

# A PARIDADE TARIFÁRIA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA A PRÓXIMA DÉCADA NO BRASIL E A IMPORTÂNCIA DE UM MECANISMO DE INCENTIVO

Isabel T. Salamoni<sup>1</sup> – [isalamoni@gmail.com](mailto:isalamoni@gmail.com)  
Alexandre de A. Montenegro<sup>2</sup> – [alex.ises.br@gmail.com](mailto:alex.ises.br@gmail.com)  
Ricardo Rütther<sup>1,2</sup> – [ruther@mbox1.ufsc.br](mailto:ruther@mbox1.ufsc.br)

1 - Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil  
2 - Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica

**Resumo.** De acordo com as dificuldades previstas com relação ao futuro abastecimento energético do Brasil nos próximos anos, principalmente devido ao acelerado acréscimo na demanda e ao quadro de oferta futura de energia elétrica, surge a necessidade da busca por novas fontes de energia a fim de diversificar a matriz energética. A energia solar fotovoltaica (FV) como fonte complementar, estaria auxiliando no abastecimento desse mercado, de uma forma sustentável. Embora o país disponha de grande potencial para a aplicação dessa fonte renovável (FR), e seja particularmente privilegiado por ter elevados níveis de radiação, o papel da energia FV no mercado brasileiro, ainda é bastante pequeno e a legislação atualmente em vigor, que rege a produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, não prevê incentivos para os sistemas FV interligados à rede elétrica. Os altos custos envolvidos na sua implantação e o paradigma de que essa FR é cara e é viável apenas para a aplicação nos países desenvolvidos, são fatores fundamentais para justificar a não exploração dessa fonte. O objetivo deste artigo é demonstrar, através de uma análise de paridade tarifária entre a energia FV e a energia convencional, que na próxima década o preço da energia FV será competitivo com o da energia convencional, independente de o país ter ou não um mecanismo de incentivo. Apesar disso, o trabalho ressalta a importância da criação desse mecanismo, para que a experiência necessária para dominar o mercado em grande escala possa ocorrer de forma ordenada e com o máximo benefício, no momento em que a paridade tarifária for atingida. Baseado nas experiências do governo alemão, o presente trabalho sugere a elaboração de um programa de incentivo semelhante ao alemão com adaptações que reflitam a realidade sócio-econômica brasileira, levando à produção em escala, reduzindo custos e viabilizando a inserção de sistemas FV conectados à rede no Brasil.

**Palavras-chave:** Energia Solar Fotovoltaica, Paridade Tarifária, Mecanismo de Incentivo.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado de energia elétrica vem refletindo o bom momento da economia brasileira, aquecida pelo avanço da produção industrial e pelo aumento dos investimentos. Estes elementos têm possibilitado uma ampliação da renda média da população ocupada e também uma diminuição na taxa de desocupação que, juntamente com a valorização da moeda nacional (real) em relação ao dólar, vêm estimulando as vendas de equipamentos eletroeletrônicos e eletrodomésticos, impulsionando, dessa forma, o consumo de energia elétrica em todo o país.

Ao longo de 2007 houve um aumento no consumo final de energia elétrica de 5,8%, quando comparado com o ano de 2006 (BEN 2008 – Resultados Preliminares). Segundo dados do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), o consumo de energia elétrica em 2030 poderá se situar entre 950 e 1.250 TWh/ano, o que exigirá um aumento expressivo na oferta de energia elétrica no Brasil. Mesmo que seja dada prioridade ao uso do potencial hidroelétrico, ainda assim a instalação de 120 mil MW, elevando para 80% o uso desse potencial, poderia não ser suficiente para atender à demanda por energia nesse horizonte. Ainda devem ser levadas em consideração as questões (e custos) sociais e ambientais no que tange à construção de novas usinas hidroelétricas, o que gera dificuldades na exploração de todo o potencial nacional existente. Esse quadro sinaliza uma perspectiva de esgotamento do potencial hidroelétrico nacional em aproximadamente 20 anos.

Apesar do baixo consumo per capita, uma pesquisa recente indica que se o atual nível de consumo das classes alta e média-alta brasileiras fosse adotado por toda a população mundial, seriam necessários três planetas terra para suprir tal demanda, e esse será o padrão que os que ingressarem nos próximos anos nessas classes estarão propensos a reproduzir (WWF-Brasil; Ibope, 2008).

Baseado nos dados do Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015 (MME, 2006), o país vai chegar em 2011 com uma diferença a menos de 13,5 mil MW entre o crescimento da oferta e o crescimento da demanda. Tal cenário indica dificuldades crescentes de garantia de abastecimento do mercado de energia elétrica para os próximos anos. As chuvas que encheram todos os grandes reservatórios, a ponto de ter que verter água em suas barragens, garantem o suprimento do país até 2008.

Estudo divulgado pelo Instituto Acende Brasil, entidade criada em 2006 pela Câmara Brasileira dos Investidores em Energia Elétrica, mostra que em 2009 o risco de racionamento no Sudeste, principal região consumidora do país,

subirá para 5%, limite máximo aceitável pela ANEEL e pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). Para o Brasil, em 2010, este indicador aumentará para 8%, e chegará a 14% em 2011, quase o triplo do risco máximo recomendado.

Dessa forma, o quadro de oferta futura de energia elétrica, aliado às projeções de crescimento da demanda, aponta a fragilidade de garantia da oferta de energia no Brasil para os próximos anos. A infra-estrutura das linhas de transmissão e distribuição, bem como as perdas energéticas associadas e as restrições ambientais para a construção de novas usinas hidroelétricas também devem ser levadas em consideração, quando se avalia a viabilidade desta fonte renovável de energia de forma conectada à rede. Para agravar a situação, além da baixa agregação de usinas hídricas, o parque térmico a gás natural está pouco operante por falta do combustível. Baseado neste contexto, a busca por uma maior diversificação da matriz energética nacional, principalmente através da geração distribuída com base em fontes renováveis de energia (FRE), seria uma das alternativas face às dificuldades futuras no suprimento energético do país, a fim de proporcionar uma maior segurança no abastecimento de energia, de forma ambientalmente sustentável.

O Brasil possui uma estrutura energética privilegiada se comparada à de outros países. O seu potencial hidroelétrico e as possibilidades para o uso da biomassa, da energia eólica e da energia solar é bastante grande. No entanto, pouco tem sido feito para incentivar ou para promover o desenvolvimento, de forma contínua e eficaz, das mesmas. Atualmente, somente a hidroeletricidade e a biomassa estão contribuindo significativamente para o suprimento energético do país (Krauter; Kissel, 2005). Os altos custos, quando comparados com a geração convencional, principalmente dos sistemas FV, aliado ao desconhecimento das suas vantagens e seus potenciais, são fatores que justificam a não exploração dessas FRE num país tropical e com altos níveis de radiação solar. Com base neste contexto, torna-se fundamental a adequação da legislação existente e principalmente, o desenvolvimento de um mecanismo de incentivo eficaz, que incentive e contemple não apenas a tecnologia FV, mas todas as outras formas FRE no Brasil.

Dada sua localização geográfica, o Brasil é particularmente privilegiado por ter níveis de radiação solar superiores aos das nações desenvolvidas e, portanto, dispõe de grande potencial para o aproveitamento da energia solar. Além de o país possuir um grande potencial de geração de energia elétrica através da conversão solar FV, há regiões onde esta tecnologia é a solução mais adequada, técnica e economicamente, devido ao baixo consumo energético das unidades consumidoras, às dificuldades de acesso a redes de distribuição e a restrições ambientais. O país possui ótimos níveis de radiação solar, principalmente na região Nordeste, especificamente no semi-árido. Esse fator coloca o Nordeste em posição de destaque em relação a regiões do mundo com maior potencial de energia solar.

A energia solar se revela uma fonte promissora, tanto para as áreas distantes e ainda não eletrificadas, como também para os grandes centros urbanos, onde demandas de ar-condicionado elevam as curvas de carga, apresentando excelente sincronicidade com a geração solar. O aumento da utilização dessa fonte poderia favorecer o estabelecimento da geração distribuída num país de dimensões continentais, permitindo uma maior diversificação da matriz energética e auxiliando no suprimento dessa crescente demanda, de forma sustentável. Sem contar com o desenvolvimento econômico e social do país.

Os sistemas FV integrados à edificação urbana e interligados à rede elétrica são considerados atrativos principalmente em grandes centros urbanos. Além desses sistemas não necessitarem de uma área física específica para a sua aplicação, podem utilizar as mesmas linhas de transmissão da geração convencional, gerando energia no próprio ponto de consumo. Quando localizados estrategicamente no sistema de distribuição, podem contribuir significativamente para a redução da curva de carga (JARDIM, et al., 2007).

### **1.1. Legislação atualmente em vigor para dar suporte à conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica pública no Brasil**

Hoje em dia, os sistemas fotovoltaicos contam com alguns benefícios e vantagens legais quanto à conexão com a rede elétrica nacional. De acordo com a Lei nº 9.074/95 e com a Resolução ANEEL nº 112/99, se aplicam por analogia a autorização não onerosa, para potência acima de 5.000 kW e conforme a Lei nº 9.991/00, alterada pela Lei nº 10.438/2002 ainda conta com o benefício de isenção da aplicação anual de no mínimo 1% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento. Quando a potência instalada for maior do que 30.000 kW, se beneficia da redução das tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição, não inferior a 50%, além de poder comercializar energia elétrica diretamente com o consumidor, cuja carga seja maior ou igual a 500 kW, ou seja, com os consumidores especiais ou livres. Neste caso, a comercialização de energia é realizada no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

No ACL há a livre negociação entre os Agentes Geradores, Comercializadores, Consumidores Livres, Importadores e Exportadores de energia, sendo que os acordos de compra e venda de energia são pactuados por meio de contratos bilaterais. Nesse ambiente há liberdade para se estabelecer volumes de compra e venda de energia e seus respectivos preços, sendo as transações pactuadas através de contratos bilaterais.

O Processo de Comercialização de Energia Elétrica ocorre de acordo com parâmetros estabelecidos pela Lei nº 10848/2004, pelos Decretos nº 5163/2004 e nº 5.177/2004 (o qual instituiu a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE), e pela Resolução Normativa ANEEL nº 109/2004, que instituiu a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica.

Atualmente, estão registrados 694 consumidores livres/especiais na CCEE, representando 1041 cargas (ABRACE, 2008). Nesse ambiente, o consumidor migra por questões ambientais, associadas à imagem da sua empresa, questões éticas e/ou, e talvez principalmente, quando vê vantagem nos preços.

De acordo com o Decreto nº 5.163/2004, como fonte alternativa, pode comercializar no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), através de leilões específicos de compra de energia proveniente de fontes alternativas, com contratação de 10 até 30 anos e possibilidade de repasse integral de preços às tarifas. Como geração distribuída, ainda conforme o mesmo decreto pode comercializar direto com distribuidoras, por meio de leilões anuais de ajuste destas, com contratação por até dois anos e possibilidade de repasse integral de preços às tarifas, limitados ao valor do último leilão de energia (VR). No caso da tecnologia solar fotovoltaica, não faz sentido que a energia seja comercializada nesse ambiente, pois seu elevado custo não a torna competitiva com o restante das tecnologias.

A contratação no ACR é formalizada através de contratos bilaterais regulados, denominados Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrados entre Agentes Vendedores (comercializadores, geradores, produtores independentes ou autoprodutores) e Compradores (distribuidores) que participam dos leilões de compra e venda de energia elétrica.

A energia elétrica gerada por sistemas fotovoltaicos apenas poderá ser comercializada neste ambiente, como forma de geração distribuída, desde que a contratação seja precedida de chamada pública realizada pelo próprio Agente de Distribuição e com montante limitado a 10% do mercado distribuidor.

Portanto, no contexto atual, é possível instalar e operar de forma simplificada sistemas fotovoltaicos de até 5.000 kWp (resolução normativa da ANEEL 112/1999) e a energia gerada por estas instalações pode ser comercializada no assim chamado ACL.

O grande desafio, baseado no contexto legislativo atual, passa então a ser a identificação de consumidores especiais ou consumidores livres que estejam dispostos a pagar um preço diferenciado por uma energia (solar) diferenciada, cujo custo ainda é superior ao das outras fontes convencionais de geração.

Embora no Brasil, já seja possível no sentido legal, instalar sistemas fotovoltaicos e comercializar a energia produzida como acima mencionado, os ainda altos custos não tornam esse mercado atrativo aos investidores. A vantagem que os consumidores livres e/ou especiais teriam seria o benefício agregado à imagem e a questões associadas à consciência ecológica.

A partir do momento em que houver preços mais competitivos com a geração convencional ou um programa de incentivo baseado na obrigatoriedade de compra pela concessionária, de toda a energia FV gerada, será possível atrair mais investidores e assim, fazer com que uma maior produção em escala aconteça.

## 1.2. O Paradigma de uma energia viável apenas para países em desenvolvimento

O custo da energia elétrica produzida por sistemas fotovoltaicos é atualmente alto em relação à energia gerada a partir de fontes convencionais (hídricas, térmicas, nucleares, etc.), o que representa uma forte barreira à sua disseminação. Dessa forma, em países em desenvolvimento, essa tecnologia é vista apenas como uma alternativa para o suprimento energético em áreas isoladas, tendo em vista que, a exemplo do Brasil, 20 milhões de pessoas não têm acesso à energia elétrica (IBGE, 2007). Uma forte contra-argumentação para esses altos custos é a constatação da evolução da curva de aprendizagem da tecnologia FV, em que os custos de produção dessa tecnologia vêm mostrando um decréscimo significativo desde o início de sua utilização para aplicações terrestres, em 1970 (Poponi, 2003) (Keshner; Arya, 2004) (Hoffmann, 2006).

Segundo dados da European Photovoltaic Industry Association (EPIA, 2008), apresentados na tabela 2, a tecnologia fotovoltaica, embora seja uma das mais caras nos dias de hoje, é a que apresenta uma maior estimativa de redução de custos ao longo dos anos. De acordo com estimativas de crescimento das tarifas de energia convencional e com as previsões de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos, ambas as curvas se cruzarão na próxima década e a geração fotovoltaica será então competitiva com a geração convencional.

Tabela 2: Custos da geração elétrica para diferentes fontes de energia e as perspectivas de redução de custos ao longo dos anos.

Custo da geração elétrica (€/kWh)	Hoje 2005	Amanhã 2030	Depois de amanhã
Combustíveis Fósseis (carvão, gás)	4-4.5	6-7	6.5-9
Nuclear	4-6	3.5-7	3.6-6
Eólica	9-7.5	6-5	3-4
Solar Térmica	17	6	3
Solar Fotovoltaica	20-40	5-10	3-6

Fonte: EPIA, 2007.

Tradicionalmente, as tarifas de energia elétrica no Brasil ficavam bem abaixo das vigentes nos países ricos, que são fortemente dependentes das fontes fóssil e nuclear. Nos últimos dez anos, ocorreu uma inversão, quando foi iniciado o processo de privatização do setor elétrico. Desde então, as tarifas de energia vêm sofrendo sucessivos aumentos. No primeiro ano de privatização do setor elétrico, em 1996, esse reajuste foi de 40% (ELETROBRAS, 2007). Os tributos e encargos no Brasil representam aproximadamente 37% da fatura de energia. Esses dados, quando contrastados com a composição de alguns países desenvolvidos como Reino Unido e Portugal têm impacto significativo (ANEEL, 2008). Os encargos nesses países variam entre seis e cinco por cento. O mesmo não acontece com relação a Alemanha, que assim como o Brasil destina aproximadamente 40% da sua composição tarifária aos impostos e encargos (ABRADEE, 2007).

Hoje em dia, as tarifas de energia elétrica no Brasil estão entre as mais elevadas do mundo, chegando a aproximadamente 65% acima dos preços pagos pelos consumidores Norte Americanos (IEA, 2007). A tarifa de energia do consumidor brasileiro está acima também da maioria dos países Europeus, conforme dados fornecido pelo Gabinete de Estatísticas da União Européia (Eurostat, 2007), com exceção das tarifas praticadas na Alemanha, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Noruega e Portugal. A Itália apresenta a tarifa de energia, para o setor residencial, mais cara da Europa.

Mesmo com elevadas tarifas de energia elétrica convencional, no Brasil, atualmente, o preço da energia gerada através de sistemas fotovoltaicos apenas permite competir com a geração convencional em determinadas áreas com picos de demanda diurnos e em alguns casos de suprimento em áreas remotas, mas ainda não permite uma competição com os custos da eletricidade convencional na maioria dos setores. O objetivo do mercado solar fotovoltaico deve ser o de atingir a paridade tarifária, reduzindo os preços da energia gerada através de sistemas fotovoltaicos de forma a fazer com que esta se torne competitiva com a energia convencional, para possibilitar então sua difusão em grande escala.

## 2. ANÁLISE DE PARIDADE TARIFÁRIA PARA A TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Foi desenvolvido um estudo de paridade tarifária entre a energia gerada através de sistemas fotovoltaicos (energia FV) e a energia gerada por fontes convencionais no Brasil. A análise é baseada em diferentes cenários, onde é possível identificar o momento em que o custo da energia gerada pela tecnologia solar fotovoltaica será o mesmo da energia gerada por fontes convencionais, para todo o território nacional.

Nesta primeira etapa de estudo, foi analisada a paridade apenas com relação às tarifas de energia convencional, para o setor residencial. Essas tarifas referem-se às vigentes em cada estado no ano em questão, bem como nos níveis de radiação solar correspondentes a cada região.

Sobre o mapa do Brasil foram traçadas linhas de radiação solar (Figura 1), baseadas no Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira *et al*, 2006), mostrado na Figura 2. Em seguida, foram identificadas as tarifas de energia elétrica para a classe residencial nas diferentes regiões do país, conforme dados disponíveis no site da ANEEL (2008).

Os valores referentes à radiação solar no Brasil foram colocados à direita dos mapas (Figuras 3 a 7). Cada cor representa um nível de radiação solar. Com o objetivo de simplificar o processo, considera-se que todas as regiões (estados), contidas dentro de cada faixa, apresentam o mesmo nível de radiação solar. Os valores referentes à tarifa de energia para o setor residencial foram inseridos no mapa dentro de cada estado, em euros, para o ano em questão. Nessas tarifas já foram inseridos os impostos.

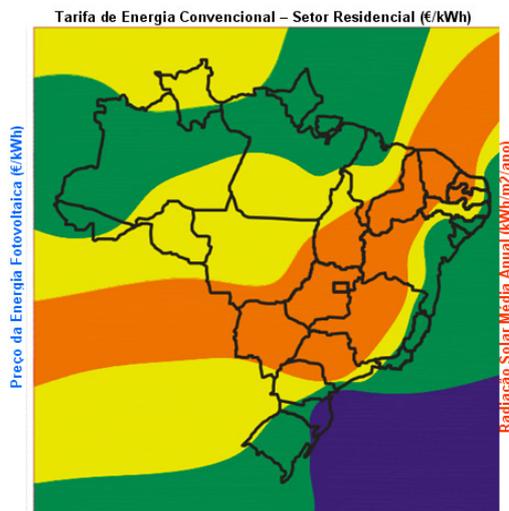


Figura 1: Mapa do Brasil com as curvas médias de radiação solar média diária anual para as regiões do Brasil.

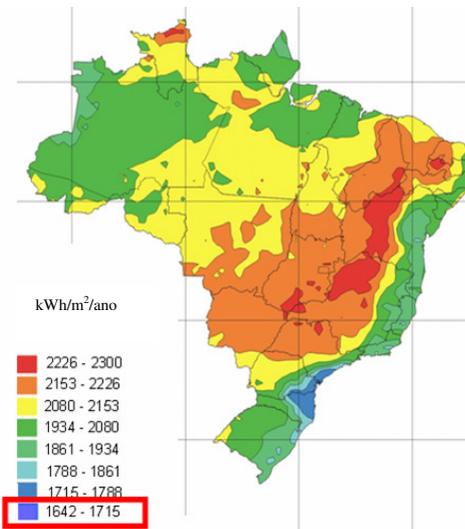


Figura 2: Média diária anual da radiação solar para o Brasil (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006)

Tomando como exemplo os percentuais de reajuste tarifário para o setor residencial ao longo dos anos no Brasil (Tabela 3), é possível observar que não há um crescimento linear na evolução dessas tarifas e nem se pode prever tal evolução. Como não existem estimativas futuras para esse crescimento, os cenários para os anos seguintes foram baseados em diferentes reajustes tarifários para o setor residencial.

Tabela 3: Variação anual na tarifa de energia elétrica para o setor residencial (ANEEL, 2008)

Variação anual na tarifa de energia elétrica para o setor residencial (%)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	1,68	10,79	14,89	16,27	20,81	22,65	16,21	19,42

Os preços da energia FV foram colocados à esquerda dos mapas das Figuras 3 a 7. Todas as regiões (estados) contidas dentro da mesma faixa de radiação solar apresentam o mesmo preço de energia FV, já que são proporcionais à energia solar disponível. As áreas hachuradas identificam as regiões que atingiriam paridade de rede, ou seja, que teriam o preço da energia FV no máximo equivalente ao preço da geração convencional para o consumidor residencial, no ano em questão. Para o desenvolvimento desse estudo, foram considerados os seguintes dados de entrada:

- Média do total anual de irradiação solar para todas as regiões do Brasil, em kWh/m<sup>2</sup>/dia: média para cada faixa de radiação (legenda localizada à direita do mapa de paridade);
- (Y) Yield\*, em kWh/kWp: energia elétrica gerada por cada kW instalado (variável de região para região);
- (t) anos de duração do programa de incentivo: 25 anos;
- (TIR) Taxa interna de retorno: variável de acordo com o cenário (9% e 7%);
- (C) Custo do sistema fotovoltaico, em €/kWp: 5000 €/kWp instalado;
- (D) Despesas anuais do sistema: gastos destinados a operação e manutenção dos equipamentos, que baseado em experiências internacionais, estão em torno de 1% ao ano, do custo total do sistema, em €/kWp.
- Tarifa de energia média para o setor residencial: vigente em cada estado, para o ano em questão (legendas localizadas no interior de cada estado, no mapa de paridade);
- Percentual anual de reajuste tarifário para o setor residencial: variável de acordo com o cenário (2% e 4%);
- Redução anual dos custos da tecnologia FV: 5%, baseado na curva de aprendizado para a tecnologia FV.

\* O preço da energia FV no Brasil (P, em €/kWh), cuja legenda está localizada à esquerda do mapa de paridade, foi calculado segundo a Equação 1, considerando que o rendimento do gerador FV é de 839 kWh/kWp a uma irradiação solar anual de 1.000 kWh/m<sup>2</sup>. Esse valor foi baseado nas experiências e medições realizadas no gerador FV instalado no LABSOLAR-UFSC, em operação desde 1997 (RÜTHER et al, 2006).

$$P = C \cdot \frac{\left[ \frac{TIR \cdot (1 + TIR)^t}{(1 + TIR)^{t-1}} + D \right]}{Y} \quad (1)$$

Considerando os dados acima mencionados, foram desenvolvidos cinco cenários de paridade de rede para a tecnologia FV no Brasil. Os mapas das Figuras 3 a 7 ilustram os respectivos cenários.

A Figura 3, leva em consideração um acréscimo anual na tarifa convencional de energia elétrica para o setor residencial de 2% e uma TIR de 9%, valor considerado maior do que as taxas típicas de retorno aplicadas no Brasil e que poderia ser atrativa para os investidores. De acordo com essas condições, a paridade tarifária no Brasil seria atingida no ano de 2017 em quatro estados brasileiros (áreas hachuradas), incluindo Minas Gerais, o estado com a mais elevada tarifa de energia elétrica para o setor residencial.

A partir do momento em que se consideram as mesmas condições para TIR, utilizadas na Figura 3, mas um acréscimo anual para a tarifa convencional de 4%, o cenário da Figura 4 mostra que um maior número de estados atingiria a paridade tarifária no mesmo ano em questão (2017). Isso incluiria as capitais mais ensolaradas da região Nordeste do Brasil

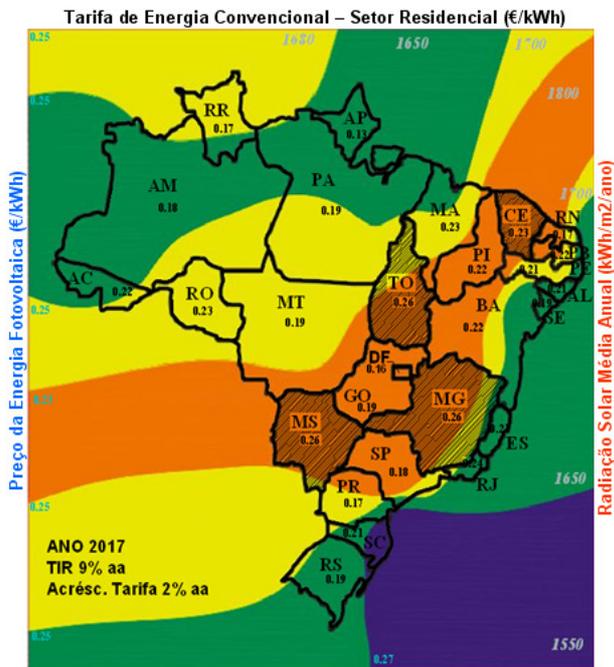


Figura 3: Estados do Brasil que atingiriam paridade tarifária no ano de 2017, considerando uma TIR de 9% e um acréscimo anual na tarifa de energia elétrica do setor residencial de 2%. Paridade tarifária atingida em 4 estados.

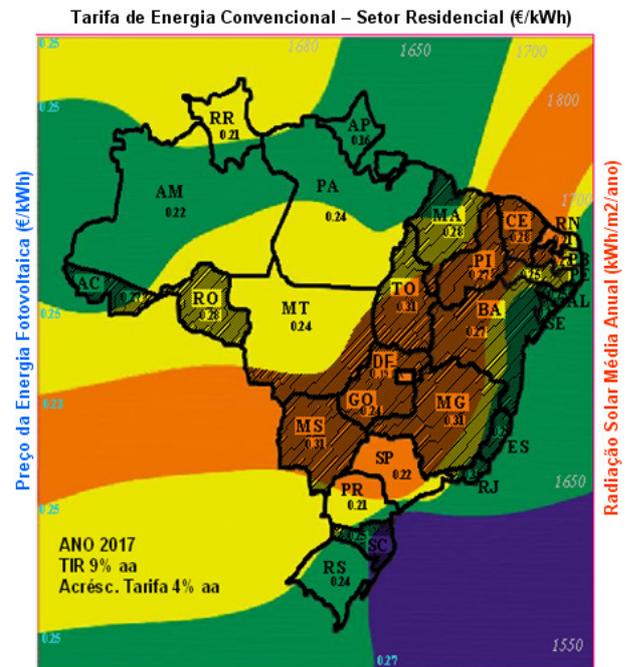


Figura 4: Estados do Brasil que atingiriam paridade tarifária no ano de 2017, considerando uma TIR de 9% e um acréscimo anual na tarifa de energia elétrica do setor residencial de 4%. Paridade tarifária atingida na maioria dos estados mais ensolarados do Brasil.

O cenário da Figura 5 mostra o considerável impacto do custo quando se aumenta a taxa interna de retorno ao investidor. Aumentando esse número para 12%, ainda considerando um acréscimo de 4% na tarifa convencional de energia, a paridade tarifária seria atingida no ano 2017 apenas em três estados brasileiros: Tocantins; Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (Estados com as mais elevadas tarifas de energia no Brasil).

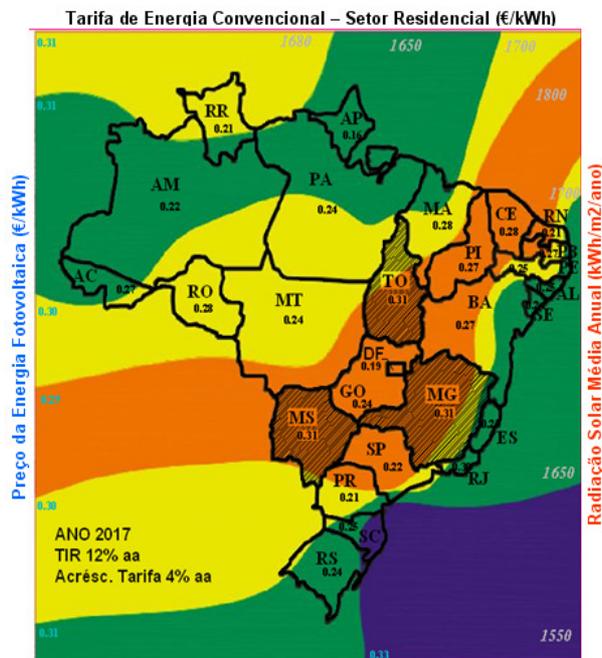


Figura 5: Estados do Brasil que atingiriam paridade tarifária no ano de 2017, considerando uma TIR de 12% e um acréscimo anual na tarifa de energia elétrica do setor residencial de 4%. Apenas 3 estados atingiriam a paridade tarifária.

Quando se considera uma TIR mais razoável para aplicação no Brasil, em torno de 7%, sob a mesma condição de acréscimo na tarifa utilizada na Figura 5 (4%), o cenários apresentados pelas Figuras 6 e 7, mostram que já em 2015 um



instalações nos países desenvolvidos, em especial as da Alemanha, possam servir de ferramentas para dar fomento e divulgar a iniciativa no Brasil.

Conforme Holm e Arch (2005), o sistema de preços (Feed-in-Tariffs) é o mecanismo mais recomendado para promover as FRE não apenas nos países industrializados, mas principalmente nos países em desenvolvimento. Uma vez que os países mais pobres têm necessidades básicas a serem supridas, não faz sentido adotar um programa de incentivo às FRE onde o governo tenha que entrar com um alto investimento inicial. A vantagem do sistema de preços é que não existe a necessidade de um investimento por parte do governo.

Aqui, é sugerida a criação de um programa de incentivo específico à energia FV (que poderia ser estendido a outras FRE), baseado no Feed-in-Tariffs. O programa seguiria os pontos positivos do programa alemão e adaptaria os que não estão de acordo com a realidade brasileira. A proposta visaria alvos, consumidores e tarifas prêmio diferentes das adotadas pelo governo alemão. O estudo parte do princípio de que apenas os consumidores de classe média no Brasil estariam pagando pelo programa de incentivo à tecnologia FV.

O mecanismo alemão é baseado na obrigatoriedade de compra, pela operadora de rede, de toda a eletricidade gerada pelas fontes renováveis, pagando ao produtor independente de energia (PI) uma tarifa prêmio por cada kWh gerado. Essa tarifa prêmio é relativamente superior ao preço do kWh convencional e é distinta para cada tecnologia. Os recursos para o pagamento das tarifas prêmio são captados através de um pequeno acréscimo na tarifa convencional de todos os consumidores e são depositados num fundo, utilizado para reembolsar os PIs. Neste caso, o incentivo é pago gradualmente ao longo do tempo de duração do programa (20 anos para a Alemanha), permitindo que os produtores independentes de energia recuperem os seus investimentos num período de 10 a 12 anos (Holm & Arch, 2005).

Um programa nestes moldes, aplicado no Brasil, poderia ser limitado a 10 anos na aceitação de novos entrantes até um limite na escala do GWp e com pagamento de tarifas prêmio por 20 ou 25 anos em condições que remunerassem o investimento de forma satisfatória. Assim, não somente poderia viabilizar a tecnologia FV em grande escala no Brasil, como prepararia o sistema elétrico brasileiro para a situação da paridade tarifária a ser atingida na próxima década. Esse programa poderia atrair para este setor da economia novos recursos financeiros, advindos do investimento de agentes, inclusive pessoas físicas, que tradicionalmente não são investidores nesta área. Outro aspecto que deve ser observado se refere a considerações relativas aos agentes distribuidores de energia: sabe-se que no programa alemão houve grande resistência por parte das empresas distribuidoras de energia, uma vez que estas não eram remuneradas pelo trabalho adicional de administrar a entrada de grandes quantidades de pequenos geradores pulverizados em seu sistema de distribuição. Neste sentido, poderia ser concebido um programa que incluísse algumas vantagens para estes agentes, de modo que eles se sintam atraídos e remunerados pela sua nova atividade neste setor, evitando sua oposição à iniciativa.

Como exemplo é descrito um cenário para um programa de 1.000 MWp a serem instalados num período de 10 anos, referente a 100 MWp ao ano como meta anual. A duração do pagamento da tarifa prêmio, por cada kWh produzido pelo gerador FV, foi determinada como sendo de 25 anos. Foi adotado um preço de 5.000 euros/kWp instalado para os geradores FV, assumindo que esses preço declinam 5% a cada ano e que o sistema tem um custo de manutenção de 1% ao ano. A taxa interna de retorno ao investidor foi assumida como sendo de 7% ao ano. Essa taxa também foi utilizada para ilustrar a paridade tarifária apresentada anteriormente e considerada possível de atrair investidores no setor energético. Um programa desse porte e duração teria um custo anual aproximado de € 37513212,00 no primeiro ano. Neste cenário, o Produtor Independente (PI) que instalasse seu gerador FV no primeiro ano do programa receberia uma tarifa prêmio de € 0,28 por kWh produzido, durante um período de 25 anos. Essa tarifa prêmio sofreria uma redução de 5% ao ano para novas instalações. O custo total das tarifas prêmio pagas ao longo do programa seria diluído entre os usuários finais de energia, neste caso o usuário do setor residencial. Para o primeiro ano do programa, cada unidade consumidora, excluindo as de baixa renda, pagaria a mais em sua fatura de energia aproximadamente € 0,10 por mês, para o primeiro ano do programa. Esse valor atingiria um pico de € 0,56 por mês no décimo ano do programa e, a partir daí, esse custo declinaria para os anos seguintes.

### 3. CONCLUSÕES

Um dos grandes empecilhos para a adoção da energia FV em grande escala é o alto custo, o que muitas vezes torna seu uso inviável e o desconhecimento dos benefícios da utilização dessa FRE num país com dimensões continentais e com elevados índices de radiação solar.

Os elevados índices de radiação em todo o território nacional e as elevadas tarifas residenciais de energia elétrica indicam que a assim chamada paridade tarifária entre a geração solar e as fontes convencionais de geração de eletricidade deverá ocorrer no Brasil na próxima década. Essa análise mostra que devido à contínua redução dos custos da tecnologia FV, e ao mesmo tempo ao acréscimo nas tarifas convencionais, estima-se que a paridade de rede no Brasil deverá ocorrer entre os anos de 2015 e 2017, sem a necessidade de subsídios. A questão é que quanto mais tarde o Brasil investir nesta tecnologia, mais ele se colocará atrás dos países que já estão investindo, no que tange a maturidade e domínio tecnológico.

A Alemanha levou cerca de 20 anos para chegar ao estágio em que o sistema elétrico está preparado para absorver a integração em grande escala de pequenos geradores solares nas redes de transmissão e distribuição. Na Espanha, onde o estímulo mais recente e menos ordenado a estas tecnologias levou à sua adoção em escalas crescentes, nota-se um certo nível de distúrbio causado pela inserção súbita destes geradores. Neste contexto, urge a adoção de um programa de incentivo à tecnologia FV, para que a experiência necessária para dominar o mercado em grande escala possa ocorrer

de forma ordenada e com o máximo benefício, no momento em que a paridade tarifária for atingida. O incentivo à produção de tecnologia nacional e a iniciativa de projetos privados e governamentais podem resultar na diminuição do custo e, dessa forma, incentivar a proliferação dessa fonte.

O trabalho apresenta o excelente potencial brasileiro para a aplicação da energia FV e seus benefícios, quando comparados ao país número um mecanismos de incentivo às FRE, a Alemanha, e apresenta como sugestão a elaboração de um programa de incentivo semelhante ao alemão com adaptações que reflitam a realidade brasileira. O objetivo desse programa seria o de levar à produção em economia de escala, reduzir custos, viabilizar a inserção de sistemas FV à rede e permitir que as experiências obtidas pelos países industrializados possam servir de ferramentas para alavancar a inserção dessa fonte na matriz energética brasileira.

O presente estudo ressalta importância de quebrar o paradigma de que energia FV é apenas viável para os países industrializados. Mesmo o Brasil sendo considerado um país em desenvolvimento, ele apresenta uma parcela da população com condições de assumir os custos de um mecanismo de incentivo à tecnologia FV, a exemplo do que foi adotado na Alemanha, com um impacto tarifário semelhante.

As possibilidades de disseminação das FRE devem andar em paralelo com a mudança na concepção dos sistemas energéticos existentes, promovendo a diversificação da matriz energética na região, através da geração distribuída. Dessa forma, possibilitará o desenvolvimento de atividades econômicas locais, promotoras de trabalho e fonte de renda.

A energia solar utilizada para geração de energia elétrica, através da tecnologia FV e conectada à rede elétrica no Brasil deve ser compreendida como uma fonte complementar de energia, uma vez que esta é considerada uma fonte intermitente. Por outro lado, seu potencial é muitas vezes superior à demanda de energia ativa e futura do país, razão pela qual deve ser incentivada a participar com frações crescentes de contribuição na matriz energética nacional.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [www.aneel.org.br](http://www.aneel.org.br)
- ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. Disponível em: <[www.abradee.org.br](http://www.abradee.org.br)>
- BEN. 2008. Balanço Energético Nacional 2008 – Resultados Preliminares. Ano-base 2007. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>
- ELETROBRÁS. 2008. Relatório de Desempenho Operacional (RDO), Divisão de Planejamento e Operação de Sistemas Isolados (DESI) do Departamento de Sistemas Isolados e Combustíveis (DES).
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <[www.epe.gov.br/default.aspx](http://www.epe.gov.br/default.aspx)>
- EPIA. European Photovoltaic Industry Association. Disponível em: <[www.epia.org](http://www.epia.org)>
- EUROSTAT . 2008. Statistical Office of Europe. Disponível em: <[www.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=1090,1&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,1&_dad=portal&_schema=PORTAL)>
- Hoffmann, W. 2006. PV solar electricity industry: Market growth and perspective. Solar Energy Materials & Solar Cells v. 90.p 3285–3311.
- Holm, D., Arch, D. 2005. Renewable Energy Future for the Developing World. White Paper. Disponível em: <http://whitepaper.ises.org>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>
- IEA – International Energy Agency. Disponível em: <[www.iea.org](http://www.iea.org)>
- Instituto Acende Brasil. Disponível em: <http://www.acendebrasil.com.br/site/secoes/home.asp>
- Krauter, C. W., Kissel, M. 2/2005. RE in Latin America. REFOCUS magazine.
- Keshner, M. S., Arya, R. 2003. Study of potential cost reductions resulting from super large scale manufacturing of PV modules. Disponível em: [www.nreal.gov](http://www.nreal.gov)
- MME 2006 - Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/frontSide/site/view.do?viewPublicationId=14749&viewPublicationTypeId=9&queryUrl=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fsite%2Fsearch.do%3Fquery%3DPDEE>
- Pereira, E. B; Martins, F.R.; Abreu, S.L. E Rütther, R. 2006. - Atlas Brasileiro de Energia Solar, INPE.
- PNE 2030 - Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>
- Poponi, D. 2003. Analysis of diffusion paths for photovoltaic technology base don experiences curves. Solar Energy v. 74. p. 331-340.
- Renewable Energy Sources Act. 2004. Disponível em: < [www.bmu.de/english/renewable\\_energy/doc/6465.php](http://www.bmu.de/english/renewable_energy/doc/6465.php)>
- Sinke, W. C., 2006. Searching for the Holy Grail. Photon magazine. Disponível em: [www.photon-magazine.com](http://www.photon-magazine.com)
- WWF-Brasil. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/>>

## **PV GRID-PARITY FOR THE NEXT DECADE IN BRAZIL AND THE NEED OF AN INCENTIVE PROGRAM**

**Abstract.** *According to the foreseen difficulties regarding to the Brazilian future energy supply in the next years, mainly due to the accelerated growth of the demand and the future perspectives of the electric energy offer, the necessity of including new sources of energy become an important issue, to diversify the energy mix. Photovoltaic (PV) power as a complementary source of energy would be helping the supply of this market, in a sustainable way. Although the country have a great potential for the application of this renewable source (RE) and have high levels of solar irradiation, the role that PV energy plays in the Brazilian market is still quite small. The current legislation, responsible for ruling the energy production, transmission and distribution, does not take into account incentives for grid-connected PV systems. The high costs regarding to the implementation of these systems and the paradigm of this RE being expensive and being viable only for applications in developed countries, are the basic reasons to justify not exploiting this source. The aim of this article is to show, through a grid-parity analysis between PV energy costs and conventional energy tariffs, that in the next decade the energy PV price will be competitive with the conventional energy price, even without a governmental program stimulating this RE. Nevertheless, this work emphasizes the need of a support program, so that the necessary experience to dominate the market, in a big scale, can take place in an orderly way and with the most benefit, when the grid-parity is reached. Based on the German government experiences, this paper suggests the development of a feed-in program similar to the German one, with some adaptations that take into account the socio-economic Brazilian reality. In that way, it will lead to the cumulative production, reducing costs and making viable the implementation of grid connected PV systems in Brazil.*

*Key words: Photovoltaics, Grid-Parity, Feed-in Program.*