

## **PROGRAMA DE TELHADOS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA PÚBLICA NO BRASIL**

**Ricardo Rütther (1,2); Isabel Salamoni (1); Alexandre Montenegro (2); Priscila Braun (1); Roberto Devienne Filho (3)**

(1) Laboratório de Eficiência Energética em Edificações-Departamento de Engenharia Civil-  
Universidade Federal de Santa Catarina - e-mail: isalamoni@gmail.com

(2) Laboratório de Energia Solar - Departamento de Engenharia Mecânica-  
Universidade Federal de Santa Catarina

(3) Rede de Organizações da Sociedade Civil para as Energias Renováveis

### **RESUMO**

O Brasil dispõe de grande potencial para a aplicação da energia solar e é particularmente privilegiado por ter elevados níveis de radiação. Apesar de o Brasil já ter dado início ao incentivo às fontes renováveis, a legislação nacional atualmente em vigor, que rege a produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, não prevê incentivos para os sistemas fotovoltaicos (FV) interligados à rede elétrica pública. Baseado nas experiências do governo alemão, o presente trabalho objetiva desenvolver ferramentas que auxiliem na criação de uma legislação do setor elétrico e no desenvolvimento de políticas públicas, no que diz respeito à implantação de um programa nacional de telhados solares fotovoltaicos. O modelo de mecanismo a ser adotado será identificado através de um estudo de viabilidade econômica dos sistemas FV conectados à rede elétrica pública no Brasil, sob diferentes cenários. Assim, será possível identificar o porte mais adequado para dar início ao programa e o impacto tarifário que esse terá, através da diluição desses custos entre os consumidores finais residenciais de energia. Estudos preliminares desenvolvidos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mostram que, entre 2012 e 2013, algumas regiões do Brasil já poderão ter os preços da energia fotovoltaica equivalentes aos da energia convencional. É possível que esta paridade aconteça antes mesmo desse período, dependendo dos índices de reajuste tarifário anual e da taxa interna de retorno esperada pelo investidor. Sendo assim, seria de extrema importância que tanto o Brasil, quanto o setor elétrico nacional estejam preparados para receber essa tecnologia com conhecimento e maturidade suficientes, no momento em que a paridade de rede for atingida.

Palavras-chave: energias renováveis, sistemas fotovoltaicos, paridade de rede.

### **ABSTRACT**

Brazil has a great potential and it is particularly well suited for the application of solar energy technologies, due to the high levels of solar radiation. In spite of Brazil already having started to promote renewable energy sources, the current national legislation, responsible for the rules of energy transmission and distribution, does not take into account incentives for grid-connected photovoltaic (PV) systems. Drawing from the German experiences, it is the aim of this work to develop a guideline to create a reliable legislation and regulation framework for the Brazilian electrical sector towards the implementation of a widespread grid-connected PV roofs program. The applied mechanism in Brazil will be chosen through an economic viability analysis of grid-connected PV in Brazil under different scenarios. With this study, it will be possible to identify the most suitable PV roof program size for the beginning of the program, and the consequent impacts on tariffs, through the dilution of these costs for the residential energy final consumer. Preliminary studies developed by the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), show that from 2012 to 2013 it will be possible to reach grid parity for PV energy and conventional consumer tariffs, depending on the region of Brazil. It is possible that this parity happens even before that time, according to the annual variation of the conventional consumer tariff, and the interest rate for the investor. In this context, it is crucial that Brazil and the national

electric sector are prepared for the inclusion of this technology with enough knowledge and maturity, when grid parity is achieved.

Keywords: renewable energy, photovoltaic systems, grid parity.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 O Brasil e as energias renováveis

A demanda energética vem crescendo continuamente, não apenas nos países industrializados. Por outro lado, a oferta de energia elétrica não vem aumentando de forma proporcional. Segundo Jannuzzi (2005), a maior parte dessa crescente demanda esperada para os próximos anos, será proveniente dos países em desenvolvimento. Portanto, torna-se um desafio, principalmente para esses países, aumentar o acesso e a qualidade dos serviços energéticos aos diversos setores de consumo.

O Brasil é um país de dimensões continentais, que abrange cerca de 47% da área da América do Sul, o que corresponde a 8.5 milhões de km<sup>2</sup> (NUPAC, 2008). Mesmo que aproximadamente 75% da geração de energia do país sejam oriundas da hidroeletricidade, as questões ambientais e as grandes distâncias entre o ponto de geração e o ponto de consumo fazem com que os custos envolvidos para a implantação de novas usinas sejam elevados (MME, 2008). Dessa forma, quando se avalia a viabilidade da fonte hidroelétrica, de forma conectada à rede, e a construção de novas usinas, devem ser levados em consideração aspectos como: a infra-estrutura das linhas de transmissão e distribuição, as perdas energéticas associadas e as restrições ambientais.

O aumento da utilização das fontes renováveis de energia no Brasil, em especial da energia fotovoltaica, pode 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. 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.

Conforme pesquisa desenvolvida por Jardim et al. (2007), a utilização dos geradores FV estrategicamente localizados no sistema de distribuição pode trazer grandes vantagens ao setor elétrico. Isso ocorre principalmente nas áreas comerciais onde geralmente existe uma coincidência entre pico de geração FV e pico de demanda energética. A utilização da energia FV nesses centros poderia auxiliar na redução do pico de demanda, diminuindo a sobrecarga da rede.

Mesmo o país já tendo dado início ao incentivo às fontes renováveis de energia e tendo um vasto potencial para a aplicação dessas, a energia FV não tem sido contemplada pela legislação em vigor. O que acontece é que, atualmente, somente a hidroeletricidade e a biomassa estão contribuindo significativamente para o suprimento energético do país (KRAUTER & KISSEL, 2005).

Um passo para reverter o quadro de sub-aproveitamento dessa fonte é o Projeto SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*), que mapeou o potencial solar e eólico do território brasileiro e de outros 15 países e que aponta para grandes potenciais solares e eólicos espalhados por todo o país (PEREIRA et al, 2006).

O custo da energia elétrica produzida por geradores FV é atualmente alto em relação à energia convencional gerada a partir de fontes 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). Sendo assim, o sistema fotovoltaico conectado à rede é considerado uma alternativa cara e utilizada apenas por países ricos.

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 (HOFFMANN, 2006).

## 1.2 Um exemplo de sucesso

A Alemanha é considerada o país com o mais bem sucedido mecanismo de incentivo às fontes renováveis de energia. O sistema de preços introduzido com o *Electricity Feed Act* (1991) - e posteriormente atualizado pela *Renewable Energy Sources Act* (2000) e pela emenda do *Renewable Energy Sources Act* (2004) - é a chave para o sucesso das renováveis na Alemanha. Apenas no ano de 2004, houve um aumento de aproximadamente 100% na potência FV instalada na Alemanha, que ao final de 2005 estava em aproximadamente 1,5 GWp conectados à rede elétrica pública (IEA, 2008).

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 PIs recuperem os seus investimentos num período de 10 a 12 anos (HOLM & ARCH, 2005). O objetivo do programa é facilitar o desenvolvimento sustentável no suprimento de energia, controlar o aquecimento global, proteger o meio ambiente e atingir um aumento substancial na porcentagem das fontes renováveis no suprimento do consumo (no mínimo o dobro até o ano de 2010).

Conforme Holm e Arch (2005), o sistema de preços é o mecanismo mais recomendado para promover as fontes renováveis de energia não apenas nos países desenvolvidos, 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 renováveis onde o governo tenha que entrar com um alto investimento inicial. A vantagem do sistema de preços é que não existe essa necessidade de investimentos por parte do governo.

## 2 OBJETIVO

Baseado nesse contexto, o trabalho objetiva desenvolver um conjunto de procedimentos que viabilize e facilite a inserção, em larga escala, da tecnologia FV no Brasil. As experiências obtidas com as instalações nos países desenvolvidos, em especial as da Alemanha, podem servir de ferramentas para dar fomento e divulgar a iniciativa no país. Além de tentar quebrar o paradigma de que a energia solar FV só é viável para países desenvolvidos

## 3 METODOLOGIA

Foi desenvolvido um estudo para simular um programa solar FV brasileiro. Esse programa é baseado no programa alemão (utilizando o sistema de preços), mas contempla especificamente a tecnologia FV. O programa brasileiro segue os pontos positivos do *Renewable Energy Sources Act* e adapta os pontos que não estão de acordo com a realidade do país. No modelo alemão, todos os consumidores finais de energia, rateiam os custos do programa. No caso do Brasil, a proposta apresenta alvos, consumidores e tarifas prêmio diferentes. No modelo brasileiro, seriam excluídos do rateio, os consumidores de baixa renda.

Foram feitas simulações para diferentes portes de programa, taxas internas de retorno ao investidor, duração do programa e período de pagamento da tarifa prêmio. As simulações visam atingir um programa que seja interessante o suficiente para atrair investidores e que ao mesmo tempo não tenha um impacto tarifário de grande magnitude para o usuário final.

As simulações foram realizadas através do desenvolvimento de planilhas eletrônicas, onde é possível identificar, dentre diversos outros itens, o custo total do programa, o impacto tarifário que o mesmo terá através da diluição dos custos aos consumidores finais e o momento em que o preço da energia FV e da energia convencional será o mesmo para o usuário final.

Nesta primeira etapa de análise, foram desenvolvidos cenários considerando que apenas os consumidores do setor residencial, excluindo os de baixa renda, rateariam os custos do programa ao longo dos anos de duração do mesmo.

### 3.1 Impacto tarifário e análise de investimento

Os seguintes itens foram considerados dados de entrada para a base de cálculo na planilha:

- Porte do programa (MWp/ano);
- Duração do programa (anos);
- Período de pagamento da tarifa prêmio (anos);
- Preço do sistema fotovoltaico (R\$/Wp);
- Despesas de operação, manutenção e reposição (OM&R) (% do custo do programa);
- Taxa interna de retorno ao investidor (%);
- Produtividade (*yield*) média anual do tipo de tecnologia FV escolhido, para a o nível médio anual de radiação solar considerada (kWh/kWp);
- Consumo anual residencial nacional total (kWh);
- Tarifa média mensal de energia convencional para o setor residencial (R\$/kWh).

Baseados na entrada dos dados acima apresentados, os seguintes itens foram calculados:

- Custo total do programa;
- Montante anual arrecadado em tarifa prêmio;
- Tarifa prêmio por kWh gerado pela tecnologia solar FV;
- Impacto (acréscimo) na tarifa do consumidor residencial, por cada kWh consumido de energia convencional, ao longo do período de duração do pagamento da tarifa prêmio;
- Geração anual de energia pela tecnologia solar FV;
- Percentual de contribuição da geração FV no suprimento energético brasileiro.

Através da planilha de cálculo também é possível fazer uma análise de paridade de rede, onde é identificado o momento em que o preço da energia FV será o mesmo da energia convencional, para a região (estado) correspondente à radiação solar inserida na base de cálculo.

### 3.2 Paridade de rede

O estudo de paridade de rede, além da planilha de cálculo, foi desenvolvido de forma gráfica, na qual é possível analisar todas as regiões do país simultaneamente. Essa primeira análise foi baseada nas tarifas de energia convencional, para o setor residencial, 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, baseadas no Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA et al, 2006) e identificadas as tarifas de energia elétrica para a classe residencial nas diferentes regiões do país, conforme dados fornecidos pela ANEEL (2008).

Os valores referentes à radiação solar no Brasil foram colocados à direita dos mapas. 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. Tomando como exemplo os percentuais de reajuste tarifário para o setor residencial ao longo dos anos no Brasil (Tab.1), foi 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 1** – Percentual de reajuste tarifário para o setor residencial de energia, entre os anos de 1998 e 2005

Variação anual na tarifa de energia 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

Fonte: ANEEL, 2008.

Os preços da energia FV foram colocados à esquerda do mapa. Todas as regiões (estados) contidas dentro da mesma faixa de radiação solar apresentam o mesmo preço de energia FV. 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 consideradas as seguintes variáveis:

- Radiação solar para todas as regiões do Brasil;
- Radiação solar sob o rendimento do gerador (R);
- Rendimento do gerador;
- Tempo de duração do programa de incentivo (t);
- Taxa interna de retorno (TIR);
- Custo do sistema fotovoltaico (\$);
- Despesas anuais do sistema (D);
- Tarifa de energia média para o setor residencial.

O preço da energia FV no Brasil (esquerda do mapa) foi calculado segundo a Equação 1, considerando que o rendimento do gerador FV é de 839 kWh/kWp a uma radiação 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).

$$C = \$ \cdot \frac{\left[ \frac{TIR \cdot (1 + TIR)^t}{(1 + TIR)^{t-1}} + D \right]}{R} \quad [\text{Eq.1}]$$

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Análise de impacto tarifário e análise de investimento

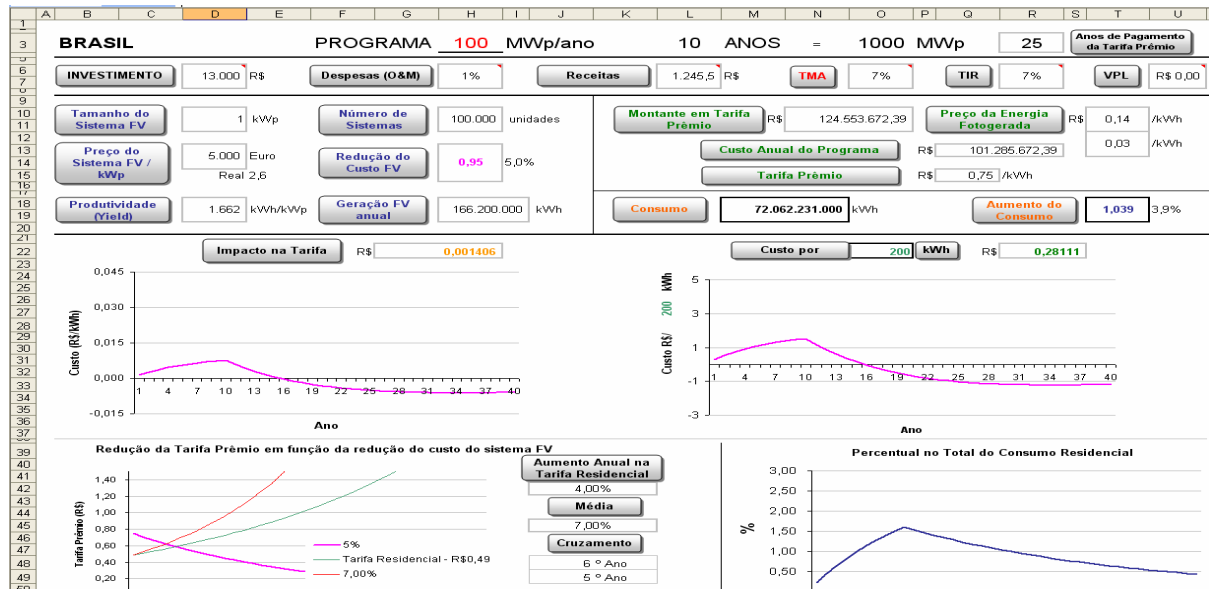
A figura 1, mostra o exemplo de um cenário desenvolvido para um programa de 1.000 MWp a serem instalados num período de 10 anos. Isso corresponde a 100 MWp ao ano como meta anual, mas que eventualmente podem ser distribuídos em um perfil mais heterogêneo. A duração do pagamento da tarifa prêmio, por cada kWh produzido pelo gerador FV, foi determinada como sendo de 25 anos. Foi adotado um preço de 5.000 euros/kWp<sup>1</sup> instalado para os geradores FV, assumindo que esses preço declinam 5%<sup>2</sup> a cada ano e que o sistema tem um custo de manutenção de 1%<sup>3</sup> ao ano. A taxa interna de retorno ao investidor foi assumida como sendo de 7% ao ano e foi considerada uma geração média anual de 1.662 kWh/kWp/ano (Exemplo da cidade de Fortaleza). A tarifa média de energia convencional, para o setor residencial, foi de 0,47 reais/kWh, para o primeiro ano em questão (tarifa referente ao ano de 2007).

<sup>1</sup> Preço médio atual do kWp instalado.

<sup>2</sup> Percentual adotado para a tecnologia solar FV, baseado na curva de aprendizado.

<sup>3</sup> Percentual adotado, baseado em experiências de sistemas já instalados.

Baseado nos dados acima e no consumo energético total anual do setor residencial (72.062.231 MWh) para o ano de 2006 (MME, 2008), foi calculada a tarifa prêmio paga por cada kWh gerado, o impacto tarifário deste programa, bem como a contribuição desta energia gerada no suprimento do consumo do respectivo setor.



**Figura 1** - Cenário para um programa de telhados solares fotovoltaicos no Brasil, considerando um total de 1000 MWp, instalados ao longo de 10 anos, e com remuneração ao produtor durante 25 anos. Análise desenvolvida para o setor residencial e para as condições de radiação solar de Fortaleza

Como pode ser observado nos valores mostrados na planilha, um programa desse porte e duração terá um custo anual de R\$ 101.285.672,39 no primeiro ano (Figura 1). Neste cenário, o PI que instalar seu gerador FV no primeiro ano do programa receberá uma tarifa prêmio de R\$ 0,75 por kWh produzido, durante um período de 25 anos. Essa tarifa prêmio sofrerá uma redução de 5% ao ano para novas instalações, resultado da equação 2:

$$TP_{\text{atual}} = TP_{\text{inicial}} \times (1 - \text{Red})^{(\text{Ano} - 1)} \quad [\text{Eq.2}]$$

Onde:

$TP_{\text{atual}}$  = Tarifa prêmio correspondente ao ano em questão (R\$/kWh);

$TP_{\text{inicial}}$  = Tarifa prêmio correspondente ao primeiro ano do projeto = R\$0,75/kWh

Red = Taxa de redução anual = 5%

Ano = Ordem do ano em curso, em relação ao do início do programa. O primeiro ano do programa assume o valor "1". Ex: se o programa começar em 2008, o valor da variável "Ano" para os geradores solares FV instalados ao longo do ano de 2010 é "3". Ou seja, o PI que instalar o seu gerador FV no último ano de instalação (ano "10") receberá uma tarifa prêmio de R\$ 0.47 por kW produzido [R\$ 0,75 x (1 - 0,05)(10-1)] ao longo dos próximos 25 anos.

O custo total das tarifas prêmio pagas ao longo do programa será diluído entre os usuários finais de energia, neste caso o usuário do setor residencial. Para o primeiro ano do programa, o impacto sobre as tarifas dos consumidores residenciais será na ordem de R\$0,0014 por kWh consumido. Esse valor atingirá um pico de R\$0,0075 por kWh no décimo ano do programa, referente ao último ano de instalação e, a partir daí, esse custo declinará para os anos seguintes.

Tomando como base o consumo médio mensal do setor residencial no Brasil (200 kWh), cada unidade consumidora do respectivo setor pagará a mais em sua fatura de energia aproximadamente R\$0,28 por mês, para o primeiro ano do programa. Esse valor atingirá um pico de R\$1,51 por mês no décimo ano do programa e, a partir daí, esse custo declinará para os anos seguintes.

O programa terá uma geração de 166.200 MWh adicionais ao ano, o que equivalerá a uma contribuição anual de 0,23 % no suprimento do consumo do setor residencial, no primeiro ano. Ao final dos 10 anos de instalações, o programa contribuiria com 1,6% para o suprimento dessa demanda.

Assumindo um preço da tarifa convencional e um percentual anual de reajuste para essa tarifa de energia, a planilha também nos permite identificar, baseada nos dados acima calculados, o momento em que a energia convencional e a energia FV teriam o mesmo preço para o usuário final.

Nesse cenário, e considerando o início do programa em 2008, foram simulados dois percentuais anuais de reajuste tarifário para a energia convencional do setor residencial: 4 e 7 % (tarifa em vigor no ano do início do programa). Com base no primeiro percentual de reajuste, a energia convencional começará a ter o mesmo preço da energia FV a partir do ano “6” (referente ao ano de 2013). Com base no segundo reajuste (7 % ao ano), esses preços serão equivalentes a partir do ano “5” (referente ao ano de 2012). Essa análise é denominada paridade de rede para a tecnologia solar FV.

## **4.2 Análise de paridade de rede para todos os estados do Brasil**

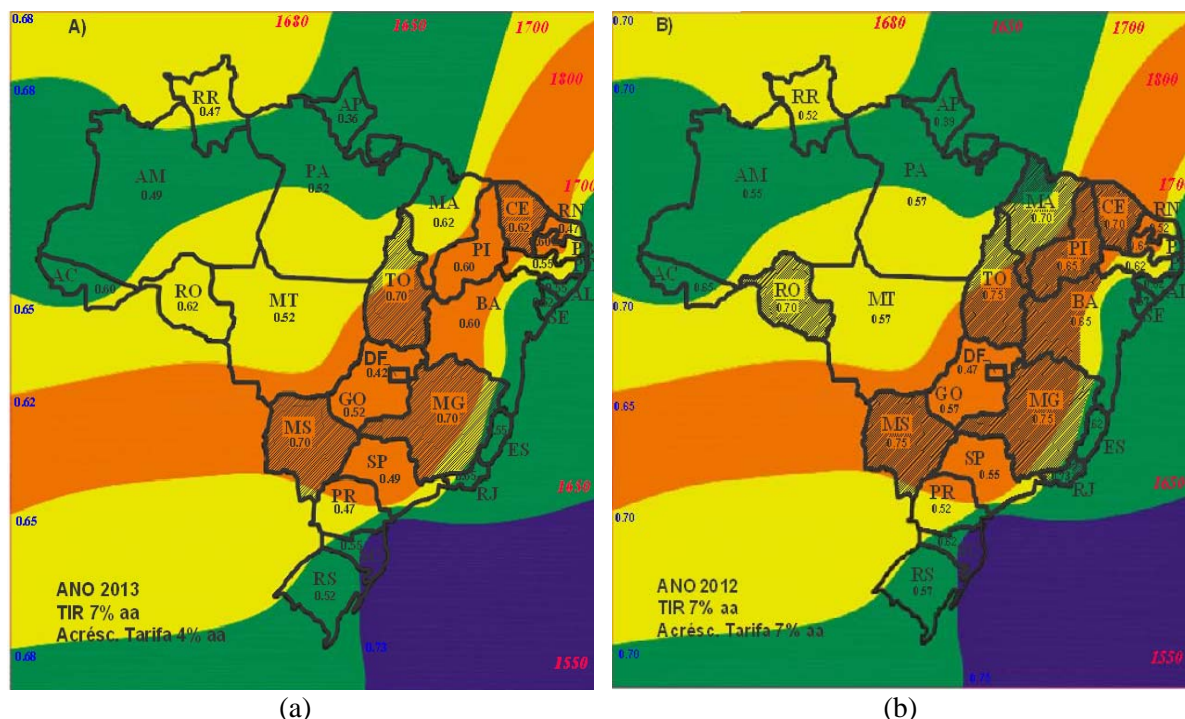
A análise de paridade de rede na forma gráfica foi desenvolvida com o objetivo de possibilitar a identificação de todas as regiões do Brasil, simultaneamente. Assim, é possível contrastar as tarifas de energia convencional vigentes em cada região, ao longo dos anos, e o preço da energia FV para a região correspondente.

Considerando os mesmos dados de entrada aplicados na planilha de cálculo, ou seja, o início do programa em 2008, os dois percentuais anuais de reajuste tarifário para a energia convencional (4% e 7% aa), e uma TIR de 7% ao ano, foram desenvolvidos dois mapas de paridade de rede para a tecnologia FV no Brasil. Os mapas da figura 2 ilustram esses respectivos cenários.

Baseado no primeiro cenário (a), no qual foi adotado um percentual anual de reajuste tarifário de 4% e uma TIR de 7%, a energia convencional começará a ter o mesmo preço da energia FV, na região de Fortaleza a partir de 2013, assim como em todas as regiões cujas áreas foram hachuradas. Nesse ano, segundo o cenário proposto, Fortaleza terá uma tarifa convencional de energia para o setor residencial de 0,62 R\$/kWh, o mesmo valor que será o preço da energia FV para essa região. As regiões de MG, TO e MS terão uma diferença mais significativa entre os preços das tarifas convencional e o preço da energia FV. Para essas regiões, o preço da tarifa convencional será de 0,70 R\$/kWh, enquanto que o preço da energia FV estará entre 0,62 e 0,65 R\$/kWh.

O cenário b, a paridade de rede na região de Fortaleza, assim como nas regiões hachuradas, acontecerá mais cedo, no ano de 2012. Os preços da energia convencional serão mais elevados do que o preço da energia FV, custando 0,70 R\$/kWh e 0,65 R\$/kWh respectivamente, para o usuário final. Sendo assim, é possível observar que as regiões que apresentam as tarifas de energia convencional mais caras e índices de radiação solar mais elevados são as que mais cedo atingirão a paridade de rede.

Contrastando com o estudo publicado por Sinke (2006), no qual é realizada uma análise de paridade de rede para a tecnologia FV na Europa, mesmo o Brasil tendo níveis de radiação solar superiores, quando comparados com a grande parte dos países desenvolvidos, a paridade de rede acontecerá juntamente ou mais tardiamente do que a maioria dos países Europeus, inclusive quando comparado com os menos favorecidos em termos de radiação solar. Isso ocorre porque as elevadas taxas de juros aplicadas e a instabilidade econômica do Brasil o colocam em desvantagem significativa.



**Figura 2** - Mapa de paridade de rede, para todas as regiões do Brasil, considerando um percentual anual de reajuste para a tarifa convencional do setor residencial de 4% e 7% e uma TIR de 7% ao ano

Como observado através dos mapas, na pior das duas hipóteses analisadas, a paridade de rede no Brasil já acontecerá no ano de 2013, sem a necessidade de subsídios. A questão é que quanto mais tarde o Brasil investir nesta tecnologia, mais ele se colocará atrás com relação aos países que já investem no que tange à maturidade e domínio tecnológico. Quanto mais cedo o país investir, mais cedo ele desenvolverá tanto nas áreas econômica e social - através da criação de uma indústria local e da geração de novos postos de trabalho - quanto na energética, através da diversificação da sua matriz.

Neste artigo foram apresentados apenas dois exemplos de cenários. O objetivo é apenas apresentar as ferramentas que foram desenvolvidas para a criação desses cenários. A fim de se chegar a um resultado o mais representativo possível e baseado na realidade econômica do país, outras análises estão sendo realizadas.

## 5 CONCLUSÕES

O Brasil é um país rico em fontes renováveis de energia e reúne condições necessárias e suficientes para estabelecer uma lei de incentivo à geração distribuída, em particular à geração de energia solar FV conectada à rede, a exemplo da que foi estabelecida na Alemanha, Espanha e vários outros países.

Atualmente, não existe no país nenhuma regulamentação para a promoção da energia solar FV conectada à rede, o que dificulta a sua inserção.

Apesar de o Brasil ser um país em desenvolvimento, ele apresenta uma parcela de consumidores com possibilidades de assumir os custos de um programa fotovoltaico de proporção considerável. Além desse fator, o país apresenta excelentes níveis de radiação solar. Neste trabalho demonstrou-se que isto é possível com um impacto tarifário de pequenas proporções e que se estende somente àquelas camadas da população com um maior poder aquisitivo.

Atualmente, a geração FV ainda é uma das fontes mais caras de geração de energia elétrica, porém seus custos estão declinando ao longo dos anos e as suas perspectivas são de reduções ainda maiores. Ao mesmo tempo, não há nenhuma estimativa de redução dos custos da geração convencional para o consumidor final e de acordo com dados anteriormente observados estes estão aumentando. Portanto, a partir do momento em que houver a paridade de rede entre a geração convencional e a geração FV, a



utilização dessa fonte renovável de energia poderá não somente auxiliar na diversificação da matriz energética, mas também trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais ao país. Os consumidores irão pagar por esta energia o mesmo preço e futuramente até mesmo menos do que o preço da energia convencional, mas com um adicional de estarem consumindo uma energia ambientalmente sustentável.

Espera-se que o presente trabalho possa contribuir com diretrizes para o desenvolvimento de um programa de telhados solares fotovoltaicos no Brasil. Isso beneficiará o país, de forma a fazer com que ele já esteja com o mercado preparado para receber a tecnologia, de forma madura e confiável, quando os preços da energia FV forem competitivos com os da energia convencional.

O desenvolvimento dessas diretrizes para o fomento da geração FV no Brasil, poderá trazer benefícios diretos, tais quais:

- A inserção da tecnologia FV conectada à rede elétrica no Brasil, de forma a promover um maior e mais sustentável mix energético;
- O aumento da qualidade dos serviços energéticos, que poderão ser realizados tanto para sistemas isolados, como para sistemas conectados à rede pública de distribuição;
- O favorecimento da utilização de recursos locais, conseqüentemente contribuindo para o desenvolvimento local;
- A contribuição para a criação de novos postos de trabalho;
- O reforço ou o abastecimento de energia a comunidades locais;
- A redução os impactos sociais e ambientais oriundos da implantação de fontes convencionais de energia.

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 poderá acontecer entre os anos de 2012 e 2013, dependendo das taxas de juros aplicadas no país. Essa seria atingida primeiramente nas regiões onde existe uma combinação de sol em abundância e altos preços da energia convencional. As primeiras regiões do Brasil a atingirem paridade de rede seriam os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Piauí. Estima-se que a paridade de rede total no Brasil poderá acontecer entre os anos de 2015 e 2020.

A paridade de rede acontecerá por si própria ao longo dos anos, independente de qualquer subsídio ou programa de incentivo. O que se espera é que o país invista de em maior escala na tecnologia FV, antes que ela tenha seus preços equivalentes aos da geração convencional. Dessa forma, o setor elétrico brasileiro já estará preparado e maduro o suficiente para integrar no seu sistema essa nova fonte de energia de forma a atender às necessidades requeridas e promover um maior desenvolvimento econômico e social para o país.

## **6 REFERÊNCIAS**

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.org.br>>. Acesso em 2008.

Electricity Feed Act, 1991. Disponível em: <[http://www.bmu.de/english/renewable\\_energy/downloads/doc/40066.php](http://www.bmu.de/english/renewable_energy/downloads/doc/40066.php)> Acesso em 2008.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em 2008.

HOFFMANN, W. **PV solar electricity industry: Market growth and perspective**. Solar Energy Materials & Solar Cells v. 90, p. 3285–3311, 2006.

HOLM, D., ARCH, D. **Renewable Energy Future for the Developing World**. White Paper, 2005. Disponível em: <<http://writepaper.ises.org>>. Acesso em 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 2008.

IEA – International Energy Agency. Disponível em: <<http://www.iea.org>>. Acesso em 2008.

JANNUZZI, G. M. **Power Sector Reforms in Brazil and its Impacts on Energy Efficiency and Research and Development Activities**. Energy Policy, v. 33, p. 1753-1762, 2005.

JARDIM, C. S.; RUTHER, R.; SALAMONI, I. T.; VIANA, T.; REBECHI, S. H.; KNOB, P. **The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil**. Energy and Buildings, v. 40, p. 365-370, 2007.

KRAUTER, C. W., KISSEL, M. **RE in Latin America**. REFOCUS magazine, 2/2005.

MME – Ministério das Minas de Energia. Disponível em: <<http://www.mme.org.br>>. Acesso em 2008.

NUPAC – Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/antartica/antartica-antartida.html>>. Acesso em 2008.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RUTHER, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. Ed. São José dos Campos - SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, v. 1, p. 60, 2006.

Renewable Energy Sources Act, 2000. Disponível em: <<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/res-act.pdf>> Acesso em 2008.

Renewable Energy Sources Act, 2004. Disponível em: <[http://www.bmu.de/english/renewable\\_energy/doc/6465.php](http://www.bmu.de/english/renewable_energy/doc/6465.php)> Acesso em 2008.

RÜTHER, R.; DACOREGIO, M.; SALAMONI, I.; KNOB, P. Performance of the first grid-connected BIPV installation in Brazil over eight years of continuous operation. In: PROCEEDINGS OF THE 21ST EUROPEAN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY CONFERENCE, 2006. **Anais**. Dresden, Germany, 2006, p. 2761-2764.

SINKE, W. C. **Searching for the Holy Grail**. Photon Magazine, 9/2006.

## 7 AGRADecIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Alexander von Humboldt (Alemanha), que financiou o projeto do gerador solar fotovoltaico a partir do qual foram obtidos os dados de geração solar utilizados neste trabalho; ao *Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership* (REEEP, Áustria) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro a este projeto de pesquisa.