



WWF

RELATÓRIO

BR

2015

A photograph of a coastal landscape with solar panels in the foreground. The panels are blue and mounted on a hillside. In the background, there is a blue ocean, a white building with a red roof, and a large green mountain under a blue sky with palm trees on the right.

Mecanismos de suporte para
inserção da energia solar
fotovoltaica na matriz elétrica
brasileira: modelos e sugestão para
uma transição acelerada 🐼

WWF-Brasil

Secretário-geral

Carlos Nomoto

Superintendente de Conservação

Mário Barroso

Programa Mudanças Climáticas e Energia

André Costa Nahur – coordenador

Mark William Lutes – especialista de clima

Alessandra da Mota Mathyas – analista de conservação

Ricardo Junqueira Fujii – analista de conservação

Eduardo Valente Canina – analista de conservação

Bruna Mello de Cenço – analista de comunicação

Evelin Karine Amorim Morais – administrativo-financeiro

Lidia Maria Ferreira Rodrigues – administrativo-financeiro

Coordenação do Estudo

Alessandra da Mota Mathyas

Ricardo Junqueira Fujii

André Costa Nahur

Texto

1ª parte: Helena Magalhães Mian

2ª parte: Vítor Augusto de Souza Mota

Apoio

Prof. Rafael Amaral Shayani

Prof. Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira

Departamento de Engenharia Elétrica/ Laboratório de Fontes Renováveis de Energia

Universidade de Brasília

Foto da capa

©Shutterstock / BMJ / WWF

Revisão

Fidelity Translations

Editoração eletrônica

Supernova Design

Publicado por WWF-Brasil

Brasília, setembro 2015

Mecanismos de suporte para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira: modelos e sugestão para uma transição acelerada 🐼

1ª edição

Brasília 2015

WWF-Brasil



R\$ 68 BILHÕES

FORAM NECESSÁRIOS PARA
CONTRATAR CERCA DE 80 TWh DE
ENERGIA TÉRMICA DURANTE OS ANOS
DE 2013 E 2014



25 ANOS

É A VIDA ÚTIL MÉDIA
DE UMA INSTALAÇÃO
FOTOVOLTAICA



0,014%

A REPRESENTAÇÃO ATUAL DA
POTÊNCIA FOTOVOLTAICA NA
MATRIZ BRASILEIRA

SUMÁRIO

Apresentação	08
Lista de abreviações e siglas	10
1ª PARTE: ANÁLISE REGULATÓRIA DA PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E MECANISMOS PARA SUA INSERÇÃO NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA	12
Introdução	14
Inserção da geração fotovoltaica na matriz mundial	18
Mecanismos de suporte e metodologia de análise	22
Resultados e análises	30
2ª PARTE: MODELO DE EXPANSÃO ACELERADA PARA FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA E REDUÇÃO GRADUAL DOS INCENTIVOS A TÉRMICAS FÓSSEIS	32
Introdução	34
Modelo de expansão do mercado brasileiro	36
Receitas e despesas de uma instalação	40
Requisitos para a expansão acelerada	42
O custo da substituição da energia hidrelétrica por termelétrica	48
A transição - energia termelétrica por fotovoltaica distribuída	52
Conclusões e recomendações	58
Referências bibliográficas	62
Lista de estados mencionados	70

APRESENTAÇÃO

Muito tem se falado recentemente da necessidade da diversificação da matriz elétrica brasileira, que é baseada em hidroelétricas e térmicas fósseis. Com a crise hídrica vivida desde 2012, o país

acionou rapidamente suas térmicas por valores que estão saindo muito caro para sociedade brasileira em 2015. A tarifa de energia aumentou, em seis meses, mais de 50%. A justificativa de ter energia de base firme em momentos de necessidade como o atual explica parte disso. Mas o país pode oferecer muito mais energia e de fontes limpas se esta for uma decisão de Estado. Assim, entidades como o WWF vêm defendendo há anos que a diversificação não é uma questão ambiental apenas, mas de suprimento de toda a população, do acesso universal à energia e da baixa de preços. Além disso haverá o fomento de uma nova economia verde: a da energia limpa e da microgeração descentralizada.

Em estudos recentes apresentamos desafios e oportunidades para a energia de fontes solar e eólica, com recomendações para políticas públicas¹. Neste ousamos ir além. Inspirados por duas pesquisas realizadas na Universidade de Brasília², apresentamos um panorama dos incentivos para a inserção da fonte solar fotovoltaica em vários países do mundo e quais manter no Brasil, sugerindo inclusive uma forma de redução gradual do uso de termelétricas fósseis com aumento da oferta de energia fotovoltaica.

Esta publicação está dividida em dois momentos. No primeiro é apresentada a evolução recente da fonte fotovoltaica no mundo, mostrando os principais mecanismos de suporte para essa expansão, como as tarifas prêmio, o sistema de cotas de energia, os incentivos financeiros e linhas de créditos específicas. E em

¹ Desafios e oportunidades para energia solar fotovoltaica e eólica no Brasil: recomendações para políticas públicas. 1ª ed. Brasília: WWF-Brasil, 2015. Disponível em <http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/?46522/desafios-e-oportunidades-para-a-energia-solar-fotovoltaica-no-brasil-recomendacoes-para-politicas-publicas>

² Dissertação de mestrado MIAN, H. M. (2015). Análise regulatória da participação da energia solar fotovoltaica e estudo do melhor mecanismo de suporte para inseri-la na matriz elétrica brasileira. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 111p. Disponível em <https://goo.gl/hNVQdA>

E Trabalho de Conclusão de Curso:

MOTA, V. A. S. (2015). A Energia Solar Fotovoltaica Distribuída Como Alternativa Para a Crise Energética Nacional: Modelo de Expansão Acelerada Através de Subsídios Economicamente Justificados. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175p. Disponível em <https://goo.gl/yWJjIL>

sequência, apresentamos como esses mecanismos têm se mostrado à realidade brasileira.

Já o segundo artigo parte de uma previsão da distribuição de futuras instalações de geradores fotovoltaicos pelo território nacional, respeitando o histórico até então, e sugere o uso de parte dos recursos públicos empenhados na compra de energia térmica fóssil para a consolidação da fonte fotovoltaica. A ideia aqui é mostrar que, baseada em um planejamento de cinco anos a necessidade energética adicional em termelétricas fósseis, poderá ser suprida com energia solar. Isso mantendo as atuais hidrelétricas para darem segurança ao sistema e ainda diversificando a matriz com energia eólica já contratada e em expansão, térmicas a biomassa e PCHs, ficando as fontes fósseis como uma espécie de *back up* de fato emergencial.

Assim, esta é mais uma contribuição do WWF-Brasil à disseminação do conhecimento acadêmico, com apresentação de boas sugestões de ações que possam colocar o Brasil no cenário mundial do controle de emissões não só promovido pela redução de desmatamento, mas por apostar na sua vocação natural de produzir energia limpa e renovável a um custo baixo para sua população, além de incentivar toda uma nova cadeia produtiva “verde”.



Usina Solar do Estádio de Pituacu (Salvador/BA), 408 kWp de potência, gera 630 MWh/ano

© Shirley Stalzer NEOENERGIA

O PAÍS PODE
OFERECER MUITO
MAIS ENERGIA
E DE FONTES
LIMPAS

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

TERMOS TÉCNICOS E SIGLAS

Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
D	Distribuição
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FIT	Feed-in-tarif
GC	Geração Centralizada
GD	Geração Distribuída
GDFV	Geração Distribuída Fotovoltaica
GWp	Gigawatt Pico
GWh	Gigawatt-hora
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IEA	International Energy Association
kWp	Kilowatt Pico
kWh	Kilowatt-hora
MWp	Megawatt Pico
MWh	Megawatt-hora
O&M	Operação e Manutenção
R\$	Real
RN nº 482	Resolução Normativa ANEEL No 482/2012
SIN	Sistema Interligado Nacional
TWh	Terawatt-hora
Wp	Watt Pico



Casa Eficiente construída no âmbito do programa P&D.

© Herminimo Nunes / Eletrosul Eletrobrás



Megawatt Solar – Usina fotovoltaica instalada no prédio sede da Eletrosul Eletrobrás em Florianópolis/SC.

© Herminimo Nunes

1ª PARTE: ANÁLISE REGULATÓRIA DA PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E MECANISMOS PARA SUA INSERÇÃO NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Entre as principais preocupações na escolha das fontes de energia estão: os impactos ao meio ambiente, a preocupação com a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e os custos de exploração destes recursos.



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade vem, acompanhado de um aumento em seu consumo de energia. Essa dependência tem se intensificado com o crescimento da população mundial, aliado à elevação nos padrões de qualidade de vida e, conseqüentemente, ao aumento da demanda por energia. Esse cenário é ainda mais evidente nos países em desenvolvimento, uma vez que a demanda por energia se coloca como pilar para o crescimento, seja pela via do desenvolvimento industrial, seja pelo incentivo ao consumo e pela distribuição de renda (ABREU *et al.*, 2010a).

Entre as principais preocupações na escolha das fontes de energia estão: os impactos ao meio ambiente, a preocupação com a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e os custos de exploração destes recursos. A composição do aproveitamento dos recursos energéticos não é somente um elemento estratégico para a economia de um país, mas também um elemento de bem estar para a sociedade, hoje e do futuro.

O Brasil, que tem historicamente utilizado predominantemente a geração hidrelétrica, e a termoeletricidade de forma complementar para suprir sua demanda por energia elétrica, vem recentemente investindo em formas de energia renováveis consideradas por muitos como alternativas: a eólica e a solar. A energia eólica, já faz alguns anos, tem destaque no portfólio dos leilões de energia e a solar começou a aparecer no país graças às novas regulamentações, possibilitando a geração distribuída, e a participação recente em leilões do setor.

Diante desse cenário, este artigo faz uma comparação dos incentivos utilizados para realizar o leilão para fonte fotovoltaica, ocorrido em outubro de 2014, com os custos de redução de juros de implantação da geração distribuída, que ainda não possui uma linha de crédito para os consumidores residenciais que aderirem ao sistema de compensação criado pela RN ANEEL nº482/2012, com vantagens similares aos financiamentos existentes aos grandes empreendimentos de energia do Brasil.

Cenário energético mundial

Atualmente, no mundo, são utilizadas diferentes formas de energia para auxiliar a sociedade em suas diversas áreas. A maior parte

da energia utilizada no mundo provem de fontes não renováveis e poluentes como carvão, petróleo e gás natural. O aumento da população e a elevação dos padrões de qualidade de vida acarretam um crescimento cada vez maior na demanda de energia. A Agência Internacional de Energia (IEA, 2010) prevê um aumento global da demanda de energia em uma taxa de 1,5% ao ano de 2010 a 2030, levando a um aumento do consumo de petróleo em 22%, do gás natural em 42% e do carvão em 53%.

O setor de energia elétrica é destaque devido à parcela significativa no consumo total de energia e também no papel decisivo para permitir padrões adequados de qualidade de vida. As fontes de energia elétrica que predominam, assim como no caso de energia em geral, são de origem fóssil. No entanto, vários países preveem um aumento da participação de fontes de energia renovável de médio a longo prazo.

Cenário Energético Brasileiro

É clara a necessidade de uma oferta abundante de energia elétrica que supra os níveis de crescimento econômico estimados pelo governo, além de promover o bem estar social. No Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2023, trabalha-se considerando uma taxa média de crescimento mundial do PIB de cerca de 3,8% ao ano, enquanto o PIB do Brasil se expandirá, segundo projeções do governo, a uma taxa média de 4,3% ao ano (MME/EPE, 2015).



A AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA, 2010) PREVÊ UM AUMENTO GLOBAL DA DEMANDA DE ENERGIA EM UMA TAXA DE 1,5% AO ANO DE 2010 A 2030

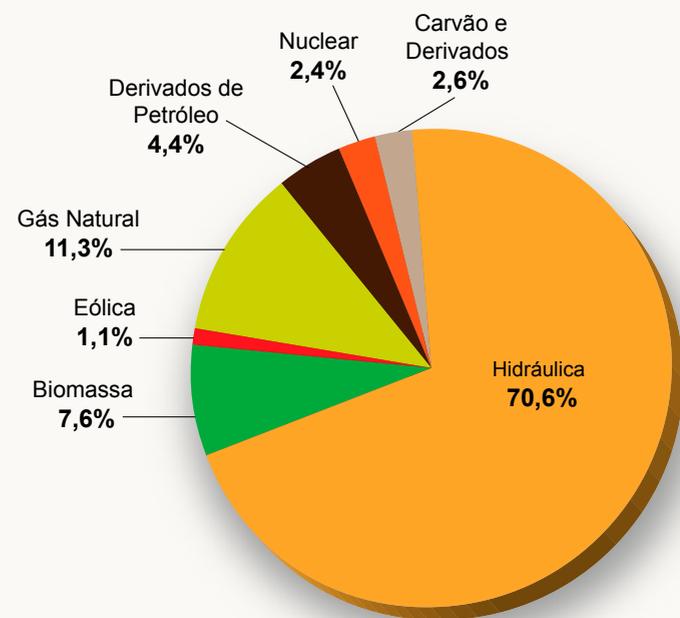


© WME

Essas projeções, realizadas antes do período de recessão em que o País se encontra, deverão ser atualizadas com considerável mudança tanto na projeção de crescimento do PIB, quanto da demanda de energia. No entanto, a oferta de energia é vital para possibilitar a retomada do crescimento.

A matriz energética brasileira é fortemente dependente dos combustíveis fósseis e seus derivados com uma pequena participação da energia nuclear. Quando se observa mais especificamente a matriz de energia elétrica brasileira, nota-se que é preponderante o uso de recursos renováveis, uma vez que ela tem como base a geração hidrelétrica.

Figura 1: Matriz de energia elétrica gerada no Brasil em 2013.



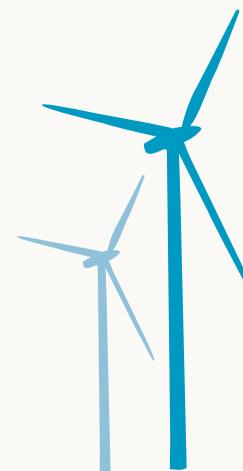
Fonte: MME - Ministério de Minas e Energia, EPE – Empresa de Pesquisa Energética, 2014a. *Balço Energético Nacional 2014: Ano base 2013 – Relatório Síntese*. Disponível em <www.mme.gov.br>.

Durante décadas, o Brasil teve seu fornecimento de energia elétrica baseado em usinas hidrelétricas. Até o final da década de 90, cerca de 95% da energia gerada no país provinha da hidroeletricidade. Atualmente, a geração hidráulica representa cerca de 70% na energia gerada. Houve forte redução da participação da energia hidrelétrica na matriz elétrica brasileira na última década. A redução percentual da participação da hidroeletricidade ocorre principalmente por dois grandes fatores: os regimes pluviométricos adversos diminuem a geração de usinas já existentes e as restrições ambientais dificultam a implementação de novos projetos.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) estima, dentro do horizonte do Plano Decenal de Energia (PDE), uma expansão hidrelétrica de 31 GW. Este total será insuficiente para atender o crescimento médio anual de cerca de 3.800 MW no Sistema Interligado Nacional (MME/EPE, 2014). O Brasil possui uma legislação ambiental das mais rigorosas do mundo e adota medidas que reduzem os impactos provocados. Os custos da mitigação desses impactos e do licenciamento ambiental cresceram significativamente devido a essa maior preocupação. Uma forma de mitigar os riscos hidrológicos é a diversificação da matriz. Tal processo tem sido feito ao longo das últimas décadas com a inserção de fontes térmicas a carvão, óleo e gás natural, transformando a matriz elétrica brasileira em hidrotérmica.

Fontes renováveis se mostram necessárias quando se analisa sucintamente as principais premissas para o setor elétrico brasileiro: o Brasil precisa de mais energia para crescer; o potencial hidrelétrico já não é mais suficiente para suprir toda a demanda; há necessidade de diversidade na matriz elétrica; a modicidade tarifária poderia se beneficiar com a inserção de novas fontes de energia; e o modelo convencional de complemento térmico vai de encontro às questões ambientais, já que o impacto ao meio ambiente, que era uma preocupação menor há algumas décadas, agora dita o ritmo de quase todas as obras de infraestrutura no País. Portanto, **investir em fontes de energia renovável é a melhor forma de atender à demanda crescente, considerando a sustentabilidade.**

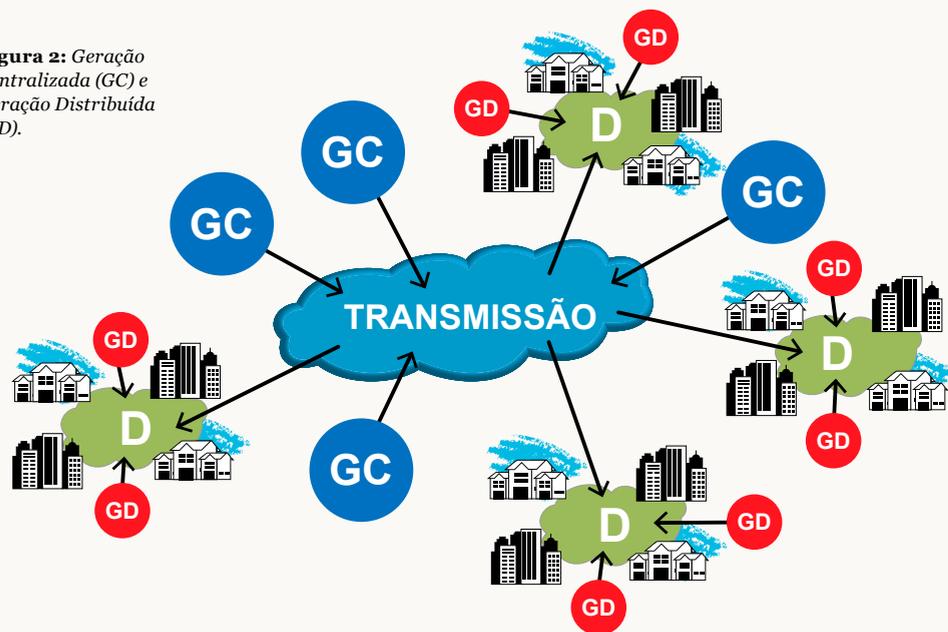
O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), instituído em 2004 (BRASIL, 2004), ofereceu um ambiente favorável à expansão da energia eólica. Ainda no sentido



de incentivar esse tipo de energia, o governo promoveu nos anos de 2008 e 2009 leilões exclusivos de energia eólica. Posteriormente, mudanças no panorama econômico mundial permitiram uma queda significativa no preço de aerogeradores levando a um incremento da sua participação no País. Desde 2010, a geração eólica participa de forma direta dos leilões de energia sendo, a fonte que mais cresceu em participação nos leilões desde 2009 (MME/EPE, 2012).

A geração de energia elétrica por fonte solar pode ser feita usando sistemas fotovoltaicos (FV) ou energia solar concentrada (CSP). O emprego da energia solar fotovoltaica pode acontecer de três formas principais: em sistemas isolados, ou seja, sem conexão à rede elétrica; na geração distribuída interligada à rede elétrica (GDFV); e em usinas fotovoltaicas (UFV, também chamados de geração centralizada). As usinas solares consistem na instalação de uma grande quantidade de painéis solares em uma determinada área. A GDFV é uma forma da chamada geração distribuída.

Figura 2: Geração Centralizada (GC) e Geração Distribuída (GD).



Fonte: Abreu, Y. V.; Oliveira, M. A. G.; Guerra, S. M. G. *Energia, Sociedade e Meio Ambiente*. Brasil, 2010.

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede oferecem geração de energia elétrica limpa e ecologicamente sustentável. Uma vantagem da energia solar é a sua possibilidade de utilização de forma distribuída, promovendo o desenvolvimento social e econômico, com o acesso à energia renovável, e evitando gastos e impacto ambiental com linhas de transmissão. Muitos países já implantaram esses tipos de tecnologia e tiveram êxito em vários programas, porém, no Brasil essa tecnologia ainda se restringe a poucos MW, em maioria, em sistemas isolados.



© WWF

INSERÇÃO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA MATRIZ MUNDIAL

O desenvolvimento dos sistemas FV nos últimos dez anos foi impulsionado pela utilização de políticas de suporte, buscando diminuir a diferença do custo da eletricidade FV e o preço de fontes convencionais de energia. Esses mecanismos de suporte foram diversos dependendo das especificidades do local e evoluíram para lidar com variações inesperadas do mercado e mudanças políticas (IEA, 2013b). O caminho traçado pelos países que iniciaram

o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no mundo pode servir de referência para o Brasil enfrentar os novos desafios para o setor elétrico nacional.

O Relatório Anual da IEA aponta os países com maior capacidade fotovoltaica adicionada em 2013 e os com maior capacidade instalada total dessa fonte (Tabela 1).

Tabela 1 - Países com maior Capacidade Solar Fotovoltaica Total Instalada em 2013 (GW) e Capacidade Total Acumulada.

	Instalações (GW)		Capacidade Total Instalada (GW)	
1	China	11,3	Alemanha	35,5
2	Japão	6,9	China	18,3
3	EUA	4,8	Itália	17,6
4	Alemanha	3,3	Japão	13,6
5	Itália	1,5	EUA	12,0

Fonte: IEA-PVPS, 2014b (modificado). *A Snapshot of Global PV 1992 – 2013*. Report IEA-PVPS T1-24:2014. Disponível em: <www.iea-pvps.org>.

Alemanha

A Alemanha é pioneira na utilização da energia solar distribuída e é um dos países com maior penetração de energia solar fotovoltaica no mundo atualmente. Essa fonte representa 6% a 7% da demanda anual no país. Em 9 de Junho de 2014, um feriado no país, a Alemanha supriu 50,1% de sua demanda elétrica diária apenas com energia solar, estabelecendo um novo recorde para a fonte (Fraunhofer ISE³).

³ Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE (Fraunhofer ISE) é um instituto localizado em Freiburg, Alemanha, que executa pesquisas científicas e de engenharia, para todas as áreas que

A regulamentação da inserção da energia gerada por fontes renováveis se baseou em um sistema de *feed-in-tarif* (FiT). Nesse sistema, as distribuidoras de energia são obrigadas a comprar toda essa energia advinda de fonte renovável a preços pré-fixados. O acréscimo na conta do consumidor para subsidiar a tarifa prêmio era um percentual pequeno, atingindo valores máximos na ordem de 5% (AFONSO, 2012). A regulamentação foi alterada em 2008 e 2009 para prever a redução de preço dos sistemas, estipulando uma redução na tarifa prêmio de novas instalações na ordem de 5% a 8% ao ano e determinando valores diferentes de acordo com metas de crescimento do mercado (IEA-PVPS, 2006).

A Alemanha desenvolveu outros mecanismos de incentivos a GDFV, tais como créditos fiscais e empréstimos concedidos por banco público (IEA-PVPS, 2011). Esses financiamentos são essenciais ao desenvolvimento da tecnologia, já que envolve altos valores de investimento inicial e os riscos de novas tecnologias são altos. A taxa de juros cobrada varia de 3% a 5 % ao ano (IEA-PVPS, 2014b).

China

A China anunciou a instalação de 11,3 GW de energia fotovoltaica conectada à rede em 2013, estabelecendo um recorde em termos de novas instalações. Esse desempenho está alinhado com as ambições das autoridades chinesas em continuar desenvolvendo o mercado interno FV, chegando a 35 GW até o ano 2015 e 100 GW até 2020 (IEA, 2014).

As principais medidas utilizadas foram o uso de tarifas prêmio e fundos específicos para energia renovável. Desde dezembro de 2012, as tarifas prêmio foram ajustadas de acordo com os recursos solares e um incentivos financeiros que incentiva o autoconsumo foi introduzido. No caso de autoconsumo, o excedente de energia elétrica pode ser adquirido pelo operador da rede e um bônus pode ser pago em cima do preço da eletricidade. Além disso, espera-se que o ajuste irá substituir progressivamente os programas de incentivos financeiros, enquanto aplicações de autoconsumo serão mais incentivadas que os de usinas solares, em um modelo similar ao sistema de compensação brasileiro.

Itália

A Itália era, até o ano de 2012, o segundo maior mercado de energia

englobam energia solar.

O BRASIL TEM APROXIMADAMENTE 15MW EM GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM OPERAÇÃO

solar FV do mundo. No entanto, o ano de 2013 foi marcado pela conclusão do programa “Conto Energia” que consistia basicamente no pagamento de tarifa prêmio. É interessante observar que a meta inicial do programa (8 GW de energia solar fotovoltaica até 2020) foi atingida em 2011.

Além da utilização de tarifas prêmio, o país adotou outras formas de incentivo da energia FV. No ano de 2011, foi instituído um programa de *net-billing*⁴ denominado *Scambio Sul Posto*, exclusivamente para instalações menores que 200 kWp (IEA-PVPS, 2014b). Em março de 2013, o país anunciou a redução de 50% dos impostos sobre o custo das novas instalações FV menores que 20 kWp (IEA-PVPS, 2014b). Uma linha específica para o financiamento de sistemas FV residenciais ou comerciais torna possível os investimentos para os consumidores. A taxa de juros é fixa e igual a 6,75% a.a. e os empréstimos podem ser pagos de 36 a 180 meses (IEA-PVPS, 2014b).

Legislação brasileira para energia solar

No Brasil, a regulamentação é ponto primordial para viabilizar essa forma de geração e mudanças significativas ocorreram nos últimos anos com ações de governo para o desenvolvimento desta fonte de energia. O País conta atualmente com aproximadamente 15 MW em geração fotovoltaica em operação, de acordo com o Banco de Informações da Geração (BIG) da ANEEL. A maior parte das instalações no país ocorre em áreas isoladas.

A Constituição Brasileira vigente, de 1988, determina que o governo federal seja o responsável pelo fornecimento de energia elétrica, podendo prestar o serviço diretamente ou por meio de concessões, permissões ou autorizações. O Modelo vigente do setor elétrico brasileiro foi implementado em 1995 com a promulgação da lei nº 9.074 e a principal característica deste modelo foi dada pela lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, que, dentre outras determinações, separou as atividades do setor e determinou os leilões como a forma de aquisição de energia.

Há no Brasil vários tipos de leilão para contratação de energia. Os principais adotados são: de energia nova, de energia existente, de energia de reserva, de fontes alternativas e os leilões estruturantes

⁴ O Net-billing é um sistema de compensação de energia, no qual as medições de geração e consumo são separadas.

(CCEE, 2014). O Governo brasileiro promoveu o primeiro leilão específico para fonte solar, o 6º leilão de energia de reserva, em 31 de outubro de 2014. A licitação incluiu a contratação separada de três tipos de fontes de energia: eólica, solar e de resíduos sólidos (lixo urbano e biogás). Foram contratados 31 projetos somando 1.048 MWp de capacidade instalada, ou 889,70 MW considerando a energia injetada na rede, de energia solar, a um preço médio de R\$ 215,12/MWh, um deságio de 17,9% em relação ao preço teto estipulado, R\$ 262/MWh. Esse leilão servirá posteriormente neste trabalho para uma avaliação quanto ao melhor mecanismo de incentivo da fonte solar no país.

Na linha mais comumente utilizada no mundo, a geração distribuída, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou, em 17 de abril de 2012, a Resolução Normativa nº482 (ANEEL, 2012), que estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e define o sistema de compensação de energia elétrica (*net-metering*). Com essa nova regulamentação, um novo paradigma surge: o consumidor, pessoa física sem necessariamente conhecimento técnico, pode se tornar um gerador de energia.

Até 26/03/2014, 295 empreendimentos fotovoltaicos já tinham sido registrados na ANEEL participando do sistema de compensação de energia, totalizando 3.951 kW em diversos municípios do país (ANEEL, 2015). O Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e EPE estima a evolução para a penetração de sistemas de geração solar fotovoltaica distribuída de cerca de 660 MWp até 2023. Porém, mantendo-se a tendência de queda nos custos da tecnologia fotovoltaica e o aumento das tarifas de energia elétrica devido à falta de chuvas, a sua viabilidade deve ser maior nos próximos anos.

No sistema de compensação de energia, a incidência de impostos deve ser cuidadosamente analisada. Se a incidência dos impostos for sobre o total de energia consumida, o excedente da geração própria não será levado em consideração para os cálculos dos impostos devidos. No entanto, a legislação atual do país adota o consumo da unidade para realizar os cálculos dos impostos e tributos. A definição sobre a cobrança de impostos e tributos federais e estaduais cabe à Receita Federal do Brasil e às Secretarias de Fazenda Estaduais.

MECANISMOS DE SUPORTE E METODOLOGIA DE ANÁLISE

Inicialmente, é necessário estudar os mecanismos de suporte que vêm sendo adotados em outros países para, então, levar essa experiência para a realidade nacional. Entre os principais mecanismos de suporte, estão as tarifas prêmio, o sistema de cotas de energia, os incentivos financeiros e linhas de créditos específicas (IEA, 2009). A seguir, apresentam-se esses mecanismos mais detalhadamente.

Tarifas prêmio

A tarifa prêmio ou *feed-in-tarif* (FiT) é um mecanismo bastante simples e foi o mais usado mundialmente para incentivar a geração FV e, até 2009, estava implementada em 63 países pelo mundo (COUTURE & GAGNON, 2010). Nesse sistema, são oferecidos preços garantidos por certo período de tempo para a energia produzida. Assim, os riscos referentes à instalação dessa tecnologia são praticamente anulados, o que incentiva o investimento.

O custo da tarifa prêmio pode ser pago pelos contribuintes, por meio de impostos, que é o caso mais comum na Europa, ou por meio de um aumento na conta de eletricidade. Os valores de venda da energia não se adaptaram tão rapidamente ao declínio dos custos de novas instalações, propiciando um ambiente de investimentos de alta rentabilidade e provocando um crescimento acelerado. Mais recentemente, alguns países adotaram tarifas prêmio que variam com o tempo, mas sempre de forma programada, para que haja incentivo à eficiência e as tecnologias busquem ser cada vez mais competitivas.

Cotas de energia

No sistema de cota de energia, o governo requer que geradores, transmissores, distribuidores e/ou consumidores mantenham certa cota de energia advinda dessas fontes incentivadas no seu portfólio. O sistema de quotas pode ser empregado para estimular a geração de energia em sistemas *grid-connected* ou *off-grid*. Há duas formas desse sistema funcionar: o RPS (*Renewable Portfolio Standards*) e o sistema de licitações, em que o governo leiloa uma cota de energia dessa fonte e os projetos com menor custo ganham o leilão, tendo um prazo pré-estipulado para colocar os empreendimentos em operação.

No RPS, o Governo estabelece quotas de energia renovável e a remuneração do produtor dá-se na forma de créditos pela energia renovável produzida, os quais podem ser comercializados ou vendidos no mercado. Um sistema similar já acontece no Brasil com o sistema de cotas da energia da hidrelétrica de Itaipu, no qual empresas distribuidoras, por imposição legal, pagam uma quota-parte dos custos referentes à energia elétrica produzida por Itaipu e destinada ao País. Este mecanismo é usado apenas para fonte hídrica e não é aplicado a favor de outras fontes.

Desconto em impostos e incentivos de investimentos

A geração FV tem baixos custos de manutenção e não possui custos com combustíveis, diferente da maior parte dos tipos de geração de energia elétrica. Contudo, o custo inicial é elevado e representa ainda um obstáculo para que o investimento se torne rentável. Sendo assim, alguns países adotaram ou adotam políticas que permitiram a redução desse custo inicial, tornando o investimento atrativo.

A Redução de Impostos pode ser considerada um mecanismo de suporte, pois seu objetivo é reduzir o custo inicial de uma nova instalação. A isenção ou redução de tributos pode ser sobre o investimento ou sobre o mercado de bens e capital que são aplicáveis para a compra (ou produção) de tecnologias de energias renováveis. Incentivos tributários diretos possibilitariam o avanço da geração distribuída, como deduções no imposto de renda para pessoas físicas e jurídicas que instalarem sistemas fotovoltaicos; abatimento em impostos municipais, tais como o ISS, IPTU e outros. Esse mecanismo depende dos interesses e metas do governo de cada país e é influenciado pelo ambiente político e econômico.

São formas de incentivos financeiros a disponibilidade de financiamento para o desenvolvimento de energias renováveis para estimular a pesquisa, para a aquisição e produção dessas tecnologias e para a alocação de capital necessário na implantação de projetos de geração de energia. Muitos países criaram linhas de financiamento ou programas de empréstimos em conjunto com as metas de inserção, como, por exemplo, a Alemanha e a Itália. O Brasil possui a maior taxa de juros reais do mundo, segundo pesquisas recentes, o que inibe o investimento por meio de empréstimos.

Mas já existem algumas opções para financiar a compra e instalação de geração FV no país, porém, elas são focadas em

QUANTO MAIOR A QUANTIDADE DE COMPONENTES FABRICADOS OU PROCESSOS PRODUTIVOS REALIZADOS NO BRASIL, MAIOR SERÁ A PARTICIPAÇÃO DO BNDES NO FINANCIAMENTO

empréstimos para pessoas jurídicas. No BNDES, os empréstimos são de no mínimo R\$10 milhões, com taxa de juros de cerca de 5% ao ano, mais outras taxas como renumeração básica do BNDES e taxa de risco de crédito. Foi criada uma linha do BNDES específica para usinas de geração de energia elétrica a partir da fonte solar fotovoltaica. As condições financeiras são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Financiamento BNDES para fonte solar.

Parcelas	Condições do Fundo Clima	Condições do BNDES Finem
Custo financeiro	0,1% a.a.	TJLP
Remuneração básica do BNDES	0,9% a.a.	1,0% a.a.
Taxa de intermediação financeira	0,5% a.a.	0,5% a.a.
Taxa de risco de crédito	Entre 0,4% a.a. e 2,87% a.a., conforme o risco de crédito do cliente	
Prazo	Até 12 anos	Até 16 anos

Fonte: BNDES.

O apoio financeiro aos empreendimentos de geração é obtido pelo somatório das parcelas de recursos do Fundo Clima, até 15% do valor do módulo ou do sistema fotovoltaico multiplicado pelo “Fator N”; e recursos do produto BNDES Finem, até 70% do valor dos itens financiáveis. O valor do “Fator N” é determinado pela quantidade de componentes fabricados e/ou processos produtivos realizados no Brasil, conforme a metodologia para credenciamento de equipamentos e sistemas fotovoltaicos, divulgada pelo BNDES. **Quanto maior a quantidade de componentes fabricados ou processos produtivos realizados no Brasil, maior será a participação do BNDES no financiamento.**

Nesse contexto, **é recomendável a extensão do Regime Especial de Incentivo para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) a usinas solares fotovoltaicas, já existente para outras formas de energia; e a adequação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS), que isenta**

do pagamento de impostos e contribuições federais a produção de materiais semicondutores, incluindo módulos fotovoltaicos e células fotovoltaicas, para outros insumos, componentes e equipamentos ainda não incluídos no Programa. Esses mecanismos desonerariam a cadeia produtiva da indústria de energia solar fotovoltaica. Recentemente o BNDES atualizou o FINEN – uma linha de financiamento para eficiência energética – que estabelece valor mínimo de R\$ 5 milhões, e pode ser acessada para a geração distribuída.

Compensação de energia elétrica

Esses mecanismos são comumente chamados de consumo próprio, compensação de energia ou medição líquida (*net-metering*). Eles permitem que a energia gerada localmente seja utilizada, de forma a abater a energia consumida da conta de energia paga pelo dono da instalação, no local da geração, ou até mesmo em outra propriedade do mesmo consumidor.

A competitividade nesse modelo deve ser analisada com base nos valores da tarifa paga pelo consumidor à concessionária. Para as aplicações nas residências e no comércio, tipicamente referidas à baixa tensão e fisicamente distribuídas na rede, o custo corresponde, em princípio, ao valor mínimo que deve ter a tarifa de fornecimento de energia para considerar viável, em termos econômicos, seu investimento na geração fotovoltaica.

Metodologia de análise entre os incentivos atuais no Brasil

No Brasil, duas formas diferentes de incentivo à energia solar vêm sendo conduzidas: a geração distribuída por meio da compensação financeira regulamentada pela RN ANEEL nº482/2012 e a geração centralizada por meio de leilões específicos de energia.⁵ Para esse cálculo é usado o Valor Presente Líquido (VPL) dos custos anuais.

No leilão de energia específico para a fonte solar, como acontece com as outras fontes de energia elétrica, o valor do preço da energia vendida é pago diretamente pelo consumidor cativo das distribuidoras de energia. Há também um incentivo a esses

⁵ Não se entrará aqui no detalhamento dos custos de incentivos às outras fontes de energia: petróleo, carvão, gás, nuclear, hídrica, eólica, entre outras, porque muitos são “ocultos” na desoneração da cadeia de fornecimento. É possível que no balanço de todos esses incentivos às fontes, o custo para o fomento da energia solar seja um dos menores.

investimentos quando o BNDES financia a taxas de juros menores que as habituais, cujos custos serão arcados pelo contribuinte.

No caso da geração solar distribuída, o grande entrave para a disseminação relevante dessa forma de geração é a dificuldade do consumidor em financiar a instalação.

Portanto, foram criados cenários de incentivo, por meio de financiamento dos custos de instalação com juros subsidiados, que podem ser realizados por bancos públicos como o próprio BNDES.

Leilão específico para fonte solar

Foram utilizados os dados do leilão de reserva de 2014, específico para fonte solar, para estimar os custos com esta modalidade de incentivo. Os resultados do certame estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados do 6º leilão de energia de reserva 2014 para fonte solar.

6º Leilão de Energia de Reserva – Fonte Solar	
Montante a ser vendido – Fonte Solar [MW]	889,70
Energia vendida por ano – Fonte Solar [MWh/ano]	1.771.608,60
Preço teto do leilão – Fonte Solar [R\$/MWh]	262,00
Preço médio do leilão – Fonte Solar [R\$/MWh]	215,12
Preço teto do leilão - Fonte Eólica [R\$/MWh]	144,00
Preço médio do leilão - Fonte Eólica [R\$/MWh]	142,34
Diferença entre preço médio de Eólica e solar [R\$/MWh]	72,78

Fonte: CCEE.

No leilão foram negociados 1.771.608,60 MWh/ano a um preço médio de R\$ 215,12/MWh. Este foi o primeiro leilão de energia solar. A fonte eólica, quando começou sua participação na matriz brasileira no início dos anos 2000, também foi incentivada, na época pelo Proinfa.

Assim, foi calculado o custo anual da diferença entre o preço médio de eólica e solar e o valor presente desse custo, descontando uma taxa de juros condizente com o custo de capital do Brasil. O custo

médio da dívida pública brasileira em outubro de 2014 foi de 11,63% a.a., de acordo com Relatório Mensal da Dívida Pública Federal – Outubro/2014 realizado pela Secretaria de Tesouro Nacional do Ministério da Fazenda (STN/MF) e a inflação para o mesmo período foi 5,5%, sendo possível o cálculo dos juros reais, que corresponde à rentabilidade efetiva de um investimento financeiro.

Foi considerada a taxa de juros reais porque tanto a receita dos contratos de venda de energia e os custos da energia sofrem correção pela inflação. Nesse trabalho, optou-se por considerar que esse sobre preço não crescerá pela inflação, sendo a conta realizada a preços correntes e uso da taxa de juros real. Para determinar esse valor, utiliza-se a equação de Fisher⁶, chegando ao valor de taxa de juros real do governo brasileiro de 5,81%.

Outra parcela do mecanismo de suporte inerente a esse tipo de incentivo é o financiamento a juros baixos⁷. A Tabela 3 contém os dados das linhas de créditos utilizadas pelo BNDES para os vencedores do leilão específico para fonte solar fotovoltaica do ano de 2014. Com esses dados, foram criados dois cenários de nacionalização dos empreendimentos, já que para cada “Fator N”, a taxa de juros será diferente. No documento com o resultado do 6º leilão de energia de reserva da CCEE conta o valor de investimento total dos empreendimentos vencedores: R\$ 4.144.227.000.

Assim, no cenário de nacionalização 100%, o investidor tem acesso às melhores taxas de juros, pegando 15% do empréstimo pelo Fundo Clima e o restante, para inteirar os 70% possíveis, via FINAME. No cenário de mínima nacionalização, utiliza-se apenas o FINAME, com taxa de juros de 6,9% a.a. Em ambos os casos, foram utilizadas as menores taxas disponíveis pelo banco.



⁶ taxa real=(1+Taxa nominal)/(1+inflação) - 1.

⁷ Vale lembrar que todas as fontes de geração de energia têm acesso ao financiamento do BNDES. Por isso, o Estado incentiva diretamente os empreendimentos.

Tabela 4 - Dados do Financiamento BNDES aos vencedores do Leilão Solar.

Financiamento dos empreendimentos vendidos no leilão		
	Nacionalização 100%	Mínima nacionalização
Total dos investimentos a serem realizados pelos vencedores do leilão [R\$]	4.144.227.000	4.144.227.000
Proporção dos investimentos financiados pelo BNDES [%]	70	70
Prazo do financiamento [anos]	16	16
Taxa de juros captação Tesouro [% a.a.]	11,63	11,63
Taxa de juros empréstimos BNDES [% a.a.]	5,7	6,9

Cabe ressaltar que os custos com financiamento do BNDES não possuem contratualmente qualquer relação com a inflação e a premissa é que a inflação já esteja embutida na taxa de juros.

Portanto, no caso do leilão, têm-se dois incentivos: o sobrepreço da energia, com valor presente calculado utilizando-se a taxas de juros real e o financiamento desses empreendimentos a taxa de juros reduzidas, pelo BNDES, que varia de acordo com o cenário de nacionalização escolhido.

Geração distribuída

A forma escolhida de simular o incentivo à geração distribuída foi a de viabilizar financiamentos ao micro ou minigerador que aderir ao sistema de compensação financeira vigente desde a regulamentação ANEEL nº482/2012. Assim, algumas premissas foram generalizadas para simplificar o problema. Elas estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados da simulação para GD.

Dados da Geração Distribuída	
Potência instalada média [kWp]	3
Horas de sol por dia em média [horas]	5
Geração anual por casa [kWh/ano]	5.475
Custo de Instalação [R\$/kWp]	8.000
Custo de geração [R\$/MWh]	219,18
Custo da geração anual [R\$.ano/MWh]	4.383,56

Esses valores foram obtidos por uma pesquisa realizada pelo Portal Solar em janeiro de 2014 e estão de acordo com a média das potências instaladas até o momento, por meio da RN nº482/2012 (ANEEL, 2015).

Para calcular o incentivo no financiamento da GD será fixado o montante de energia anual a ser gerado de forma a viabilizar o mesmo total vendido no leilão específico de 2014⁸. Assim, o total de recursos necessários para implementar o mesmo montante de energia é de R\$7,77 bilhões. Para maiores detalhes dos cálculos, veja (MIAN, 2015). Os dados para simular os gastos com a GD estão resumidos na Tabela 6. Para esses financiamentos, os custos, da mesma forma que no financiamento do BNDES para os leilões, não possuem relação com a inflação, ou seja, esta já está embutida na taxa de juros de empréstimo.

Tabela 6 - Dados da simulação para GD.

Dados dos cenários de financiamento	
Valor dos investimentos a serem financiados para o total de geração distribuída [R\$]	7.765.955.507
Proporção dos investimentos financiados pelo BNDES [%]	100
Prazo do financiamento [anos]	20
Taxa de juros captação Tesouro [%]	11,63
Taxa de juros a.a. empréstimos BNDES – Cenário 1 [%]	1
Taxa de juros a.a. empréstimos BNDES – Cenário 2 [%]	3,5
Taxa de juros a.a. empréstimos BNDES – Cenário 3 [%]	5
Taxa de juros a.a. empréstimos BNDES – Cenário 4 [%]	10

Foram propostos quatro cenários de financiamento com taxas de juros diferentes: de 1%, de 3,5%, de 5% e de 10%, se aproximando às altas taxas de juros do Brasil. Em cada cenário, foi calculado o VPL dos investimentos utilizando a taxa de juros real, que variará para cada cenário.

⁸ Ressalva-se que na geração distribuída há redução de perdas de energia na transmissão, aumento da autonomia energética de estados e municípios, geração de empregos locais e outros aspectos muito relevantes que não refletem diretamente no preço do kWh.

RESULTADOS E ANÁLISES

A simulação dos dois mecanismos vigentes no Brasil apresentou os resultados relatados nas Tabela 7 e Tabela 8, referentes a cada um dos cenários.

Tabela 7 - Incentivos com o leilão específico para fonte solar.

Leilão de geração solar		Sobre preço em relação a outras fontes renováveis (+)	Financiamento BNDES (+)	Total
Valor presente	Cenário de 100% de nacionalização	R\$ 1.501.988.965	R\$ 915.459.375	R\$ 2.417.448.340
	Cenário de mínima nacionalização		R\$ 730.998.672	R\$ 2.232.987.637

Tabela 8 - Incentivos com a geração distribuída.

Geração Distribuída		Subsidio BNDES financiamento (+)
Valor presente	Cenário 1 – Taxa de juros de 1%	R\$ 4.894.448.685
	Cenário 2 – Taxa de juros de 3,5%	R\$ 3.973.574.050
	Cenário 3 – Taxa de juros de 5%	R\$ 3.052.699.415
	Cenário 4 – Taxa de juros de 10%	R\$ 750.512.828

Das tabelas, chega-se ao resultado que para viabilizar os 1.771.608 MWh/ano vendidos no leilão foram necessários R\$ 2,4 bilhões no cenário de 100% de nacionalização e R\$ 2,2 bilhões, no cenário de mínima nacionalização, devido ao sobre preço da energia e do incentivos financeiros no financiamento com banco público.

Para geração distribuída, o custo de se financiar os empreendimentos a taxas de juros mais atrativas varia de acordo com a taxa escolhida. No cenário de menor taxa, ou seja, mais atrativo ao investidor, os custos foram muito superiores ao custo do leilão: R\$ 4,9 bilhões. No cenário intermediário de taxa de juros de 5% a.a., os custos já se tornam competitivos, R\$3 bilhões.

Portanto, **se taxas de juros fossem disponibilizadas ao microgerador com valores próximos a 6% aa, a GD seria uma opção atrativa e economicamente favorável à**

sociedade brasileira. Vários países praticaram empréstimos com taxas de juros dessa mesma ordem, como, por exemplo, a Alemanha.

Tanto a geração centralizada quanto a GD tendem a ganhar maior atratividade econômica com a instalação de novos empreendimentos no país, trazendo não só investidores, como também a cadeia produtiva a se instalar no Brasil. O governo pretende sinalizar que leilões de energia solar devem ocorrer anualmente. A meta oficial do governo é alcançar 3.500 MW de capacidade instalada até 2023, no entanto, essa meta já foi considerada conservadora pelo próprio governo (MME/EPE, 2014), dada a redução mundial dos custos e o potencial solar do Brasil. Para representantes do setor de energia fotovoltaica, se forem realizados leilões anuais e regulares nos próximos anos, com contratação média de 1000 MW/ano, será possível atrair fabricantes e permitir um grau adequado de concorrência no setor.

De forma complementar um aumento ainda maior na geração solar poderá ser conseguido com a geração distribuída. Com os reajustes nas faturas de energia em 2015, os valores de financiamentos de sistemas quase se equiparam ao custo mensal das contas de luz nas residências. Assim o autoprodutor verá seu retorno antecipado e haverá energia produzida no ponto de consumo, o que diminuem riscos de desabastecimento. Ganham todos.



Usina Solar Noronha I (Ilha de Fernando de Noronha), 402 kWp, 620 MWh/ano. Pernambuco

© Rodrigo Valença/ NEOENERGIA

2ª PARTE: MODELO DE EXPANSÃO ACELERADA PARA FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA E REDUÇÃO GRADUAL DOS INCENTIVOS A TÉRMICAS FÓSSEIS

O baixo nível dos reservatórios fez com que aumentasse muito a utilização de energia das usinas termelétricas.



INTRODUÇÃO



Desde 2012, devido ao pequeno volume de chuvas observado, pode-se dizer que o setor elétrico brasileiro entrou em um estado de crise. O baixo nível dos reservatórios fez com que aumentasse muito a utilização de energia das usinas

termelétricas, tanto para suprir a deficiência de energia proveniente das hidrelétricas, como para garantir o crescimento anual da demanda, que é algo natural.

No entanto, essa substituição tem representado um impacto negativo que vai além da questão ambiental, típico da produção de energia a partir de combustíveis fósseis como o carvão mineral, gás natural, diesel e o óleo combustível, utilizados em termelétricas. Trata-se do impacto financeiro aos consumidores (expresso na tarifa de energia elétrica) e contribuintes em geral.

Quando a oferta de energia diminui, os preços naturalmente aumentam. Assim, as distribuidoras compram energia a um preço maior e isso é repassado aos consumidores. Além disso, são feitos repasses diretos do tesouro para garantir a estabilidade econômico-financeira das distribuidoras. Como esse dinheiro é público, pode-se entender como um prejuízo aos contribuintes⁹ em geral.

Mas, e se o Brasil investisse pesadamente em fontes alternativas, não seria possível substituir as usinas termelétricas (pelo menos uma parte delas) de forma que fossem gerados benefícios econômicos e ambientais?

Este artigo propõe uma substituição gradual que se daria em cinco anos. Para isso, primeiramente é definido um modelo¹⁰ de expansão do mercado, isto é, uma previsão da distribuição das futuras instalações pelo território nacional, respeitando o histórico observado.

Posteriormente, faz-se uma rápida revisão sobre como se dão as receitas e despesas de um investimento em energia solar fotovoltaica distribuída, incluindo as peculiaridades do mercado

⁹ Entende-se por contribuinte todo aquele que paga impostos.

¹⁰ O Modelo pode ser visto em detalhes em MOTA, V. A. S. (2015). A Energia Solar Fotovoltaica Distribuída Como Alternativa Para a Crise Energética Nacional: Modelo de Expansão Acelerada Através de Subsídios Economicamente Justificados. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175p. Disponível em <<https://goo.gl/yWJjIL>>

brasileiro, e estimativas¹¹ de custos de aquisição dos sistemas, gastos com a manutenção e receitas geradas pela autoconsumo e empréstimo¹² da energia produzida.

Logo em seguida, são explicados os requisitos¹³ considerados suficientes para garantir que a expansão se dê de forma acelerada, calculando-se ao final, um valor de incentivos financeiros tal que o investimento em energia solar se torne algo bastante lucrativo para quem o faz.

Então, é avaliado o gasto necessário para substituir parte das usinas hidrelétricas em 2013 e 2014, por usinas termelétricas, para garantir o suprimento da demanda no período. Também, é calculada a quantidade de energia de substituição demandada no período, chegando-se a uma média anual.

Com todos estes dados, torna-se possível realizar o objetivo central do trabalho, que é efetuar uma comparação para avaliar a aplicabilidade e incentivos financeiros necessários para, em cinco anos, substituir o uso de energia termelétrica incremental por energia solar fotovoltaica distribuída, garantindo o abastecimento de energia durante todo o processo.



¹¹ Baseadas em uma pesquisa de mercado realizada em outubro de 2014, onde foram entrevistadas 13 empresas do setor. Os valores utilizados corresponderam à média dos valores informados pelas empresas. É interessante incluir que os valores encontrados ficaram muito próximos dos apresentados por uma pesquisa semelhante efetuada pelo Instituto Ideal também em 2014 (O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica em 2013).

¹² A expressão empréstimo se refere à geração de créditos de energia junto à distribuidora, que depois podem ser utilizados para abater a fatura de energia elétrica.

¹³ Baseados no retorno do investimento. Não consideram outros fatores como a criação de linhas de financiamento ou a redução da burocracia que envolve o processo de conexão à rede.

MODELO DE EXPANSÃO DO MERCADO BRASILEIRO

O método para a determinação de um padrão de expansão do mercado brasileiro consistiu em analisar a distribuição de produtores de energia fotovoltaica (FV) conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a RN nº 482¹⁴ da Aneel¹⁵ segundo dados disponíveis no site¹⁶ da agência e propor uma distribuição (por estado) que

seguisse os padrões observados. Para isso levou-se em consideração aspectos como o percentual de instalações por estado e a divisão do mercado em grupos, de acordo com a potência (tamanho) das instalações. Foi entendido e demonstrado por (MOTA, 2015) a tendência do mercado (pelo menos no momento inicial) em se expandir de acordo com um padrão, daí a aplicabilidade do método. “Neste trabalho foram utilizados dados da Aneel, acessados em 1º de novembro de 2014.

Os estados que foram considerados neste trabalho, foram os que no dia da análise (1/11/2014) possuíam instalações fotovoltaicas operando sob a RN nº 482 da Aneel (BA, CE, DF, ES, GO, MG, MS, MT, PB, PE, PR, RJ, RN, RS, SC, SP e TO) O ideal seria incluir todos os estados na análise, porém, devido ao estado prematuro do mercado FV brasileiro no momento da obtenção de dados, isso não foi possível.

A separação por estado se mostra útil devido à diferença entre as condições climáticas de cada região como, por exemplo, a irradiação horizontal global, e também diferenças econômicas como o custo da energia, que influi diretamente nas receitas obtidas com a geração de energia FV, como será explicado melhor posteriormente.

As instalações fotovoltaicas do país foram então separadas em 3 grandes grupos, a saber:

- Com potência instalada menor que 10 kWp (instalação residencial);
- Com potência entre 10 kWp e 100 kWp (instalação comercial);
- Com potência maior que 100 kWp e menor que 1000 kWp (instalação comercial de grande porte ou industrial de pequeno porte).

14 Resolução Normativa Aneel n. 482, de 17 de abril de 2012

15 Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica

16 <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/GeracaoTipoFase.asp?tipo=12&fase=3>
Atualmente, os dados migraram para : <http://www.aneel.gov.br/scg/regMicro.asp>

O NÚMERO DE INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS PEQUENAS, QUE REPRESENTAM INSTALAÇÕES DO SETOR RESIDENCIAL É MUITO SUPERIOR AO NÚMERO DE INSTALAÇÕES DO SETOR COMERCIAL, MAS A POTENCIA É MENOR

A Resolução Normativa Aneel nº 482/2012 define as instalações menores que 100 kWp como micro geração e entre 100kWp e 1000kWp como mini geração. Assim sendo, os dois primeiros grupos representam a micro geração e o terceiro representa a mini geração.

Para facilitar a análise e também uma pesquisa de preço no mercado, elegeu-se valores representativos para esses grupos (3 kWp, 25 kWp e 400kWp respectivamente). Os valores escolhidos estavam próximos aos valores médios do próprio grupo, de forma que a análise não foi prejudicada¹⁷.

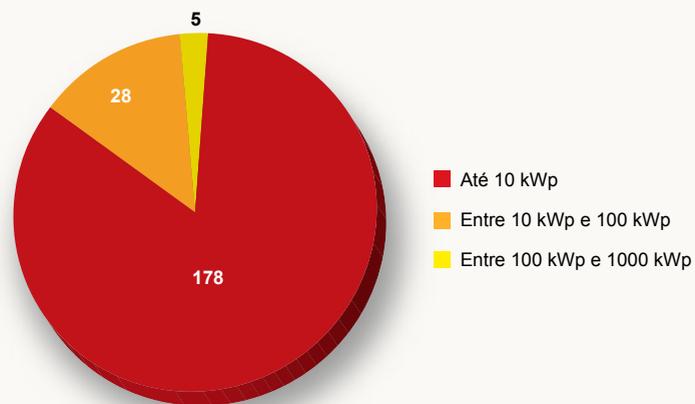
Analisando as Figuras 3 e 4, é possível perceber que o número de instalações fotovoltaicas pequenas, que representam instalações do setor residencial é muito superior ao número de instalações do setor comercial. No entanto, se analisada a potência total que estas instalações representam, o número se torna muito inferior à potência instalada do setor comercial.



Usina Solar Noronha II (Ilha de Fernando de Noronha), 550 kWp, 800 MWh/ano. Construída em um espelho de captação de água de chuva. Pernambuco

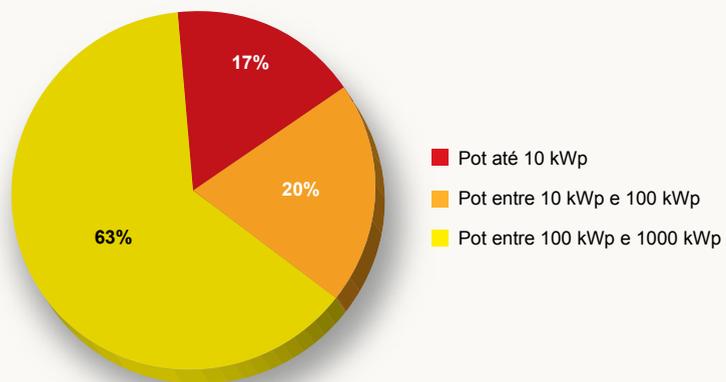
17 A determinação do valor médio pode ser vista em maior detalhes em (MOTA, 2015)

Figura 3: Distribuição do mercado por nº de instalações



Deve-se incluir que essa foi a metodologia utilizada para que uma simulação fosse possível dada a pequena quantidade de instalações executadas no país. Não necessariamente a expansão do mercado FV brasileiro apresentará esse percentual de distribuição entre os estados, até porque alguns deles não estão incluídos na análise, e, alterações futuras (como mudanças em tarifas, custos, etc.) podem fazer com que um estado se mostre mais vantajoso, atraindo mais instalações. Mas, esses fatores não atrapalharam as principais conclusões deste trabalho. Na verdade, o tornaram mais conservador, uma vez que poderia ser sugerido uma grande concentração nos estados que mais produziram energia.

Figura 4: Distribuição do mercado por potência instalada



© Fabio Borges/ NEOENERGIA

Usina Solar São Lourenço da Mata (Arena Pernambuco), 1MW, 1500 MWh/ano



© Rafael Shayani/ Depto de Engenharia Elétrica UMB

Sistema fotovoltaico de 50 kW integrado à edificação da Embaixada da Itália em Brasília/ DF

RECEITAS E DESPESAS DE UMA INSTALAÇÃO

De maneira genérica, as receitas de uma instalação fotovoltaica se restringem aos ganhos obtidos com a venda da energia produzida ou se resumem em benefícios trazidos pela economia devido à redução de consumo de energia da rede elétrica. Sendo assim, no Brasil, como existem várias concessionárias de distribuição de energia, as receitas variam dependendo da concessionária à qual o consumidor

está vinculado, pois cada uma valoriza a energia diferentemente. Além disso, o Brasil possui algumas peculiaridades (relacionadas à cobrança de ICMS¹⁸) que fazem com que a análise do retorno do investimento seja mais complicada.

A primeira delas se refere à cobrança do ICMS sobre a injeção de energia. No caso de uma geração distribuída, se o consumidor não utilizar de imediato a energia gerada pela sua instalação, ela acaba sendo “emprestada” para a rede, gerando créditos de energia. Esse processo de geração de créditos envolve uma cobrança de imposto, o ICMS. Assim, pode-se afirmar que a energia emprestada à rede possui um valor inferior à energia que foi produzida e consumida imediatamente. Um modelo mais justo seria, talvez, a isenção dessa cobrança, como tem sido discutido e já adotado por alguns estados após resolução do CONFAZ neste ano¹⁹.

A segunda delas é um efeito positivo, porém com efeito menor que o mencionado anteriormente, normalmente observado em apenas alguns estados. Se refere à cobrança normal do ICMS sobre a energia elétrica consumida da rede. A alíquota de cobrança depende da quantidade de energia consumida mensalmente. Uma possível geração fotovoltaica reduz esse consumo, uma vez que parte da energia produzida é consumida diretamente no local. Assim, é possível que o consumidor passe a pertencer a uma nova classe de tributação, com alíquota inferior. Essa redução depende das alíquotas aplicadas pelos estados, bem como dos diferentes limites de aplicação dessas alíquotas.

18 ICMS - imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação.

19 O convênio ICMS N° 16 DE 22/04/2015 permite que os estados que aderirem a ele, deixem de tributar a energia injetada na rede. Até o final de junho de 2015, haviam aderido os estados: SP, GO, PE, TO, CE e RN. Antes desse convênio, o estado de MG já havia adotado uma isenção pelo período de cinco anos.

O estudo recente de (MOTA, 2015) analisou esses efeitos após simular uma instalação de 3kWp em uma residência com consumo mensal de 450 kWh²⁰. Nesse caso, em três estados brasileiros (DF, RJ e RN) pode-se observar esse efeito positivo.

Como despesas entende-se o custo inicial da instalação (incluindo os equipamentos e o serviço de instalação propriamente dito) e o custo de operação e manutenção (O&M), que inclui o gasto para a limpeza dos painéis fotovoltaicos, inspeções preventivas e possível troca de equipamentos.

Através de uma pesquisa²¹ de mercado realizada em outubro de 2014, foi possível obter custos médios praticados por empresas que realizam a venda e instalação de sistemas fotovoltaicos no Brasil. Esse custo (equipamentos e instalação) está apresentado na Tabela 9. Utilizou-se os valores de 3 kWp, 25 kWp e 400 kWp (valores representativos dos grupos, que foram determinados anteriormente) para representar as diferentes classes de tamanhos de instalações enquadradas na definição de micro e mini geração de energia.

Tabela 9 – Custo de uma instalação fotovoltaica no Brasil

Potência (kWp)	3	25	400
Preço (R\$)/Wp	R\$ 8,14	R\$ 6,95	R\$ 6,13
Custo (R\$)	R\$ 24.425,00	R\$ 173.772,73	R\$ 2.453.333,33

Em relação aos custos com a operação e manutenção pode-se mencionar um gasto médio anual estimado em 0,7% dos valores apresentados na Tabela 9.

20 A adequação de uma instalação FV de 3kWp com uma residência cujo consumo médio seja de 450 kWh/mês, se deu com base em simulações realizadas no Simulador Solar do Instituto Ideal (<http://www.americadosol.org/simulador>)

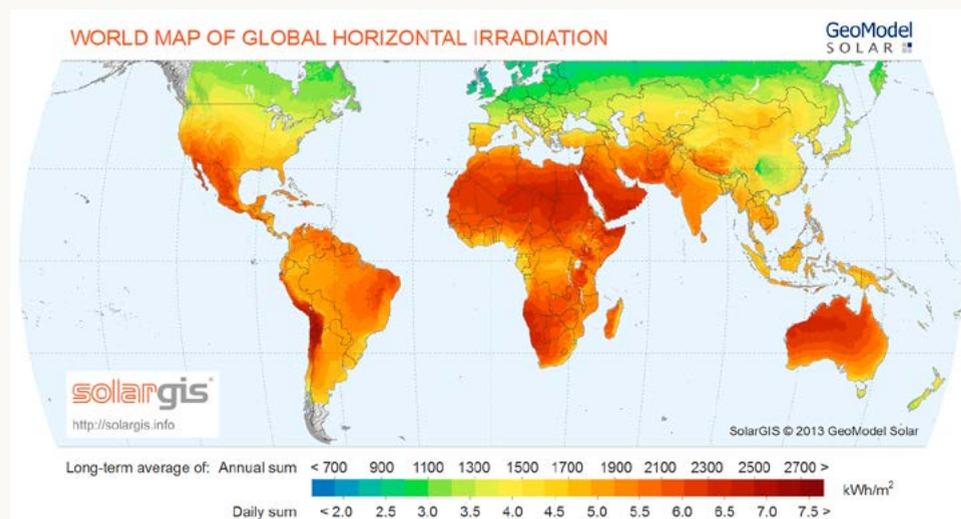
21 A pesquisa de mercado consistiu em enviar um questionário para as empresas do setor utilizando a plataforma Question Pro (<http://www.questionpro.com>). Os valores de custo utilizados correspondem a uma média entre os valores informados pelas empresas.

REQUISITOS PARA A EXPANSÃO ACCELERADA

Apesar de a fonte solar FV ser uma das formas mais limpas de geração de energia, a observação da trajetória do mercado mundial demonstra que apenas o benefício ambiental trazido por ela, não é suficiente para alavancar o seu crescimento. Faz-se necessário portanto, que o governo incentive, pelo menos em um estágio inicial, o seu crescimento.

Se analisado o potencial territorial e privilégio sobretudo em relação às condições favoráveis de irradiação solar que o Brasil apresenta (Figura 5), e comparado com os índices de crescimento da energia fotovoltaica distribuída que o país tem apresentado, é possível perceber com nitidez a subutilização desse potencial. Até o final do ano de 2013, a geração FV no Brasil era tão pequena que os dados precisos de sua participação no mercado não foram incluídos no Balanço Energético Nacional de 2014, preparado pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética).

Figura 5: Irradiação horizontal global²² no mundo.



Fonte: SolarGIS © 2014 GeoModel Solar. Disponível em: <www.solargis.info>. Acesso em: 26 ago 2014.

²² A Irradiação global é considerada um modelo adequado para avaliar a disponibilidade de energia solar no local, pois leva em consideração tanto a intensidade da irradiação direta, como também os momentos de sombra no ano, quando a produção de energia reduz bastante.

De acordo com a Aneel, o Brasil possuía em agosto de 2015 aproximadamente 20 MWp de potência FV instalada (não isolada), distribuída em cerca de 600 projetos. Um número bastante pequeno se comparado aos apresentados para os principais mercados mundiais (China, Alemanha e Itália por exemplo). Sendo que a capacidade total de geração (todas as fontes) era de aproximadamente 142 GW, a potência FV representava apenas 0,014% desse total²³. Se fosse feita uma análise da participação da geração FV na fornecimento total de energia elétrica, esse percentual seria ainda menor pois o período de produção de energia solar em horas/dia é menor que o das outras fontes.

Parâmetro de comparação - o mercado Italiano

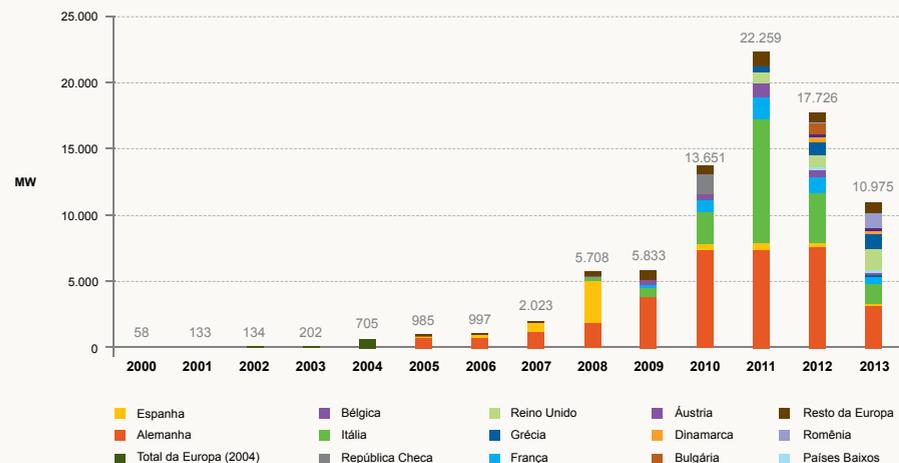
A oferta de energia fotovoltaica na Itália merece atenção. Até o início do ano de 2013, era o segundo maior mercado de energia solar FV do mundo e detinha o recorde de potência instalada em apenas um ano, que foi de 9,3 GWp em 2011 (Figura 6)²⁴. Isso foi conseguido sobretudo através de incentivos financeiros, que tornaram o investimento em energia fotovoltaica distribuída bastante rentável. Outros fatores chave que possibilitaram esse crescimento foram a simplificação dos procedimentos de conexão à rede bem como a possibilidade de financiar as instalações (EPIA, 2014a).



Instalação em São Miguel Arcanjo/SP

²³ <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> e <http://www.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>

²⁴ Em 2014, o recorde foi quebrado pela China, que cresceu 10,4 GWp no ano. (IEA-PVPS, 2015).



Fonte: EPIA – European Photovoltaic Industry Association. *Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018*. Disponível em: < <http://epia.org> >. Acesso em: 9 jul 2014

Figura 6: Evolução anual das instalações na Europa, por país.

Assim sendo, para obter um crescimento acelerado no Brasil, fez-se uma simulação de instalações cujo retorno fosse ainda maior (em relação à taxa interna de retorno) ou igual (em relação ao tempo de retorno) aos observados no mercado italiano no ano de 2011²⁵, (quando foram instalados 9,3 GWp). A compatibilidade da comparação se justifica no fato de o Brasil, assim como a Itália à época deste crescimento, possuir pouca ou quase nenhuma produção nacional de módulos fotovoltaicos, sendo necessária a importação. Considera-se portanto, que se um crescimento acelerado foi observado lá, poderia acontecer aqui também, se as condições fossem semelhantes.

A Tabela 10 demonstra os valores utilizados na simulação, por grupo, incluindo o tempo de retorno e taxa interna de retorno para as instalações subsidiadas. Por ela percebe-se a alta rentabilidade de um investimento fotovoltaico que apresente esses parâmetros.

A vida útil média de uma instalação fotovoltaica é de 25 anos, logo, se o investimento se pagar em menos de sete anos será algo bastante vantajoso. Analogamente, taxas de retorno superiores a 16% são muito atrativas, uma vez que

²⁵ Obtidos de (ANTONELLI e DESIDERI, 2014).

a taxa de juros da poupança acumulada em doze meses se manteve abaixo de 7% no de 2014, segundo dados do Banco Central. Em 2015, o mesmo tem sido observado.

Tabela 10 – Retorno das instalações incentivadas

Tipo de Instalação	Tempo de Retorno (Anos)	Taxa Interna de Retorno (%)
Até 10 kWp	6,8	16,3
10 a 100 kWp	5,1	23,7
100 a 1000 kWp	4,4	28,8

Através dessa metodologia, os produtores de energia receberiam medidas de suporte para que seus investimentos atingissem esses parâmetros. Assim, está implícito que o valor recebido de incentivos financeiros seria diferente dependendo da localidade e do tipo de instalação. É natural que localidades onde a energia seja mais cara e/ou com maior quantidade de irradiação solar anual necessitem de menos incentivos para atingir tais parâmetros.²⁶

Os incentivos necessários para a expansão acelerada

Após definir os parâmetros de atratividade, é possível definir o incentivos financeiros médio necessário. Os valores apresentados estão atualizados, de forma que o intuito é apenas valorar o montante necessário, que em conjunto com uma linha adequada de financiamento e redução da burocracia que envolve o processo de instalação e conexão à rede, poderia propiciar a expansão acelerada.

Não está sendo sugerido que essa quantidade deva ser fornecida diretamente ao produtor de energia. Deve-se avaliar a melhor forma de fazê-lo. São várias as metodologias de incentivo adotadas ao redor do mundo (conforme apresentadas no primeiro artigo desta publicação), bem como é comum a transição entre mecanismos ou criação de novos, caso o resultado esperado de crescimento do mercado não seja atingido.

²⁶ Com horizonte de reajustes de energia elétrica, os benefícios de acordo com a localidade poderão se alterar.

A Tabela 11 demonstra o incentivo financeiro necessário para atingir os requisitos de atratividade definidos anteriormente. Um valor final é apresentado. Tal valor já contempla a divisão do mercado de acordo com o modelo anteriormente proposto.

Tabela 11 – Determinação do incentivo necessário por kWp instalado

Potência Representativa (kWp)	Custo da Instalação (R\$)	Incentivo Médio Por Instalação ²⁵	incentivo Médio Necessário/ kWp	Distribuição de Potência	Valor Ponderado (R\$/kWp)
3	R\$ 24.425,00	R\$ 11.271,32	R\$ 3.757,11	17,0%	R\$ 638,71
25	R\$ 173.772,73	R\$ 97.755,78	R\$ 3.910,23	20,0%	R\$ 782,05
400	R\$ 2.453.333,33	R\$ 1.397.113,82	R\$ 3.492,78	63,0%	R\$ 2.200,45
Total				100,0%	R\$ 3.621,21

O incentivo médio por instalação representa o valor médio necessário, levando em conta a distribuição do mercado por quantidade de instalações, por estado, como comentado anteriormente. Por exemplo, para as instalações de 3 kWp, o valor encontrado varia entre R\$ 8 mil e R\$ 14 mil, mas a média ficou em aproximadamente R\$ 11 mil. Essas variações advêm principalmente da diferença entre o preço da energia e da irradiação média em cada local, como mencionado anteriormente.

O incentivo médio por kWp representa os valores encontrados divididos pelas respectivas potências representativas, demonstrando portanto, o valor médio necessário para subsidiar 1 kWp de cada um dos tipos de instalação.

A Distribuição de potência do mercado se refere aos percentuais observados na Figura 4. Esses valores são utilizados para determinar a contribuição de cada grupo no valor ponderado total em R\$ por kWp. Esse valor (aproximadamente R\$ 3,6 mil) representa o custo médio de subsidiar 1 kWp de energia solar fotovoltaica distribuída, respeitando todos os pré-requisitos anteriores, tanto os de padrão de expansão como os de retorno do investimento.

²⁷ Foram muitos os procedimentos necessários para chegar ao valor de Subsídio Médio Por Instalação apresentados na terceira coluna da tabela. Esses procedimentos podem ser vistos na íntegra em (MOTA, 2015).



© Hermínio Nunes

Megawatt Solar – Florianópolis/SC.



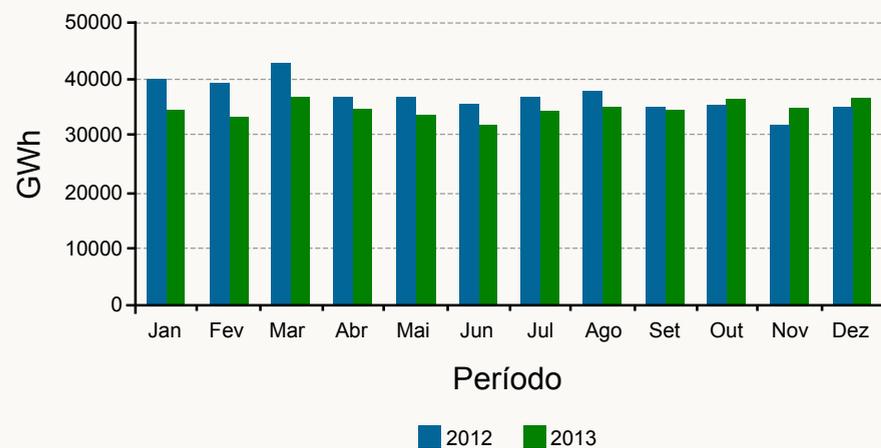
© Hermínio Nunes / Eletrosul Eletrobrás

Megawatt Solar - vista aérea

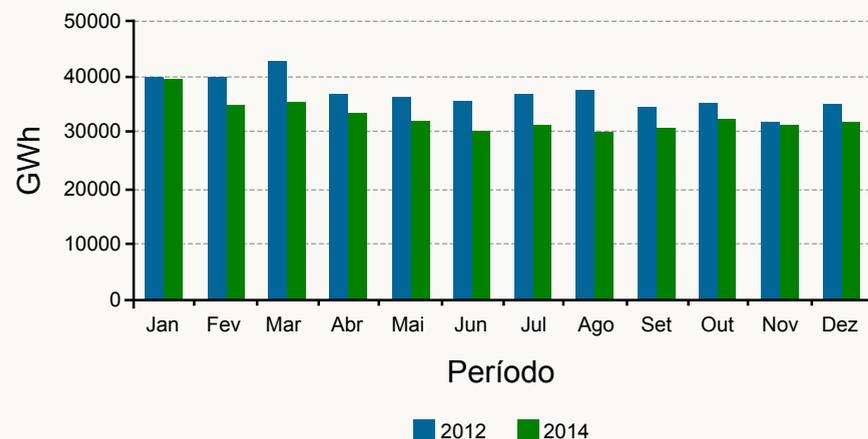
O CUSTO DA SUBSTITUIÇÃO DA ENERGIA HIDRELÉTRICA POR TERMELÉTRICA

Como mencionado anteriormente, nos últimos anos uma parte da produção de energia a partir das usinas hidrelétricas foi substituída majoritariamente por energia termelétrica fóssil. A Figura 7 ilustra essa situação:

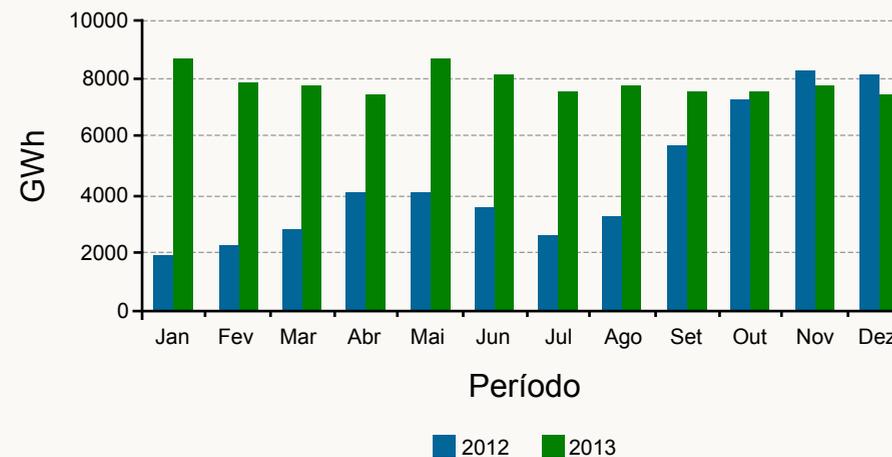
Geração de Energia - Hidráulica



Geração de Energia - Hidráulica



Geração de Energia - Térmica Convencional



Geração de Energia - Térmica Convencional

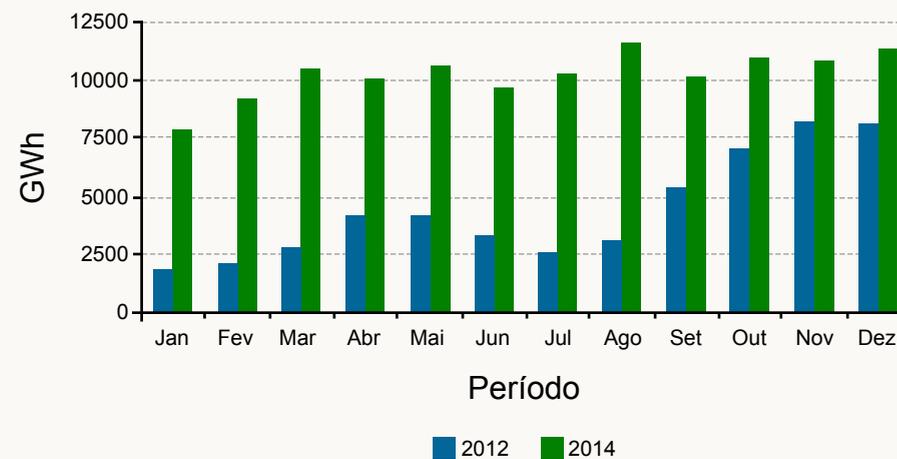


Figura 7: Diminuição da energia hidrelétrica e aumento da energia termelétrica do SIN. Períodos 2012-2013 e 2012-2014.

Fonte: ONS²⁸ – Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Histórico da Operação: Geração de Energia*. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 26 ago 2015.

Para estimar o custo dessa substituição, uma extensa análise foi feita utilizando dados da Aneel em conjunto com dados do ONS²⁹.

²⁸ Operador Nacional do Sistema Elétrico

²⁹ Da Aneel, foram analisadas notas técnicas de reajuste e planilhas de cálculo de reajuste. Esses dados foram confrontados com dados de geração do ONS.

Primeiramente, observou-se a modificação da oferta de energia entre os períodos, sendo possível aferir que quase todo o acréscimo e substituição se deram por fontes termelétricas convencionais. O acréscimo na quantidade de energia termelétrica contratada, em relação ao patamar de 2012, foi estimado em 80 TWh (29 TWh em 2013 e 51 TWh em 2014).³⁰

Então, para determinar o custo referente a esse acréscimo, analisaram-se dados de compra de energia disponibilizados nas notas técnicas de reajuste e revisão tarifária; e planilhas de cálculo, elaboradas pela Aneel para cada distribuidora de energia elétrica. Obteve-se para cada ano (2012, 2013 e 2014), um custo médio para a energia (R\$ por MWh) e a quantidade total de energia contratada (considerando todas as fontes). Calculou-se a diferença entre o gasto para contratar toda a energia no período, e o gasto que seria observado caso o custo médio da energia tivesse aumentado apenas de acordo com a inflação (gasto normal). À essa diferença (R\$ 32 bilhões), deu-se o nome de gasto extra de aquisição. E considerou-se que ele foi devido ao incremento de energia termelétrica, como explanado anteriormente. Por fim calculou-se a parcela do gasto normal que seria correspondente à contratação do acréscimo calculado anteriormente (R\$ 15 bilhões).³¹

Chegou-se à conclusão de que foram necessários aproximadamente R\$47 bilhões para contratar cerca de 80 TWh de energia termelétrica (incremental) durante os anos de 2013 e 2014, bem como cobrir os custos de transmissão dessa energia (MOTA, 2014). A Tabela 12 ajuda a visualizar os valores informados:

Tabela 12 – Contratação termelétrica incremental e o referente custo (2013 e 2014).

Período	Gasto Extra	Gasto normal para o Acréscimo	Gasto Subtotal do Acréscimo	Energia Termelétrica Incremental
2013+2014	R\$ 32 bilhões	R\$ 15 bilhões	R\$ 47 bilhões	80 TWh

³⁰ Os dados estimados para a quantidade de energia contratada tratam-se de uma correção de valores totais de geração, fornecidos pela ONS. Um fator de (1,37) foi aplicado, correspondendo a uma redução de 27%. Essa correlação foi demonstrada em (MOTA, 2015).

³¹ Para chegar aos valores de gastos informados, aplicou-se um fator de correção considerado conservador (majoração de 65%), para incluir também os custos com o transporte da energia considerada, encargos, dentre outros, pois, os dados utilizados inicialmente se referiam apenas à contratação da energia em si (MOTA, 2015).

Esses valores, que se relacionam à contratação de energia, são posteriormente repassados aos consumidores de energia através da tarifa da distribuidora. Tendo em vista que se as usinas hidrelétricas estivessem operando em sua normalidade, seriam necessários apenas cerca de R\$15 bilhões para contratar e transportar a mesma quantidade de energia, pode-se perceber o alto custo da energia termelétrica incremental. Isso explica parte dos aumentos observados de maneira generalizada na fatura de energia elétrica nos anos de 2014 e 2015 (MOTA, 2014).

Além desses gastos, é necessário contabilizar os repasses diretamente do Tesouro Nacional às distribuidoras de energia para garantir a estabilidade econômico-financeira das mesmas. Por se tratar de um repasse direto, esse gasto pode ser entendido como um gasto de toda a população, não apenas dos consumidores de energia elétrica. (PEREIRA, 2014) estimou este valor para os anos 2013 e 2014 em aproximadamente R\$21 bilhões. Assim, contabilizando todos os gastos, **foram necessários R\$68 bilhões para contratar cerca de 80 TWh de energia termelétrica durante os anos de 2013 e 2014 (ou R\$34 bilhões para 40 TWh se o valor médio for considerado).**

É importante ressaltar que esses dados obtidos referem-se apenas à quantidade de energia termelétrica que aumentou nesses anos, considerando como parâmetro de comparação, o ano de 2012. Normalmente já havia a produção de energia térmica, contudo, a partir de 2013, devido à escassez de chuvas, essa quantidade começou a aumentar significativamente, e é isto que está sendo analisado.

Outra observação que deve ser feita é que esses valores apresentados levam em conta apenas a energia contratada pelas distribuidoras ao longo desses anos (somados aos custos de transporte, dentre outros), e não toda a energia gerada, computada pela ONS nos seus dados de geração³², por uma questão de disponibilidade de dados. Assim, estima-se que os valores sejam maiores em magnitude, mas é provável que sejam semelhantes em proporção.

³² http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx

A TRANSIÇÃO – ENERGIA TERMELÉTRICAS POR FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA

Nas seções anteriores foram determinados o custo por kWp de incentivo necessário para uma expansão acelerada, bem como o gasto necessário para a contratação de aproximadamente 80 TWh de energia termelétrica ao longo do período de dois anos (ou 40 TWh por ano em média). Assim é possível determinar a quantidade de instalações fotovoltaicas distribuídas (em GWp) que esse valor pode subsidiar. Em resumo:

Tabela 13 – Potência instalada possível

	Custo Total do Acréscimo	Incentivo Médio (R\$/GWp)	Potência Fotovoltaica Total (GWp)
	R\$ 68 bilhões	3,6 Bilhões ³⁴	18,8
Média Anual	R\$ 34 bilhões	3,6 Bilhões	9,4

Neste ponto, surge naturalmente uma pergunta: Quanto essa quantidade de instalações poderia gerar de energia ao longo de sua vida útil (25 anos)? Essa conta foi feita³⁴, chegando-se ao resultado de 650 TWh³⁵ (ou 25 TWh por ano), o equivalente a 8 vezes a quantidade de energia termelétrica incremental contratada pelo mesmo preço (80 TWh). Esse resultado pode ser entendido da seguinte forma: **Incentivar uma expansão acelerada de energia fotovoltaica distribuída está custando 8 vezes menos do que apenas manter a postura de utilizar usinas termelétricas como solução para a crise energética.** Assim, a escolha mais inteligente é iniciar uma medida de suporte para fomentar esta forma de geração.

33 3,6 Bilhões por GWp corresponde ao valor apresentado anteriormente de 3,6 mil reais por kWp.

34 (MOTA, 2015)

35 Considerações: Irradiação Média: 5 kWh/(m².dia); Eficiência dos módulos: 14,6% (INMETRO); Vida útil: 25 anos; Decaimento linear da produção: 0,8% por ano; Taxa de desempenho do sistema: 84% (WOYTE et. All., 2013). O valor da Irradiação levou em conta uma média ponderada entre as irradiações médias calculadas para cada um dos estados analisados, com auxílio do programa *SunData* (CRESESB).

Deve-se ter em mente que 40 TWh³⁶ anuais são necessários para garantir o fornecimento de energia elétrica e, portanto, as duas formas combinadas devem fornecer esse montante para o mercado anualmente. Os requisitos necessários para garantir esse fornecimento são demonstrados na Tabela 14:

Tabela 14 – Normalização para atingir 40TWh de geração FV por ano

Incentivo Total	Potência Fotovoltaica Total (GWp)	Energia Média Produzida por ano (TWh)
R\$ 68 bilhões	18,8	25
R\$ 109 bilhões	30	40

Se numa primeira impressão o valor parece alto, ele torna-se aceitável quando comparado com o que vem sendo usado na contratação de térmicas de forma emergencial: R\$34 bilhões por ano, que somarão R\$170 bilhões em cinco anos, e sem perspectiva de redução, caso o cenário permaneça este. Essa situação está ilustrada na Tabela 15.

Tabela 15 – Gasto previsto utilizando apenas usinas termelétricas

Ano	Gasto (Bilhões de R\$)	Contratação Termelétrica (TWh)
1	34	40
2	34	40
3	34	40
4	34	40
5	34	40
6º em diante	34 por ano	40 por ano

36 Trata-se de um valor médio. O valor está sendo apresentado como constante. Para previsões futuras desse valor, seria mais correto incluir o crescimento anual devido ao aumento da demanda (em geral 5% ao ano) mas isto traria também mais gastos, de forma proporcional. Assim, para fins de comparação, não há prejuízo a consideração de demanda constante.

Algo que fortalece a teoria da tendência de continuidade desses gastos é o fato de o ano de 2015 não estar sendo diferente. A utilização de usinas termelétricas está bastante acima do patamar de utilização em 2012 (Figura 8), assim como observado em 2013 e 2014, demonstrando que os altos gastos devem continuar, pelo menos até a situação hídrica se normalizar. E mesmo que as hidrelétricas retomem sua produção normal de energia, o que garante que não haverá uma nova escassez de chuvas no futuro? É preciso adotar a postura de prevenção.

Geração de Energia - Térmica Convencional

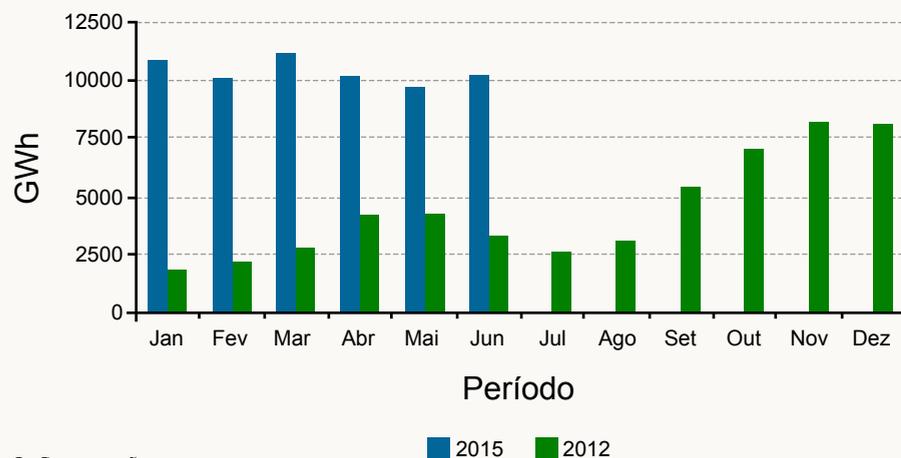


Figura 8: Comparação da geração de energia a partir de usinas termelétricas em 2012 e 2015.

Fonte: ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Histórico da Operação: Geração de Energia*. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 11 ago 2015.

A Tabela 16 demonstra a transição proposta entre os modos de geração, onde ao fim de 5 anos, ter-se-ia instalados, 30 GWp de potência solar fotovoltaica distribuída pelo país, produzindo em média 40 TWh³⁷ de energia por ano, quando toda a instalação tivesse sido concluída. Neste modelo, 6 GWp³⁸ seriam instalados por ano no país (3 GWp por semestre)³⁹.

³⁷ Este valor de médio 40 TWh já considera o decaimento linear da produção (0,08% por ano).

³⁸ Instalar 6 GWp em um ano não é algo absurdo. Itália instalou 9,3 GWp em um ano.

³⁹ O modelo se baseia na definição de cenário moderado de expansão acelerada, introduzido por (MOTA, 2015), modificado para um período de 5 anos. A cada semestre ocorre o acréscimo de 3 GWp até atingir 30 GWp ao fim dos 5 anos. A produção se inicia já a partir do segundo semestre e atinge força total no início do sexto ano, quando a instalação dos 30 GWp estiver concluída.

Tabela 16 – A Transição entre os modelos de combate à crise

Ano	Instalado por ano (GWp)	Produção anual (TWh)	Gasto ⁴¹ com Energia Termelétrica	Gastos com Incentivos para a Energia FV	Gasto Anual Total
1º	6	2	32,3 bi	21,7 bi	54,0 bi
2º	6	10	25,5 bi	21,7 bi	47,2 bi
3º	6	18	18,7 bi	21,7 bi	40,4 bi
4º	6	26	11,9 bi	21,7 bi	33,6 bi
5º	6	34	5,1 bi	21,7 bi	26,8 bi
6º em diante	0	40	0	0	0

Neste modelo, a partir do sexto ano, não haveria mais gastos com incentivos públicos⁴¹, e a produção de 40 TWh por ano iria continuar até completar os 25 anos de vida útil das instalações. Ainda, a partir da tabela, é possível perceber que do quarto ano em diante, o gasto anual para garantir o fornecimento de energia fotovoltaica já seria inferior ao caso de se ater somente à utilização de usinas termelétricas para substituir parte das hidrelétricas, no caso de a crise energética continuar.

É possível concluir que, se os incentivos fossem mais concentrados nos locais que necessitam menos para atingir os parâmetros de atratividade, a quantidade de potência instalada e energia geradas seriam maiores com o mesmo investimento, ou seja, seria possível atingir os mesmos resultados gastando menos. Por esse motivo, pode-se considerar que a análise feita é conservadora.

Demais vantagens e considerações

Até o momento, apenas o aspecto econômico-financeiro direto da transição tem sido levado em conta, mas quais são as outras vantagens desta proposta?

⁴⁰ Todos os gastos da Tabela 16 estão em bilhões de reais.

⁴¹ Para manter a produção anual de 40 TWh. Mas como é bom para o país, o ideal seria continuar investindo no crescimento da geração FV no país.

-Mais segurança para o setor energético brasileiro: A produção de energia no Brasil é hoje extremamente concentrada. Poucas usinas geram a maior parte da energia consumida. Distribuir a geração pode trazer mais segurança ao sistema, que ficaria mais robusto. As falhas causariam menor dano ao sistema em geral. Além disso, **a produção de forma distribuída pode reduzir custos de transmissão de energia (a geração se dá próxima ao local de consumo) e melhorar o desempenho do sistema nos horários de pico vespertinos⁴²**, que coincidem com o momento de maior geração dos sistemas fotovoltaicos.

-Menos poluição: A poluição gerada por um sistema fotovoltaico está relacionado ao processo de fabricação dos componentes. Durante a vida útil estimada (25 anos), a produção de energia fotovoltaica não gera emissão de gases de efeito estufa. Já a geração termelétrica emite grande quantidade desses gases, contribuindo para o aquecimento global, além de causar doenças respiratórias à população. Estima-se que, nos Estados Unidos, os gastos do governo com o tratamento de doenças respiratórias fruto de uma geração poluente como a termelétrica, sejam equivalentes a 39% do gasto necessário para a produção da energia em questão (NRC, 2009).

-Mais empregos: Vários países demonstraram que a energia fotovoltaica traz o efeito positivo da geração de grande quantidade de empregos (IEA-PVPS, 2014a, IEA-PVPS, 2014b, IEA-PVPS, 2014c). Um estudo realizado no Brasil demonstrou que a energia solar fotovoltaica está entre as fontes que mais geram empregos por MW instalado (SIMAS, 2014). Adotando uma estratégia acertada, o país poderia desenvolver sua indústria de equipamentos FV, fazendo com que os empregos criados no setor sejam não apenas na área de instalação como também na área de desenvolvimento tecnológico e produção dos equipamentos.

- Menos custo para o governo: Se o governo optar em continuar na contratação emergencial de térmicas fósseis, de acordo com o que vem sendo praticado até o momento, em cinco anos teria que investir mais de R\$ 170 bilhões. Pela proposta de transição aqui apresentada, a partir do sexto ano, os custos de contratação de energia nova seriam baixíssimos, já que os sistemas solares mantêm a mesma capacidade de produção por até 25 anos, sendo necessários apenas os gastos de operação e manutenção. O investimento público inicial maior aconteceria nos três primeiros anos da transição deste programa. **Mesmo imaginando um cenário em que não haveria mais**

⁴² O pico vespertino de demanda energética se dá devido à grande utilização de aparelhos condicionadores de ar no país no período do verão (CAMARGO, 2015).



NO CONTEXTO ATUAL, A GERAÇÃO FV REPRESENTA O MODELO ENERGÉTICO MAIS SIMPLES DE SER IMPLEMENTADO NO ÂMBITO RESIDENCIAL

crise hídrica após cinco anos (e nos 20 anos seguintes), poder-se-ia economizar cerca de R\$ 150 bilhões de recursos públicos, devido à continuidade da geração fotovoltaica por mais 20 anos. (R\$ 15 bilhões para cada 80 TWh reduzidos, conforme o “gasto normal” previamente definido, ou seja, R\$ 7,5 bilhões por ano)

É claro que o investimento apenas em energia fotovoltaica, e apenas na forma distribuída, não é o ideal para o país. O Brasil possui condições favoráveis para adotar também outras fontes renováveis de energia. Mas, no contexto atual, a geração FV representa o modelo energético mais simples de ser implementado no âmbito residencial, propiciando um ambiente de perdas reduzidas e principalmente de maior segurança energética, fruto da desconcentração da produção. A adoção de incentivos à geração fotovoltaica distribuída e outras fontes renováveis diminuiria bastante a exposição das distribuidoras aos preços praticados no mercado de curto prazo, que se baseiam na lei da oferta e demanda.

A incidência de luz solar é constante em todo o ano, de modo que a produção anual de energia FV é praticamente garantida. O Brasil possui a grande vantagem de combinar condições climáticas favoráveis para a produção fotovoltaica (e outras formas de geração), além de poder armazenar energia sob a forma de água, atuando como reserva energética para outras formas de geração e também garantindo a segurança do SIN durante a noite (quando não há produção de energia fotovoltaica) ou quando ocorrerem quedas bruscas de produção FV, como acontece em momentos de sombra repentina, por exemplo.

Os valores de incentivos necessários, calculados neste trabalho, estão representados em valores atuais. Para simular um benefício que fosse distribuído de outra forma, bastaria dividir o montante em parcelas e efetuar os cálculos de atualização temporal do dinheiro para o período de referência.

Também ressalta-se que o fator retorno do investimento é o principal catalisador quando se fala em uma expansão acelerada. No entanto, o setor elétrico possui alguns entraves que devem ser combatidos para que o mercado fotovoltaico se desenvolva mais rapidamente. Entre esses entraves estão a ausência de linhas de financiamento específicas para a custear as instalações, a escassez de mão de obra qualificada, e o processo de qualificação dos investidores. (BSW-Solar, Eclareon GmbH, 2014).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A demanda por energia no Brasil está diretamente relacionada ao crescimento econômico e aumenta de forma gradual. A diversificação da matriz energética com fontes de energia renovável é uma tendência global e o Brasil já tem tomado medidas que proporcionam a

inserção de novas fontes. A energia solar vem ao encontro desse objetivo como fonte de energia abundante, renovável, não poluente, e, sobretudo, disponível em todo o planeta. Duas formas de explorar esse recurso são abordadas: a geração centralizada e por meio da geração centralizada e da geração distribuída.

O uso de leilões de energia é um mecanismo interessante para promover a inserção da energia fotovoltaica no país.

No entanto, **se taxas de juros mais baixas forem disponibilizadas, com valores menores que 6%/ano, a GD tornar-se-á uma boa opção para uma transição da fonte térmica fóssil para a solar e a consolidação da indústria fotovoltaica no país. Com a elevação dos preços da energia em 2015, a opção distribuída torna-se atrativa, já que os valores pagos diretamente pelo consumidor podem ser compensados pela energia própria gerada.**

O sucesso da implantação de um programa de geração distribuída de energia através de fonte solar fotovoltaica depende, sobretudo, da criação de condições mínimas de segurança para os investidores. Um passo para o desenvolvimento dessa tecnologia no Brasil foi a publicação da Resolução Normativa nº482/2012 pela ANEEL. Esse tipo de geração pode aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade ao setor de energia elétrica.

A paridade tarifária da GD também poderá criar um ambiente favorável para o crescimento do número de interessados. As mudanças mais prementes na regulação existente são a abertura de linhas de crédito específicas e vantajosas para o micro e mini gerador e a redução de tributos. Uma medida de incentivo seria ofertar financiamento em condições atraentes para a instalação de mini ou micro geração.

A questão tributária ainda é uma das principais barreiras ao desenvolvimento do segmento de geração distribuída fotovoltaica no país. Uma medida simples para promover a geração distribuída seria reduzir a incidência de tributos sobre a atividade, pois não faz sentido propor incentivos financeiros e em seguida tributar a atividade subsidiada. É necessário assegurar que a energia compensada não seja tributada. A visão da ANEEL é que a tributação deveria incidir apenas na diferença, se positiva, entre os valores finais de consumo e energia excedente injetada (ANEEL, 2014).

Apesar de os primeiros passos terem sido trilhados pela Resolução nº 482/2012, ainda há um conjunto de iniciativas que precisam ser executadas por meio de políticas públicas bem coordenadas para que a geração distribuída ocupe um espaço relevante no Brasil.⁴³

A principal conclusão desse estudo é que, **a partir da análise dos incentivos aplicados à compra de energia emergencial de termelétricas fósseis, é possível desenhar um modelo de transição acelerada para uma matriz elétrica mais limpa e duradoura e de menor custo.**

Apesar de a fonte solar FV ser uma das formas mais limpas de geração de energia, a observação da trajetória do mercado mundial demonstra que apenas o benefício ambiental trazido por ela, não é suficiente para alavancar o seu crescimento. Faz-se necessário portanto, que o governo incentive, pelo menos em um estágio inicial, o seu crescimento.

As usinas termelétricas têm sido utilizadas como a solução segura e rápida para suprir as necessidades de segurança energética nacional. Porém, dada a capacidade do Brasil de armazenar energia sob a forma de água nos reservatórios das hidrelétricas já existentes e despachá-la quando necessário, não há a necessidade de utilizar majoritariamente as termelétricas como solução para a crise energética. Os últimos dois anos e meio têm mostrado a fragilidade do sistema energético brasileiro, pois os gastos extras para o abastecimento nacional são bastante elevados.

A substituição das termelétricas incrementais por uma geração fotovoltaica distribuída se mostra bastante

A QUESTÃO TRIBUTÁRIA AINDA É UMA DAS PRINCIPAIS BARREIRAS AO DESENVOLVIMENTO DO SEGMENTO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NO PAÍS

⁴³ O WWF apresenta algumas das possíveis medidas para incentivar a energia solar fotovoltaica por meio de políticas públicas em “Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas”

viável. De acordo com o modelo apresentado neste estudo, subsidiar esta forma de geração é oito vezes menos custoso. Mesmo em um cenário em que após cinco anos os reservatórios voltassem ao patamar de segurança e não houvesse crise hídrica pelos 20 anos seguintes, o país teria uma economia da ordem de R\$ 150 bilhões.

Esta transição se daria através de um programa incentivado, onde, o valor que atualmente é gasto para a contratação de energia de fonte fóssil, seria reduzido e em paralelo seria investido na instalação de 6 GWp por ano, por um período de cinco anos, quando a energia anual produzida por essas instalações atingiria 40 TWh, exatamente o valor que vem sendo contratado de térmicas emergenciais.

Levando-se em consideração que o país tem uma demanda anual de 600 TWh⁴⁴, alcançar 40TWh com solar fotovoltaica será um incremento excepcional de energia limpa e renovável para o país. Afinal, hoje a energia fotovoltaica produzida anualmente representa uma parcela ínfima dos 600 TWh. Com uma política de incentivos programados para a fonte fotovoltaica, feita com grande parte dos recursos hoje destinados para termelétricas, elevaríamos a participação a expressivos 7%. **Trata-se de uma sugestão de política pública com um investimento incremental em cinco anos, sendo que, a partir do terceiro ano, com a redução gradativa de recursos públicos, a sociedade iria colher os frutos da produção de energia limpa e duradoura a partir do sol e ainda registrar a redução em suas contas de luz.**



44 Conforme "Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013.



© Mauro Marques



© NEOENERGIA

Usina Solar Noronha II (Fernando de Noronha) Pernambuco .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÉRICA DO SOL. **Simulador Solar**. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/simulador/>>. Acesso em: 07 nov 2014.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - Banco de Informações de Geração. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: nov. 2014.

_____. BIG - Banco de Informações de Geração. **Capacidade de Geração do Brasil - USINAS do tipo UFV em Operação**, 2014. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/GeracaoTipoFase.asp?tipo=12&fase=3>>. Acesso em: 01 Nov 2014.

_____. 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. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília, 2012.

_____. *Cadernos Temáticos ANEEL. Micro e Minigeração Distribuída e Sistema de Compensação de Energia Elétrica*. Março, 2014. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf>>. Acesso em agosto de 2014a.

_____. Registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>>. Acesso em: set 2015.

Abreu, Y. V.; Oliveira, M. A. G.; Guerra A, S. M. G. *Energia, Economia, Rotas tecnológicas. Textos selecionados*. Málaga, Espanha: Eumed.Net, Universidad de Málaga, 2010a.

AFONSO, G. S. (2012). *Análise dos Instrumentos Normativos de Suporte à Geração Solar Fotovoltaica Distribuída Conectada à Rede de Distribuição*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM - 489/2012, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 146p.

ANTONELLI, M.; DESIDERI, U. **Do feed-in tariffs drive PV cost or viceversa?** Applied Energy, v. 135, p. 721–729, 2014.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do Cidadão - Correção de valor pela Caderneta de Poupança**. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=3>>. Acesso em: 05 nov 2014.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Condições de Apoio Financeiro ao Segmento de Geração de Energia Solar – Leilão 2014. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atuacao/Infraestrutura/Energia/Leilao_Energia/energia_solar_2014.html>. Acesso em: janeiro de 2015.

BP – British Petroleum. *Statistical Review of World Energy*. (2014). Disponível em: <bp.com/statisticalreview>. Acesso em: janeiro de 2015.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, de 5 de outubro de 1988.

_____. Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: setembro de 2014.

_____. Decreto 6.263, de 21 de novembro de 2007. *Institui o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM, orienta a elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências*. Disponível em <www.planalto.gov.br>. Acesso em: setembro de 2014.

_____. Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007.

Dispõe sobre os incentivos às indústrias de equipamentos para TV Digital e de componentes eletrônicos semicondutores e sobre a proteção à propriedade intelectual das topografias de circuitos integrados, instituindo o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores – PADIS e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Equipamentos para a TV Digital – PATVD; e dá outras providências. Disponível em <www.planalto.gov.br>.

BRASIL. **Convênio ICMS 16, de 22 de Abril de 2015**. Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Publicado no DOU de 27.04.15, pelo Despacho 79/15.

BSW-SOLAR – GERMAN SOLAR INDUSTRY ASSOCIATION; ECLAREON GMBH. **Framework Assessment for the Photovoltaic Business Opportunities in Brazil**. Alemanha. 2014.

CAMARGO, F. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas**. WWF-Brasil, Brasília, 2015.

BP – British Petroleum. *Statistical Review of World Energy*. (2014). Disponível em: <bp.com/statisticalreview>. Acesso em: janeiro de 2015.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, de 5 de outubro de 1988.

_____. Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: setembro de 2014.

_____. Decreto 6.263, de 21 de novembro de 2007. *Institui o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM, orienta a elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências*. Disponível em <www.planalto.gov.br>. Acesso em: setembro de 2014.

_____. Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007.

Dispõe sobre os incentivos às indústrias de equipamentos para TV Digital e de componentes eletrônicos semicondutores e sobre a proteção à propriedade intelectual das topografias de circuitos integrados, instituindo o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores – PADIS e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Equipamentos para a TV Digital – PATVD; e dá outras providências. Disponível em <www.planalto.gov.br>.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. *Preço de liquidação das diferenças*. Disponível em: <http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/inicio?_afLoop=411963281052653#%40%3F_afLoop%3D411963281052653%26_adf.ctrl-state%3Duyselx1q_4>. Acesso em: janeiro de 2015.

Couture, T., Gagnon, Y. (2010). *An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment*. Energy Policy, 38,955-968. Doi 10.1016/j.enpol.2009.10.047.

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Potencial Energético Solar - SunData**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php#sundata>. Acesso em: 27 out 2014.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional**. Rio de Janeiro. 2014b

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira*. EPE, 2012. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: junho de 2014.

EPIA - EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018**. Bélgica. 2014a.

EPIA - EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Storm Warning For The Italian Photovoltaic Sector**. Bélgica. 2014b.

IDEAL - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS DA AMÉRICA LATINA. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica em 2013**. Brasil. 2014.

IEA-PVPS – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME. **National Survey Report of PV Power Applications in Belgium 2012**. Suíça. 2013a.

IEA-PVPS – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME. **National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2013**. Suíça. 2014b.

IEA-PVPS – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME. **National Survey Report of PV Power Applications in the United States 2013**. Suíça. 2014c.

IEA-PVPS – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME. **Anual Report 2014**. Suíça. 2015.

IEA-PVPS- International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme. *Trends in photovoltaic applications: Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2005*. (2006) Report IEA-PVPS T1-20:2006. Disponível em: <www.iea-pvps.org>. Acesso em: setembro de 2014.

_____. *Trends in photovoltaic applications: Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2010*. (2010) Report IEA-PVPS T1-20:2011. Disponível em: <www.iea-pvps.org>. Acesso em: junho de 2014.

_____. *Trends 2013 in Photovoltaic Applications*. (2013) Report IEA-PVPS T1-23:2013. Disponível em: <www.iea-pvps.org>. Acesso em: dezembro 2013.

_____. *Annual report 2013* (2014a). Report IEA-PVPS T1-20:2014. Disponível em: <www.iea-pvps.org>. Acesso em: maio de 2014.

_____. *A Snapshot of Global PV 1992 – 2013*. (2014b) Report IEA-PVPS T1-24:2014. Disponível em: <www.iea-pvps.org>. Acesso em: junho de 2014.

IEA – International Energy Agency. *World Energy Outlook 2010*. (2010). Acesso em: junho de 2014.

_____. *Solar Energy Perspectives*. (2011). Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives2011.pdf>. Acesso em: outubro de 2014.

_____. *World Energy Outlook 2013*. (2013a). Disponível em: <http://www.iea.org/>. Acesso em: junho de 2014.

_____. *Key World Energy Statistics*. (2013b). Disponível em: <http://www.iea.org/>. Acesso em: junho de 2014.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. Programa Brasileiro de Etiquetagem. **Tabela De Eficiência Energética - Sistema De Energia Fotovoltaica - Módulos**, 2014. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf>. Acesso em: 07 out 2014.

ISE - *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. Photovoltaics Report, 2014*. Disponível em: <http://www.ise.fraunhofer.de>. Acesso em: Agosto de 2014.

Jannuzzi, G. de M.; Melo, C. A.(2013). *Grid-connected photovoltaic in Brazil: Policies and potencial impacts for 2030*. Energy for Sustainable Development, 17, 40-46. Doi 10.1016/j.esd.2012.10.010.

MALAGUETA, D.; SZLO, A.; BORBA, B. S. M. C.; SORIA, R.; ARAGÃO, R.; SCHAEFFER, R.; DUTRA, R. (2013). *Assessing incentive policies for integrating centralized solar power generation in the Brazilian electric power system*. Energy Policy, 59, 198-212. Doi 10.1016/j.enpol.2013.03.029. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513001833 >. Acesso em: dezembro de 2013.

MIAN, H. M. (2015). *Análise regulatória da participação da energia solar fotovoltaica e estudo do melhor mecanismo de suporte para inseri-la na matriz elétrica brasileira*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 111p. Disponível em https://goo.gl/hNVQdA

Mitscher, M.; Ruther, R. (2012). *Economic performance and policies for grid-connected residential solar photovoltaic systems in Brazil*. Energy Policy, 49, 688-694. Doi 10.1016/j.enpol.2012.07.009.

MME - Ministério de Minas e Energia. *Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída em Sistemas Fotovoltaicos – GT – GDSF*. Brasília: MME, 2009. Disponível em <www.mme.gov.br>. Acesso em: julho de 2014.

_____. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2014 - 2023*. Brasília, MME/EPE, 2014. Disponível em <www.mme.gov.br>. Acesso em: julho de 2014.

_____. *Balanço Energético Nacional 2013: Ano Base: 2012*. Rio de Janeiro, MME/EPE, 2013a. Disponível em <www.mme.gov.br>. Acesso em: julho de 2014.

_____. *Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013 – Relatório Síntese*. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2014a. Disponível em <www.mme.gov.br>. Acesso em: agosto de 2015.

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. *Publicações*. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa>. Acesso em: agosto de 2014.

MOTA, V. A. S. **A Energia Solar Fotovoltaica Distribuída Como Alternativa Para a Crise Energética Nacional: Modelo de Expansão Acelerada Através de Subsídios Economicamente Justificados**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175p, 2015. Disponível em <https://goo.gl/yWJjIL>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Hidden Costs of Energy:** Unpriced Consequences of Energy Production and Use. Estados Unidos: National Academies, 2010.

ONS – **OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO.** Histórico da Operação: Geração de Energia, 2014. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 28 nov 2014 e 11 ago 2015.

PEREIRA, M. V. **SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO - Situação atual e o que vem por aí.** HSBC. 2014.

QUASCHNING, V.; *Renewable Energy and Climate Change.* John Wiley & Sons, 2011.

REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Renewables interactive map.* Disponível em : < <http://map.ren21.net/#fr-FR/search/by-technology/4,15,14,29> > Acesso em: julho de 2013.

_____. *Global Status Report 2013.* (2013) Disponível em : < <http://www.ren21.net/ren21activities/globalstatusreport.aspx> > Acesso em: julho de 2014.

_____. *Global Status Report 2014.* (2014) Disponível em : < <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx> > Acesso em: julho de 2014.

SIMAS, M. S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada.** 2012. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Apud ABINEE. **Propostas para a Inserção da Fonte Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira,** junho de 2012.

SOLARGIS - USA. **Maps of Global horizontal irradiation (GHI) – World Map.** Disponível em: < <http://solargis.info/doc/free-solar-radiation-maps-GHI>>. Acesso em: 23 fev 2015.

WOYTE, A. et al. Monitoring of Photovoltaic Systems: Good Practices and Systematic Analysis. **Proc. 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference,** p. 3686-3694, 2013.



© SolarEnergy

Instalação em Curitiba/PR



© SolarEnergy

Instalação em Campo Grande/MS

LISTA DE ESTADOS MENCIONADOS

BA	Bahia
CE	Ceará
DF	Distrito Federal
ES	Espírito Santo
GO	Goiás
MG	Minas Gerais
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
PR	Paraná
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SP	São Paulo
TO	Tocantins



© Tractebel Energia

Usina Fotovoltaica Cidade Azul, da Tractebel Energia, composta por 19424 módulos fotovoltaicos, tem capacidade instalada de 3MWp. Tubarão/ SC

Mecanismos de suporte para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira: modelos e sugestão para uma transição acelerada

100%
RECICLADO



6% DE JUROS AO ANO

viabilizam a geração distribuída fotovoltaica no Brasil.

8 VEZES

é o que ficará mais barata a fonte solar em comparação com a térmica fóssil emergencial

7%

pode ser a participação de energia solar fotovoltaica até 2020 (hoje é de 0,014%)

R\$ 150 BILHÕES

pode ser a economia em 20 anos após a substituição de térmicas emergenciais por energia fotovoltaica

40 TWh/ANO

é quanto será possível gerar energia solar em 5 anos com um programa de transição acelerada



Por que estamos aqui?

Para frear a degradação do meio ambiente e para construir um futuro no qual os seres humanos vivam em harmonia com a natureza.

wwf.org.br

© 1986 - Panda Symbol WWF – World Wide Fund For Nature (also known as World Wildlife Fund)

® "WWF" is a WWF Registered Trademark

BR

WWF.ORG.BR