



CADERNO OPINIÃO

# ENSAIO SOBRE EXPANSÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA

---

autores: Bruno Moreno e Mariana Weiss  
**agosto.2016**



---

## SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

### DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

### COORDENAÇÃO DE RELAÇÃO INSTITUCIONAL

Luiz Roberto Bezerra

### COORDENAÇÃO OPERACIONAL

Simone C. Lecques de Magalhães

### COORDENAÇÃO DE PESQUISA, ENSINO E P&D

Felipe Gonçalves

### PESQUISADORES

Bruno Moreno Rodrigo de Freitas  
Larissa de Oliveira Resende  
Mariana Weiss de Abreu  
Renata Hamilton de Ruiz  
Tatiana de Fátima Bruce da Silva  
Vinícius Neves Motta

### CONSULTORES ASSOCIADOS

Ieda Gomes - Gás  
Nelson Narciso - Petróleo e Gás  
Paulo César Fernandes da Cunha - Setor Elétrico

### ESTAGIÁRIAS

Júlia Febraro F. G. da Silva  
Raquel Dias de Oliveira





## OPINIÃO

# ENSAIO SOBRE EXPANSÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA

**Bruno Moreno**  
Pesquisador

**Mariana Weiss**  
Pesquisadora

A expansão de um sistema elétrico tradicional passa por decisões e compromissos entre o uso imediato ou futuro dos recursos de capital disponíveis. O objetivo básico do planejamento da expansão, em linhas gerais, é determinar uma estratégia de implementação de projetos que atendam a previsão de consumo de energia elétrica, de tal

forma que minimize a soma dos custos de investimento e dos valores esperados dos custos da operação, atendendo ainda a restrições de confiabilidade no suprimento de mercado consumidor. Tal papel é exercido ativamente pelo planejador energético de cada país.

Por outro lado, com o surgimento da geração distribuída em sistemas cada vez menores, a expansão da geração passou a ocorrer também de forma diversa do que ocorria tradicionalmente. Dadas as devidas políticas de incentivo, o consumidor de energia assumiu o papel também de agente de expansão da geração no sistema, quando, com a observação de viabilidade econômica positiva, toma a decisão de instalar uma pequena planta de geração para o autoconsumo e/ou injeção na rede. Este agente, agora, não é somente um consumidor que recebe passivamente a sua energia e paga a conta de luz. A figura do “prosumidor” surge, um neologismo oportuno, que vem da agregação de dois diferentes agentes em um sistema elétrico, o produtor e o consumidor.

No Brasil, a expansão do sistema, até o presente, vinha ocorrendo da forma tradicional, a partir do planejamento

da expansão desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL homologou a Resolução Normativa 482 (REN 482), responsável pela criação do Sistema de Compensação de Energia e pela figura do micro/minigerador de energia elétrica. De maneira resumida, a REN 482 permitiu que os consumidores pudessem gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis, injetar o excedente na rede da distribuidora local e abater do consumo de energia da conta luz com possibilidade de acúmulo de créditos de energia para uso em meses posteriores. Tal resolução foi um marco regulatório para o Setor Elétrico Brasileiro – SEB, pois, finalmente, a geração distribuída de pequena escala ganhou destaque e já apresenta viabilidade econômica em determinados casos.

Outra novidade recente no SEB é a inserção de uma nova tecnologia de geração, a fotovoltaica. O planejamento da expansão do sistema centralizado vem sendo realizada considerando tal fonte de geração, sendo que já ocorreu a contratação da fonte em três leilões distintos. Para este ano, ainda há outro leilão, no qual já foram inscritos mais de 400 projetos da fonte fotovoltaica e ocorrerá em dezembro.

Para inserção de uma nova tecnologia de geração de energia em um mercado, a princípio, é interessante aumentar a capacidade de produção nacional dos componentes, muito pela tentativa de redução do CAPEX da planta, bem como pelo desenvolvimento industrial do país e os benefícios econômicos subsequentes. Todavia, o primeiro passo para isso ocorrer é a criação de uma demanda regular dos componentes e equipamentos necessários para a construção da planta de geração, para que possam surgir fabricantes no país e assim aumentar o percentual de nacionalização dos projetos.

Se tratando de energia centralizada, a tecnologia fotovoltaica se mostra menos competitiva frente a outras fontes, muito por ainda apresentar altos custos e por ter um fator de capacidade inferior ao de outras fontes. Já, para a geração distribuída, a tecnologia fotovoltaica apresenta um maior potencial dentre as fontes alternativas, principalmente devido a sua modularidade e a sua consequente flexibilidade em termos de implantação.

Porém, o alcance da viabilidade econômica da geração distribuída fotovoltaica vai depender do aumento da demanda por módulos e inversores em escala suficiente para baratear a produção destes equipamentos. A expansão centralizada da geração fotovoltaica pode contribuir com essa redução.

O Ministério de Minas e Energia – MME vem se posicionando a favor de uma contratação regular da tecnologia fotovoltaica nos leilões de energia do Ambiente de Contratação Regulado – ACR. Com isso, a demanda por módulos e inversores crescerá e colaborará para a redução do custo da geração fotovoltaica no mercado nacional. Isso é interessante para a geração distribuída, representada pela micro/minigeração, que já apresenta viabilidade econômica para alguns arranjos. Quanto menor o custo da tecnologia, mais vantajoso será instalar um sistema de micro/minigeração e a geração distribuída irá se expandir cada vez mais.

Alguns parâmetros são importantes na análise de viabilidade econômica de projetos fotovoltaicos para a micro/minigeração. Um dos mais óbvios é em relação ao potencial do recurso energético representado pela irradiação solar. Para locais com maior irradiação, o custo de geração, dado em R\$/MWh, é menor, pois, um sistema de mesma dimensão gera mais energia em um local com maior irradiação do que em outro com menor.

Outro parâmetro importante é relação entre o custo da geração solar fotovoltaica e a tarifa de energia elétrica praticadas pelas distribuidoras. Esta relação representa o benefício ou o prejuízo da geração distribuída frente à geração centralizada. Logo, quanto mais alta for a tarifa de energia elétrica praticada e quanto mais baixo for o custo da geração fotovoltaica, maior será o potencial de viabilidade de um projeto.

Ainda há outra questão relacionada às tarifas e que é um fator primordial para a viabilidade de projetos de mini/microgeração, a estrutura tarifária. No Brasil, as tarifas de baixa tensão, ou do tipo B (menor que 2,3 kV), e as de alta tensão (maior que 2,3 kV), ou do tipo A, são diferenciadas. Para o tipo A, as tarifas são binômias, ou seja, são divididas em demanda e consumo, e podem apresentar diferenças horárias, sendo que o custo do posto do Horário de Ponta

– HP é mais alto que no Horário Fora Ponta – HFP. Já a tarifa de baixa tensão -é monômnia e o consumidor só paga o consumo. Recentemente, foi lançado um decreto que permite que as distribuidoras venham a ter tarifas binômias no Grupo B. Na baixa tensão, ainda há a tarifa branca, que também apresenta postos tarifários, porém esta é opcional pelo consumidor e ainda não está sendo praticada amplamente.

Para tarifas que apresentam postos tarifários, a viabilidade econômica do projeto dependerá dos horários do em que houver injeção ou consumo de energia na rede. Se a injeção ocorrer durante o posto tarifário de maior tarifa, essa energia será mais valorizada e, se a maior parte do consumo ocorrer durante o posto tarifário de menor tarifa, a viabilidade do projeto será a mais alta possível. No entanto, se o contrário ocorrer, onde a injeção na rede ocorrer durante o horário de menor tarifa e boa parte do consumo da unidade for no horário de maior tarifa, a viabilidade do projeto é reduzida.

No caso fotovoltaico, por razões óbvias, a geração de energia ocorre durante o período de insolação, ocorrendo o seu pico próximo ao meio dia. Ou seja, a geração de energia fotovoltaica ocorre durante o momento em que o sistema apresenta a energia mais barata, durante o HFP e, por isso, essa energia não é tão valorizada. Dessa forma, para consumidores que são atendidos por tarifas com inserção de postos tarifários, a tecnologia fotovoltaica reduz a competitividade comparada com outras fontes que podem gerar no momento que ocorre o posto HP, ou seja, o que apresenta maior tarifa.

Como tarifas de energia elétrica mais altas colaboram por tornar mais atrativos financeiramente projetos de geração distribuída fotovoltaica, a viabilidade do projeto também aumentará quanto maior for a taxa de crescimento tarifas de energia elétrica em relação à taxa média de inflação prevista para o período de análise. As tarifas de energia elétrica entre 2003 e 2014 cresceram a uma taxa média de 4,5% a.a., enquanto a taxa média de inflação (IPCA) registrada para o mesmo período foi de 5,6% a.a.. Contudo, devido às expectativas de aumento da participação de fontes variáveis renováveis na matriz elétrica nacional nos próximos anos, exigindo consequentemente também uma maior participação de termelétricas, segundo o PDE 2024, é possível haver uma

maior tendência de crescimento da tarifa de energia elétrica nos próximos anos. Porém, como o BACEN estima uma taxa média de inflação (IPCA) de 5,3% a.a. para o período 2016-2020, projetos que assumam uma taxa de crescimento da tarifa de energia muito superior a este valor poderão ser considerados otimistas, colaborando para o aumento da viabilidade do projeto de maneira irrealista.

O custo de geração fotovoltaica está atrelado ao custo de investimento inicial, bem como aos custos de instalação, operação e manutenção. Assim como outros empreendimentos, os sistemas fotovoltaicos apresentam ganhos de escala, fazendo com que o preço do watt-pico instalado caia à medida que aumenta a capacidade instalada do sistema. Adicionalmente, no investimento inicial, não podem ser desconsiderados os custos de projeto, montagem e instalação que representam de 35% a 45% do custo do investimento inicial. Já, as despesas anuais com Operação e Manutenção são estimadas em aproximadamente 1% do investimento inicial, segundo a EPE.

Além de depender da escala e da tecnologia escolhida, o preço dos módulos e dos inversores no mercado nacional está relacionado também com a carga tributária e com a taxa de câmbio, uma vez que diversos elementos do sistema solar são importados. Atualmente, o Imposto de Importação (II) ainda incide sobre os módulos fotovoltaicos (12%) e sobre inversores (14%) importados e o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre inversores (cerca de 12% - embora a alíquota varie por estado), colaborando para um custo de investimento inicial mais alto (ABINEE, 2012). Os painéis fotovoltaicos e outros componentes dessa modalidade de energia renovável são isentos da cobrança de ICMS e há um projeto de lei que visa isentar os equipamentos fabricados no país do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), do PIS/PASEP e da COFINS . Quanto a relação entre custo de investimento e taxa de câmbio, uma vez que diversos componentes do sistema fotovoltaico ainda são importados, quanto mais desvalorizado o real esteja em relação ao dólar, maior o custo de investimento e pior a viabilidade do projeto.

Por fim, como em qualquer outro empreendimento, a taxa de desconto e a taxa de financiamento são variáveis importantes na análise da viabilidade econômica da



micro e minigeração distribuída que quando muito altas podem simplesmente impossibilitar a concretização do projeto. Com relação à taxa de desconto, o custo de oportunidade representa a taxa de rendimento do investimento que o consumidor está disposto a abrir mão ao investir em sistemas de geração distribuída, como a taxa de rendimento da poupança, CDB, fundos de investimento, ouro, dólar comercial e Ibovespa. Logo, quanto mais alto custo de oportunidade, maior será a dificuldade de viabilizar o projeto financeiramente.

Atualmente, para pessoas físicas, há a possibilidade de financiamento para instalação de sistemas fotovoltaicos através do Construcard da Caixa Econômica Federal com taxas que variam de 1,45% a.m. a 1,85% a.m. com prazo de financiamento de até 240 meses dependendo do valor a ser financiado e do perfil do cliente. Além disso, os consumidores residenciais podem recorrer a bancos privados que contam com análises rápidas e taxas próximas às praticadas no mercado para financiamento de veículos novos (no Itaú, por exemplo, as taxas vão de 1,40% a 2,90% com prazo de 2 a 60 meses).

Para pessoa jurídica, há possibilidades de financiamento mais atrativas, como no BNB (para consumidores residentes da região nordeste ou do norte de Minas Gerais ou do Norte do Espírito Santo) e no BNDES. No BNB, existe o FNE Sol para pessoas jurídicas, que oferece financiamento com taxas de 0,62% a.m. a

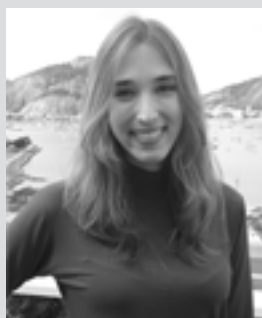
1,02% a.m. e prazo de até 12 anos, com até um ano de carência; financiamento de até 100% do investimento; e bônus de adimplência de 6,5 a 11%. O BNDES, por sua vez, apresenta o FINEM que é compatível com o financiamento de plantas de minigeração fotovoltaica de valor superior a 20 milhões (financiando até 70% deste valor) com prazo de 20 anos a taxas de juros a partir de 0,8% a.m. para estados e municípios e a partir de 1,04% a.m. para os demais clientes. Desta forma, embora o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) tenha dentre seus objetivos o desenvolvimento de meios de financiamento de equipamentos para geração distribuída, as taxas de financiamento para projetos de microgeração para pessoa física ainda são muito altas, dificultando a viabilização de projetos.

A tecnologia fotovoltaica está sendo inserida no Brasil aos poucos. A demanda regular por componentes da tecnologia está sendo realizada através dos leilões de energia do ACR. Porém, o grande potencial da fonte solar fotovoltaica é a geração distribuída, devido às suas características intrínsecas. A análise de viabilidade econômica depende de diversos fatores e, atualmente, o maior retorno é esperado para projetos voltados para a baixa tensão. Porém, com o desenvolvimento do mercado, espera-se que os custos da tecnologia em território nacional sejam reduzidos, de maneira que mais projetos sejam viabilizados e que a contribuição da geração distribuída para o sistema através da geração fotovoltaica seja cada vez maior.

<sup>1</sup> Foi desconsiderado o ano de 2015, dado que com a crise hídrica houve um aumento da tarifa média de energia elétrica de 46% em relação ao ano de 2014.

<sup>2</sup> Convênio ICMS N° 101 DE 12/12/1997 Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=14712>

<sup>3</sup> Projeto de Lei do Senado n° 167 de 2013 aprovado pela Comissão de Serviços de Infraestrutura do Senado em maio de 2015 hoje se encontra aguardando designação do Relator. Disponível em: <http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/05/13/ci-aprova-isencao-de-impostos-para-paineis-de-energia-solar> ; <http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/112612>



**Mariana Weiss.** Pesquisadora. Doutoranda do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Planejamento Energético também pela COPPE/UFRJ e graduada em Economia pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Possui experiência com estudos sobre padrões de consumo de energia familiar e com análises utilizando matrizes insumo-produto.



**Bruno Moreno.** Pesquisador, Mestrando em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ, possui graduação em Engenharia Ambiental pela UFF.







---

[fgv.br/energia](http://fgv.br/energia)

