltaica e uma definitiva inserção desta energia na sua matriz energética. Concluiu-se que a energia fotovoltaica no Brasil enfrenta e enfrentará inúmeros desafios como: vencer as hidrelétricas, a falta de mão de obra qualificada para a realização das instalações dos sistemas de energia solar, além da falta de financiamentos com juros baixos que é um dos gargalos da energia solar no país. Além do fato de o sistema de compensação de energia, *net metering*, adotado no Brasil desde 2012, não oferecer a mesma atratividade proporcionada por outros mecanismos empregados inicialmente em outros países, conforme apresentados na seção 1.

Na sequência optou-se pela escolha de três empresas, representantes das majors da indústria petrolífera, que possuem investimentos em energias renováveis, dentre elas a solar. Avaliou-se quantitativamente cada um desses esforços. Observado o aumento da demanda global de energia, as empresas ao longo dos últimos anos investiram visando ganhos de escala na geração de energias, tornando possível, entre outras, a geração de energia fotovoltaica a baixo custo, destacando-se o efeito de substituição do petróleo pelas energias alternativas, em especial a fotovoltaica. Isso fez com que fosse uma alternativa viável em plataformas de petróleo *offshore*.

Para que a energia solar se torne viável e o Brasil vença os desafios que esta nova fonte introduz, como sugestões indicam-se: a) aumentar os incentivos governamentais; b) diminuir os custos de instalação; c) aumentar os investimentos em tecnologia para o aumento da eficiência; d) utilizar os países com maiores gerações de energia solar como modelo para as políticas de desenvolvimento no Brasil; e) enfatizar os ganhos ambientais perante a população; f) introduzir micro usinas de energia solar em condomínios populares, tal como “Minha Casa Minha Vida”; g) políticas públicas visando financiamentos em projetos em PD&I.

A valorização da sustentabilidade com viés socioeconômico, alinhada as questões ambientais e as novas tecnologias são um cenário propício à quebra do paradigma da economia baseada no carbono e em combustíveis fósseis.

Por fim, as empresas petrolíferas são um exemplo de como as energias alternativas, em especial a fotovoltaica pode ser um elo entre o tradicional e o novo.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, ao Laboratório de Economia do Petróleo (Labecopet) da Escola Politécnica e ao Laboratório de Sistemas Avançados de Gestão da Produção (SAGE) da COPPE.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, 2016. “Avaliação das majors petrolíferas frente às oscilações nos preços do barril de petróleo: BP, CHEVRON E TOTAL” Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020850.pdf>> Acessado: 27/04/2017.

- BNDES, 2017. “BNDES”. Disponível em: < <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home> > Acessado: 15/09/2017.
- BP, 2016. “BP Global – Energy Economics”. Disponível em: < <http://www.bp.com/> > Acessado: 17/02/2017.
- CLENER ENERGY, 2017. Disponível em: < <https://www.cleenergywire.org/factsheets/what-german-households-pay-power> > Acessado: 12/09/2017.
- EPE, 2012. “Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira”. Disponível em: < http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf > Acessado: 13/03/2017.
- EPIA, 2014. “Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018”. Disponível em: < http://helapco.gr/pdf/Global_Market_Outlook_2014_-2018_lr_v23.pdf > Acessado: 14/01/2018.
- EPIA, 2015. “Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019”. Disponível em: < <http://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/global-market-outlook-for-solar-power-2015-2019> > Acessado: 04/02/2017.
- EPIA, 2016. “Global Market Outlook – For Solar Power- 2016-2020”. Disponível em: < http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Events/SolarPower_Webinar_Global_Market_Outlook.pdf > Acessado: 15/01/2018.
- EPIA, 2017. “Global Market Outlook 2017-2021”. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=xU_khP4oiLY > Acessado: 15/01/2018.
- FALSIROLI, 2015. “Energia Fotovoltaica Sob o Prisma da EPE”. Disponível em < <https://pt.linkedin.com/pulse/energia-fotovoltaica-sob-o-prisma-da-epe-carlos-falsirol> > Acessado: 04/02/2017.
- GIRARD, 2015. “Mudança climática pode reduzir capacidade hidrelétrica em até 20%”. Disponível em: < <http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,mudanca-climatica-pode-reduzir-capacidade-hidreletrica-em-ate-20,1788407> > Acessado: 11/02/2017.
- GLASSPOINT, 2017. “GlassPoint”. Disponível em: < <https://www.glasspoint.com/> > Acessado: 13/07/2017.
- GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2016. “Global Reporting Initiative (GRI).” Disponível em: < <http://www.sustainable-performance.total.com/en/reporting/reporting-standards/global-reporting-initiative-gri> > Acessado: 20/03/2017.
- GREENPEACE, 2016. “Relatório Alvorada”. Disponível em: < http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2016/Relatorio_Alvorada_Greenpeace_Brasil.pdf > Acessado: 26/02/2017.
- IEA PVPS, 2016. “Trends in Photovoltaic Applications” -21th Edition 2016. Disponível em: < <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=256> > Acessado: 09/03/2017.
- IEA, 2011. “Word Energy Outlook” Disponível em: < https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf > Acessado: 19/01/2017.
- MME, 2017a. “Resenha Energética Brasileira”. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energética+Brasileira+2017+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29/13d8d958-de50-4691-96e3-> > Acessado em: 15/01/2018
- MME, 2017b. “Energia Solar no Brasil e no Mundo”. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+-+Energia+Solar+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476-907d-d9301226d26c%3Bjsessionid=41E8065CA95D1FABA7C8B26BB66878C9.srv154> > Acessado: 15/01/2018.
- PORTAL ECOD, 2015. “Editoriais Energia”. Disponível em: < <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2015/setembro/energia-solar-financia-melhorias-em-condominios-do?tag=energia> > Acessado 03/07/2017.
- PORTAL SOLAR, 2018. “Mercado de Energia Solar para o Brasil”. Disponível em: < <http://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html> > Acessado: 14/01/2018.
- REN21, 2016. “Renewables 2016 Global Status Report”. Disponível em: < https://www.ambienteenergia.com.br/wp-content/uploads/2016/06/REN21-GSR2016_Final_High-res.compressed1.pdf > Acessado: 20/06/2016.
- SENADO FEDERAL, 2017. “Projeto de Lei do Senado”. Disponível em: < <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=2919678&disposition=inline> > Acessado: 24/05/2017.
- SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016. “Sustainability Report-2016”. Disponível em: < <https://reports.shell.com/sustainability-report/2016/servicepages/download-centre.html> > Acessado: 07/03/2017.
- SHELL, 2017. “Shell do Brasil – Energia e Inovação”. Disponível em: < <http://www.shell.com.br/> > Acessado : 07/03/2017.
- SOLARVOLT, 2017. “Avanço da Implementação da energia solar no Brasil”. Disponível em: < <http://www.solarvoltenergia.com.br/saiba-mais-sobre-o-avanco-da-implementacao-de-energia-solar-brasil/> > Acessado em: 15/03/2017.
- STATOIL, 2017. “New Energy Solutions”. Disponível em: < <https://www.statoil.com/en/what-we-do/new-energy-solutions.html> > Acessado: 10/06/2017.
- THE GERMAN ENERGIE WENDE, 2014. “Energy Transition”. Disponível em: < <http://energytransition.de/> > Acessado: 01/07/2016.
- TOTAL, 2017. “Por uma energia melhor”. Disponível em: < <http://br.total.com/pt-br/por-uma-energia-melhor/projetos-mundiais/sunpower-coloca-total-na-dianteira-da-energia-solar> > Acessado: 07/03/2017.

FROM PETROLEUM TO PHOTOVOLTAIC ENERGY: THE INSERTION OF BRAZIL IN THIS NEW MARKET

***Abstract.** The utilization of photovoltaic solar energy is nowadays being examined concerning residential and industrial buildings not to mention oil rigs as a substantial alternative. Its application is valuable due to the fact that it downgrades the usage of electric energy, therefore expanding the clean energy business. The present article's main objective is to analyze renewable energy financing plans on influent countries as well as the investments made by major oil companies on this field which consequently transforms them into energy companies.*

Additionally, the implementation of solar energy in Brazil is studied through the research of legislation and funding opportunities given by the Federal Government. It was concluded that the country must act with greater effectiveness in the transformation of opportunities in concrete businesses. It was also realized that the lack of low-interest financing becomes one of the key obstacle for the spread of solar energy in the country.

Key Words—Brazil, photovoltaic energy, major oil companies, regulation, credit.