

# ***Microgeração fotovoltaica conectada à rede elétrica: considerações acerca de sua difusão e implantação no Brasil***

*Grid-connected photovoltaic microgeneration: considerations about dissemination and deployment in Brazil*

Luiz Maurício Lopes de Andrade Júnior\*  
Luiz Fernando Rosa Mendes\*\*

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica aparecem como uma opção tecnológica para o atendimento à crescente demanda por energia. Este trabalho visa discutir as barreiras econômicas e técnicas e as potencialidades existentes na implantação desses sistemas no Brasil a partir da Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012. O trabalho consiste em uma pesquisa exploratória para a descrição e a identificação das oportunidades e dos benefícios, bem como das dificuldades e barreiras na difusão desse tipo de sistema de geração. Assim, para a difusão da geração, faz-se necessário um esforço mútuo entre os segmentos que permeiam a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia.

*Grid-connected photovoltaic power systems appear as a technological option to meet the growing demand for energy. The article discusses the economic and technical barriers and the potential for deployment of these systems in Brazil from the rules of ANEEL Resolution No. 482/2012. The work consists of a survey for the description and identification of the opportunities and benefits as well as the difficulties and barriers in the dissemination of this type of generation system. Thus, for the diffusion of the generation, there must be mutual effort between segments that permeate the generation, transmission, distribution and commercialization of energy.*

Palavras-chave: Geração distribuída. Oportunidades. Desafios.

*Keywords: Distributed generation. Opportunities. Challenges.*

## ***1 Introdução***

Atualmente verifica-se no Brasil uma crise hídrica e energética (COPPE, 2015; RITTLL, 2015; MENDES, 2014).

O percentual de contribuição das fontes renováveis de energia<sup>1</sup> na matriz elétrica brasileira está se reduzindo em virtude de condições hidrológicas

\* Tecnólogo em Sistemas Elétricas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) e Professor do IFFluminense *campus* Campos Centro, Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: lmauricio.lopez@gmail.com.

\*\* Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Candido Mendes (UCAM-Campos). Pesquisador do Núcleo de Pesquisa em Gestão Ambiental e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) *campus* Campos Centro e Guarás, Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: lfmendes@iff.edu.br.

<sup>1</sup> Por fontes renováveis de energia, Goldemberg e Lucon (2008) consideram todas aquelas fontes que são provenientes de ciclos naturais e basicamente dependem do sol, e são praticamente inesgotáveis, conhecidas também como fontes de energia não convencionais, pois não se baseiam nos combustíveis fósseis. São consideradas fontes renováveis: biomassa, eólica, solar, geotérmica, marés e hidráulica.

desfavoráveis por conta de longos períodos de estiagem nos últimos três anos (EPE, 2015). O armazenamento de água nos principais reservatórios do país está abaixo de sua capacidade em várias regiões. Nas regiões Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO), o percentual de armazenamento de água dos reservatórios é 35,83%, na região Nordeste (NE) é 27,25%, e no Sul (S) é 30,66% (ONS, 2015).

Segundo a Empresa de Pesquisas Energéticas (2015), no ano de 2012, 84,5% de toda a energia elétrica produzida no país foi oriunda de fontes renováveis de energia, com a energia hídrica sendo responsável por 76,9% desse total. Atualmente, em virtude da escassez de chuva nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, a geração hídrica corresponde por 66% da geração de energia elétrica brasileira. A consequência desse decaimento da geração hidroelétrica é o aumento da geração termoelétrica, principalmente o gás natural e o carvão mineral (MENDES, 2014).

O aumento da geração termoelétrica por combustíveis fósseis, por sua vez, significa aumento da geração de gases que contribuem para a intensificação do efeito estufa, tais como o Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ), criação de Ozônio troposférico ( $\text{O}_3$ ) e Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Além disso, há uma incidência maior de precipitação ácida e *smog* fotoquímico (BAIRD; CANN, 2011). O aumento do uso das térmicas também eleva o custo de energia elétrica para o consumidor final (ANEEL, 2015; ANEEL propõe..., 2015).

Com o cenário atual, as utilizações das energias eólica e solar aparecem como alternativas que podem contribuir para minimizar os problemas energéticos enfrentados pelo país. A energia solar, em especial, tem um alto poder de capilaridade. Ela é responsável, de forma direta ou indireta, pela origem de todas as outras energias disponíveis. O aproveitamento da energia solar é praticamente inesgotável, tanto como fonte de luz quanto de calor e a energia solar fotovoltaica é uma das alternativas energéticas mais promissoras para o desenvolvimento humano e de fundamental importância para enfrentar os desafios futuros (PALZ, 2002).

No Brasil há um grande potencial de energia solar durante todo o ano e esse potencial pode contribuir com benefícios em longo prazo viabilizando o desenvolvimento de regiões remotas, reduzindo a conta de energia elétrica para os consumidores e diminuindo a dependência do petróleo e seus derivados na geração de eletricidade (MARTINS; PEREIRA; ECHER, 2004).

Então, em virtude da crise energética atual no país e do potencial solar brasileiro, observa-se que há uma oportunidade para difusão da energia solar fotovoltaica. Entretanto, algumas barreiras necessitam ser ultrapassadas para que haja uma adesão maior por parte dos consumidores, pois, segundo a ANEEL (2015), esse tipo de geração de energia elétrica contribui com apenas 0,01% para a matriz elétrica brasileira.

Desta forma, o trabalho visa apontar algumas barreiras econômicas e técnicas, e as potencialidades existentes na implantação dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil a partir da Resolução Normativa da ANEEL nº 482 de 17 de abril de 2012.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 Sistema solar fotovoltaico isolado ou autônomo

O sistema solar fotovoltaico autônomo ou isolado pode ser empregado em locais não atendidos pelos serviços da rede da concessionária de eletricidade (Figura 1). Esse sistema pode ser utilizado também para alimentação elétrica de iluminação pública, sistemas de telecomunicações, equipamentos de monitoramento e sinalização em rodovias.



Figura 1 – Conjunto de painéis solares fotovoltaicos instalado em sistema isolado na comunidade Monte Alegre localizada na Chapada Diamantina/BA

Fonte: Energia Pura, 2015

Os sistemas fotovoltaicos isolados podem ser configurados de duas maneiras básicas: sem armazenamento de energia ou com armazenamento de energia (SANTOS, 2013).

Um caso típico de sistema isolado sem armazenamento de energia pode ser aplicado em sistemas de irrigação. O painel fotovoltaico converte a radiação solar em energia elétrica e esta última aciona um motor elétrico em corrente contínua (CC) de uma bomba d'água (VILLALVA; GAZOLI, 2012). A Figura 2 mostra um sistema de irrigação composto por dois painéis FV de 130 Wp cada e duas bombas d'água de 12 V<sub>CC</sub>.

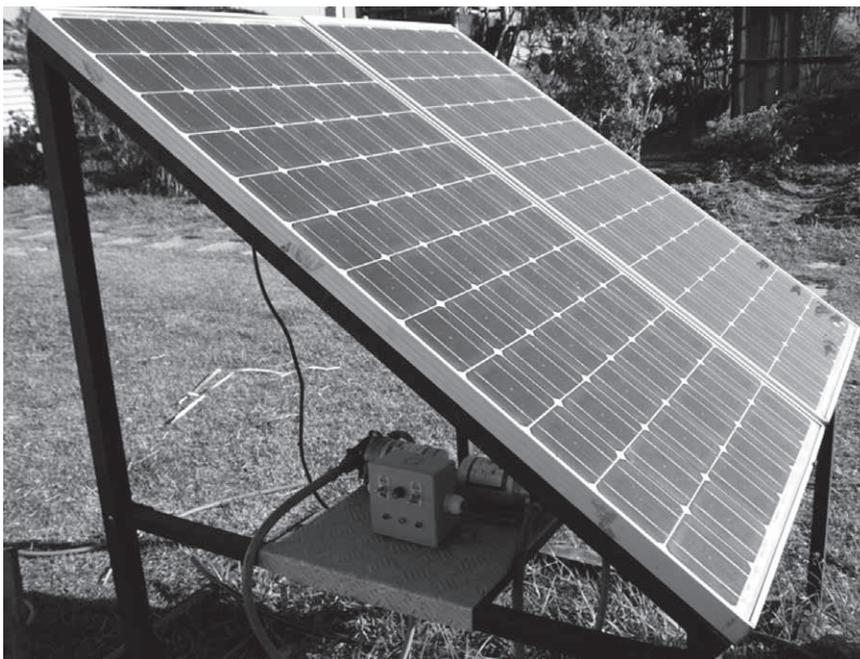


Figura 2 – Conjunto de painéis solares fotovoltaicos de 130 Wp e bombas d’água 12 V<sub>CC</sub> para irrigação

Fonte: Os autores

O sistema isolado com armazenamento de energia (Figura 3) é composto basicamente do arranjo de painéis fotovoltaicos (PFVs), um controlador de carga, banco de baterias (conjunto de baterias interligadas) e um inversor de corrente contínua para corrente alternada.

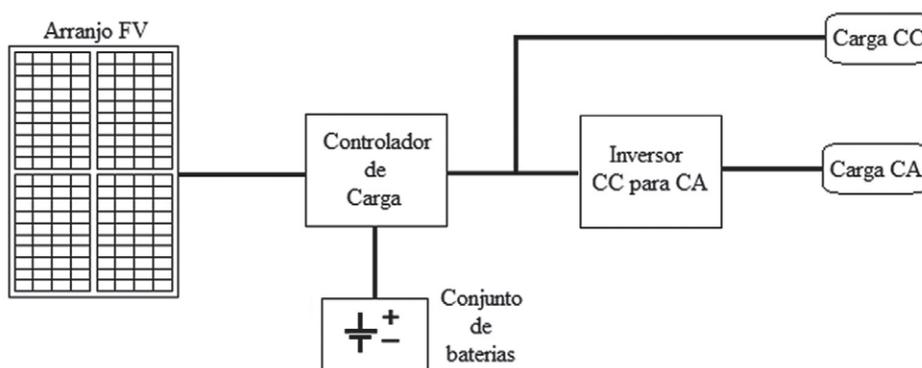


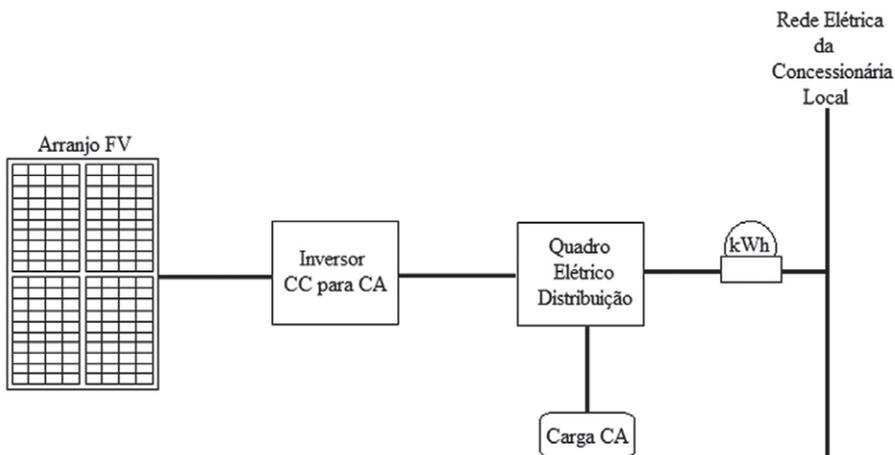
Figura 3 – Esquema básico de um sistema fotovoltaico (FV) Isolado

Fonte: Adaptado de Pinho e Galdino, 2014

Neste sistema, durante o dia os PFVs estão convertendo a radiação solar em energia elétrica, essa energia convertida é enviada para o controlador de carga (gerencia a carga e descarga da bateria), que por sua vez carrega o conjunto de baterias e simultaneamente alimenta o inversor CC/CA, que converte o sinal elétrico contínuo em um sinal elétrico de corrente alternada (CA) compatível com as cargas instaladas. Quando os aparelhos ou equipamentos que se desejam ligar funcionam em CC e com a mesma tensão elétrica da saída do controlador de carga, a alimentação elétrica dessa carga é conectada diretamente no controlador; caso contrário busca-se um controlador de carga que tenha a saída CC com o nível de tensão compatível com a carga. No período noturno os PFVs não geram energia elétrica, sendo assim a eletricidade responsável para alimentar as cargas nesse período é proveniente do conjunto de baterias (PINHO; GALDINO, 2014).

## 2.2 Sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica

O sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) basicamente é composto por um arranjo de PFVs e um inversor CC/CA específico para a conexão em paralelo com a rede elétrica da concessionária, conforme a Figura 4.



**Figura 4 – Esquema de um SFCR**

Fonte: Adaptado de Pinho e Galdino, 2014

Neste tipo de sistema a carga CA (consumidor) é alimentada simultaneamente por dois fornecimentos de energia elétrica, que são a rede elétrica da concessionária local e o SFCR do próprio consumidor por meio do inversor CC/CA. O excedente de energia elétrica gerada pelo SFCR é injetado na rede elétrica da concessionária e registrado pelo medidor de kWh.

O uso cada vez maior de SFCR tem sido uma das apostas de vários países para a busca de soluções na crescente demanda de energia, atendendo os critérios de economicidade, garantia de suprimento e sustentabilidade ambiental. Neste contexto, há uma busca pela mudança de paradigma no que se refere à geração e ao consumo de energia elétrica.

Para Rifkin (2012), ainda neste século, milhares de pessoas produzirão em suas próprias casas a “eletricidade verde” a partir de SFCR, por exemplo, e compartilharão essa energia elétrica por meio da rede de distribuição. Três exemplos da ideia de Rifkin podem ser vistos nas Figuras 5, 6 e 7.

A Figura 5 mostra a cidade alemã de Friburgo, que tem um condomínio capaz de produzir quatro vezes mais energia do que consome.



**Figura 5 – Bairro solar Schlierberg, em Friburgo, Alemanha**

Fonte: Ciclo Vivo (2015)

Na Figura 6 observa-se a Fujisawa *Sustainable Smart Town* localizada a 50 km de Tóquio e ao leste do Japão, a cidade inteira funciona de forma inteligente, consumindo menos recursos naturais.



**Figura 6 – Fujisawa Sustainable Smart Town, Japão**

Fonte: Revista Exame (2015)

Por fim, na Figura 7, é mostrada a cidade de Ota, localizada na província de Gunma e distante 138 km de Tóquio/Japão, que conta com uma população, conforme o censo de 2010, de 219.804 habitantes e tem mais de 1.000 residências com SFCR, cuja produção de energia no período de verão supera o consumo e pode, assim, render até US\$ 50 por mês para cada casa.



**Figura 7 - Cidade de Ota, província de Gunma e localizada a 138 km de Tóquio, Japão**

Fonte: Coletivo Verde (2015)

### 2.3 A Resolução nº 482 da ANEEL

Segundo Villalva e Gazoli (2012), um marco para a geração solar fotovoltaica foi estabelecido no Brasil a partir de 17 de abril de 2012, quando a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu a Resolução Normativa nº 482 com o objetivo de “estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia”.

A Resolução Normativa ANEEL 482/2012 inicialmente faz uma distinção entre microgeração e minigeração distribuída de acordo com a potência elétrica. A microgeração distribuída é definida como

central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (p. 1)

Ainda de acordo com a Resolução nº 482, a minigeração distribuída é definida como

central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (p. 1)

A resolução traz, para título de faturamento de energia elétrica, o modelo tarifário *net metering* com um medidor de quilowatt-hora por unidade consumidora. Nesse modelo tarifário há um sistema de compensação de energia entre o consumidor/ produtor e a concessionária de eletricidade. Desta forma, o custo mensal de energia elétrica para o consumidor/ produtor é proveniente de uma medição de energia líquida, ou seja, o medidor registra o consumo de energia da concessionária para a residência (consumindo da rede) e também a energia gerada pelo SFCR para a concessionária (excedente de energia do SFCR) e, conseqüentemente, o faturamento de energia elétrica mensal é a diferença entre tudo que foi consumido pela carga (residência) e tudo que foi gerado pelo SFCR (PINHO; GALDINO, 2014).

No que tange à geração de excedente de energia, a Resolução (ANEEL, 2015) cita que o consumidor/ produtor tem um período de 36 meses para usufruir dos seus créditos de energia, caso não o faça no período estipulado, ele perde o que foi creditado. Uma alternativa é a transferência dos créditos para outra fatura de energia, desde que elas sejam do mesmo proprietário. Essas duas opções são interessantes para um consumidor/ produtor que tenha mais de um imóvel.

O primeiro SFCR, de acordo com a Resolução nº 482 da ANEEL, foi instalado no dia 11 de abril de 2012 no prédio da embaixada italiana situada na cidade de Brasília/

DF. O sistema conta com 405 PFVs totalizando uma potência de 49,01 kW, uma produção de energia estimada em 86.162 kWh/ano, consumo estimado de 367.209 kWh/ano e uma economia de energia de 19%, além disso possibilita reduzir 7,6 ton/ano de emissões de CO<sub>2</sub> (EMBAIXADA ITALIANA, 2015; ANEEL, 2015).

Atualmente, segundo a ANEEL (2015), são 317 SFCRs instalados de acordo com a Resolução nº 482 (incluindo instalações em prédios residências comerciais e usinas solares fotovoltaicas), totalizando uma potência fiscalizada de 15.179 kW.

### ***3 Material e Métodos***

O presente trabalho foi constituído a partir de uma pesquisa exploratória objetivando realizar considerações referentes às oportunidades, benefícios, desafios e barreiras encontradas para a difusão e implantação da microgeração por meio da energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica no Brasil a partir da Resolução nº 482 da ANEEL e literatura atual sobre o tema em questão.

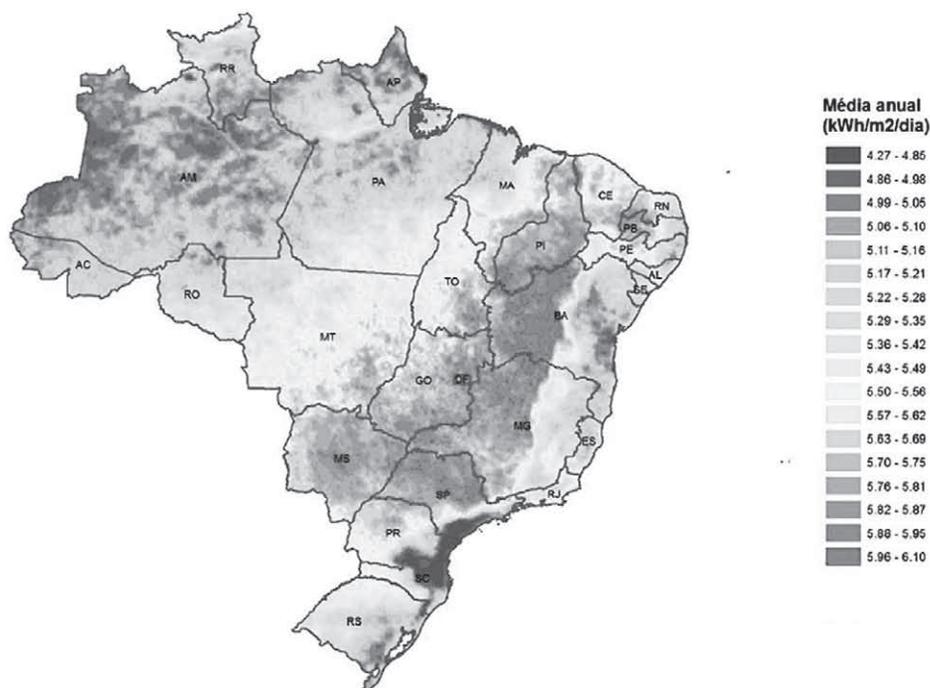
A pesquisa dividiu-se em duas vertentes: os benefícios e as barreiras. Entre os benefícios encontrados com a microgeração distribuída no Brasil, analisaram-se os ambientais, os socioeconômicos e os técnicos. No que tange às barreiras, foram investigadas as políticas, as econômicas e as técnicas.

### ***4 Resultados e Discussão***

#### ***4.1 Oportunidades e benefícios***

##### ***4.1.1 Ambientais***

O Brasil possui consideráveis índices de radiação solar, o que propicia a utilização da energia solar como fonte alternativa de energia. A radiação solar média diária no Brasil varia entre 4,27 e 6,1 kWh/m<sup>2</sup>/dia. A região do país com pior nível de radiação está entre 4,7 e 4,85 kWh/m<sup>2</sup>/dia (Figura 8). Na Alemanha, líder mundial em geração solar fotovoltaica, por exemplo, a radiação média diária não ultrapassa 3,4 kWh/m<sup>2</sup>/dia (COGEN, 2012).



**Figura 8 – Radiação solar total no Brasil, kWh/m<sup>2</sup>/dia, em plano cuja inclinação é igual à latitude do local**

Fonte: COGEN (2012)

Com isso, o potencial solar poderá ser mais explorado a fim de diversificar a matriz energética brasileira, diminuindo a pressão para a construção de barragens para hidrelétricas, construção de usinas nucleares, entre outras questões (RODRIGUES; MATAJS, 2004).

Um benefício ambiental pode ser encontrado na operação do SFCR, pois no momento da conversão da radiação solar em energia elétrica realizada no PFV e nos demais componentes que compõem o sistema não há emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. Mesmo no processo de fabricação de células fotovoltaicas, a emissão de poluentes é reduzida e controlada, isto porque a indústria tem o interesse de preservar sua imagem, limpa e responsável com o meio ambiente, sendo bastante rigorosa no controle de emissões (RODRÍGUEZ, 2002).

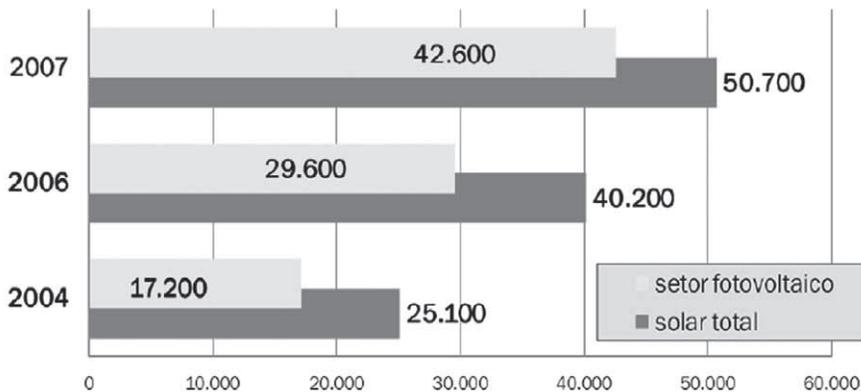
Para a instalação de sistemas de microgeração conectados à rede não há necessidade de grandes áreas específicas ou grandes obras de adequação, visto que os sistemas são instalados na própria área construída como, por exemplo, em telhados. Com isso, não há necessidade de alagamentos de áreas ou a desapropriação de grandes terrenos (RÜTHER, 2004).

#### 4.1.2 Socioeconômicos

Dentre os benefícios socioeconômicos, pode-se destacar a criação de novos postos de trabalho em toda a cadeia produtiva da indústria fotovoltaica, empresas nas áreas de fabricação, projeto, instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos (QUAGLIA, 2010).

Um exemplo da possibilidade de aumento do emprego a partir da indústria fotovoltaica é visto na cidade de Valinhos/SP, que, para atender o consumo dos usuários dos painéis e dos que desejam injetar o excedente de energia na rede, no início do ano de 2015 pôs em operação a primeira fábrica de painéis solares brasileira com capacidade de produção inicial de 580 mil painéis por ano. A matéria-prima e os componentes para montagem dos painéis serão importados da Europa e Ásia (CARTA CAMPINAS, 2015).

Segundo o Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos – GT-GDSF, coordenado por Leonelli (2015), a Alemanha é o país com maior capacidade de geração de energia com sistemas fotovoltaicos conectados à rede, com cerca de 5,3 GWp em 2008. O mercado fotovoltaico alemão empregou cerca de 42.600 pessoas em 2007, com crescimento de 44% em relação ao ano anterior. A Figura 9 apresenta um gráfico retirado do relatório que mostra o crescimento na quantidade de postos de trabalho na Alemanha.



**Figura 9 – Total de Empregos no setor de energia solar na Alemanha**

Fonte: MME, 2009

Coincidindo com Leonelli (2015) acerca do aumento no número de empregos, Villalva e Gazoli (2012) ainda complementam afirmando que

No lugar de grandes investimentos concentrados para construção de usinas convencionais de eletricidade, como as hidrelétricas, nucleares e termoelétricas, a geração distribuída de eletricidade com sistemas fotovoltaicos tem a possibilidade de pulverizar investimentos e recursos, criando milhares de empregos diretos e indiretos em todas as regiões do país (p. 38).

A redução nos custos mensais de energia elétrica é outro ponto preponderante quando se trata de implantação de SFCRs em residências e edifícios comerciais, pois o consumidor/ produtor pode eliminar o custo mensal de energia elétrica, em kWh, junto à concessionária e pagar apenas as taxas de disponibilidade da rede de distribuição e taxa de iluminação pública ou ainda reduzir um percentual da fatura mensal de energia. Vale ressaltar que as reduções na fatura de energia provenientes do uso de SFCR estão atreladas à radiação solar incidente no local da instalação do sistema e também dos dias e períodos do ano (DIDONÉ; WAGNER; PEREIRA, 2014).

#### *4.1.3 Técnicos*

Santos e Jabbour (2013) afirmam que “o Brasil possui uma das maiores reservas de quartzo para produção de silício do mundo”. Essas reservas poderiam diminuir os custos de produção, pois a matéria-prima para produção das células já estaria em território brasileiro.

Outra oportunidade importante e que coloca o país na vanguarda da indústria fotovoltaica mundial está no trabalho realizado no Núcleo de Tecnologia em Energia Solar (NT-Solar) da Universidade Católica do Rio Grande do Sul pelos pesquisadores Izete Zanesco e Adriano Moehlecke, que desenvolveram células solares que alcançam eficiências de 15,4%, valor acima da média mundial da indústria utilizando processos de custo reduzido. As mesmas estão instaladas em uma planta-piloto no prédio do NT-Solar (NÓS..., 2015).

Do ponto de vista da instalação, os SFCRs se tornam ainda mais atraentes quando instalados nos grandes centros consumidores (edifícios), visto que o carregamento (demanda) da rede coincide com o período de geração fotovoltaica, aliviando os sistemas de distribuição das concessionárias locais e assim postergando os investimentos na expansão dos sistemas de distribuição e transmissão (OLIVEIRA, 2002; DIAS; BOROTNI; HADDAD, 2005).

Como dito anteriormente, para a instalação de sistemas fotovoltaicos, pode-se utilizar a própria estrutura das edificações, como, por exemplo, telhados, cobertura de edifícios, entre outros. O MME (2009) cita como exemplo os prédios de instituições públicas, onde a curva de demanda de energia elétrica é mais expressiva no período diurno devido à utilização de aparelhos de ar condicionado em dias mais quentes e ensolarados e, desta forma, criando uma sinergia com a carga, ou seja, em média os SFCRs geram eletricidade justamente no período (durante o dia) em que há um maior consumo de energia elétrica por parte dessas edificações, desta maneira reduzindo os custos.

Segundo Rütther (2004), os SFCRs possuem grande modularidade e curtos prazos de instalação, eliminando a necessidade de capacidade ociosa. Desta forma, o consumidor/ produtor pode ampliar a sua geração de energia de acordo com sua necessidade de demanda ou possibilidade de investimento.

## 4.2 Barreiras e desafios

### 4.2.1 Econômicos

O custo de implantação e a energia gerada pelos SFCRs são os principais fatores econômicos relacionados à inserção desse tipo de sistema no Brasil. Analisando-se o custo de implantação de um sistema fotovoltaico em comparação a fontes de energia convencionais, verifica-se que os custos dos SFCRs são maiores. Isso ocorre porque no Brasil não há produção em escala comercial de células, módulos fotovoltaicos e inversores (para SFCR), os mesmos são em sua maioria importados, o que torna mais onerosa a aquisição e implantação desses sistemas no país (PINHO; GALDINO, 2014).

Como dito anteriormente, o custo dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil é elevado se comparado ao custo de expansão do setor elétrico e com as tarifas praticadas. Segundo Leonelli (2015), o custo do MWh nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede varia entre R\$ 800 e R\$ 900. Já o custo marginal de expansão do setor elétrico nacional é de U\$ 57/MWh, segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007).

Vale ressaltar que o custo para implantação de um sistema fotovoltaico vem numa trajetória descendente desde o ano 2000 em alguns países, como a Alemanha. A Figura 10 apresenta os valores médios entre 2006 e 2012, sem taxas, para sistemas fotovoltaicos de até 100 kWp instalados naquele país. No entanto, esse decréscimo não é tão evidente no Brasil (PINHO; GALDINO, 2014).

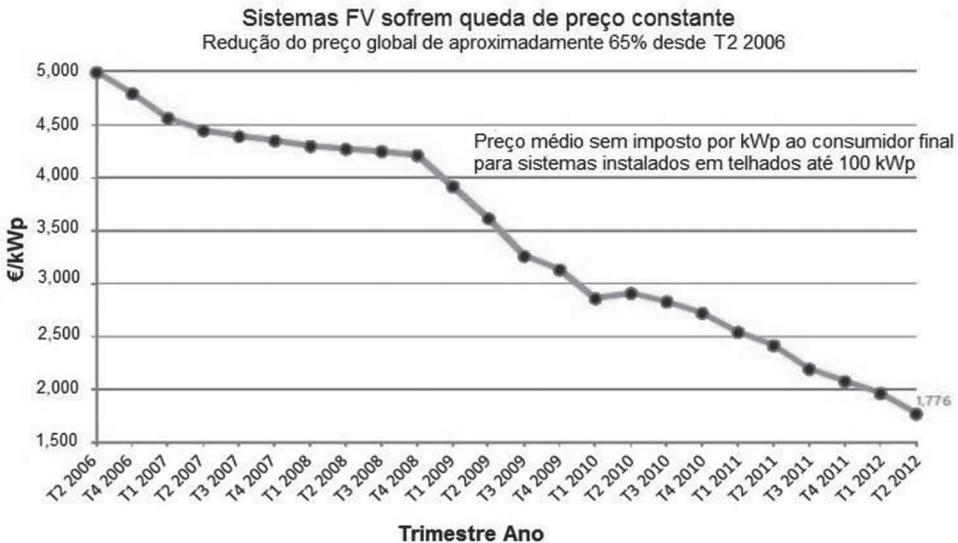


Figura 10 – Preço dos Sistemas Fotovoltaicos de 100 kWp na Alemanha

Fonte: Pinho e Galdino, 2014

Para exemplificação do custo de um sistema fotovoltaico com conexão à rede, a Tabela 1 mostra os valores dos principais componentes (PFVs e inversor CC/CA interativo) de um micro-SFCR. O levantamento desses custos foi alinhado para um consumo de energia elétrica de aproximadamente 552 kWh/mês com 5 h/dia de sol pleno. De acordo com o consumo de energia solicitado chegou-se a um valor de R\$ 26.199,00 para aquisição do sistema. Vale destacar que nesse levantamento não foram incluídos os custos com o projeto, materiais diversos (estrutura para fixação dos PFVs, dispositivos de proteção contra surto, cabos elétricos, quadros elétricos) e mão de obra para instalação. Os custos do projeto, materiais diversos e mão de obra variam com as condições específicas de cada instalação.

**Tabela 1 – Orçamento simplificado de um micro-SFCR**

Equipamento/ Especificações	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Total (R\$)
Painéis solares de 230 W, Monocristalino, alta eficiência, com 25 anos de garantia	16	950,00	15.200,00
Inversor CC/CA – ON GRID – 7 kW de Potência, com alta eficiência de operação de 93%, 5 anos de garantia	1	10.999,00	10.999,00
<b>TOTAL</b>			<b>26.199,00</b>

Fonte: Adaptado de Energia Pura, 2014

Em países como Alemanha, EUA e Japão, por exemplo, há mecanismos para a expansão desse tipo de sistema. Na Alemanha existe o *German Renewable Energy Sources*; nos EUA, a *California Solar Initiative*; e no Japão, o *Japanese Residential PV System Dissemination Program* (SANTOS; JABBOUR, 2013).

No Quadro 1, pode-se verificar os principais mecanismos utilizados para impulsionar a geração de eletricidade a partir da energia solar fotovoltaica.

Mecanismo	Breve descrição
Tarifa-prêmio	Aquisição, pela distribuidora, da energia a uma tarifa superior àquela paga pelo consumidor. Subsídio dado pelo governo e repassado aos demais consumidores.
Cotas (ROC, RPO, REC, RPS e leilões)	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica a partir de fontes renováveis.
Subsídio ao investimento inicial	Subsídio direto, seja sobre equipamentos específicos, seja sobre o investimento total no sistema fotovoltaico.
Dedução no imposto de renda	Dedução no imposto de renda de parte ou todo investimento realizado em sistemas fotovoltaicos.
Incentivo à aquisição de eletricidade “verde” oriunda de sistemas fotovoltaicos	Confere ao consumidor final o direito de escolha quanto à aquisição de eletricidade proveniente de geração fotovoltaica, mediante o pagamento de uma tarifa maior.

Obrigatoriedade de aquisição de FV no portfólio obrigatório de renováveis	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica proveniente de geração fotovoltaica.
Fundos de investimentos para FV	Oferta de ações em fundos privados de investimentos
Ações voluntárias de bancos comerciais	Concessão preferencial de hipotecas para construções que possuam sistemas fotovoltaicos e empréstimos para instalações destes sistemas.
Ações voluntárias de distribuidoras	Mecanismos de suporte à aquisição de energia renovável pelos consumidores, instalação de plantas centralizadas de FV, financiamento de investimentos e modelos de aquisição de eletricidade derivada de FV.
Padrões em edificações sustentáveis	Estabelecimento de padrões mínimos de desempenho para edificações (existentes e novas), cujo contexto favorece, entre outras, a adoção de sistemas fotovoltaicos.

### Quadro 1 – Descrição dos mecanismos mais difundidos para a energia solar fotovoltaica

Fonte: EPE (2012) apud IEA (2011)

No Quadro 2, pode-se verificar alguns países e ações de estímulo para incorporação da energia solar fotovoltaica em suas matrizes elétricas. Os países com maior número de mecanismo são os EUA e a Alemanha, sendo a tarifa-prêmio a mais difundida entre os países em questão e logo em seguida as ações voluntárias das distribuidoras de energia e bancos comerciais e subsídios ao investimento inicial.

Mecanismo	Alemanha	Itália	França	EUA	Japão	Espanha
Tarifa-prêmio ("feed-in tariff")	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Subsídio ao investimento inicial		✓	✓	✓	✓	
Incentivo à aquisição da energia produzida				✓		
Dedução no imposto de renda			✓	✓		
Obrigação de aquisição da energia pela concessionária				✓	✓	✓
Fundos de investimentos para FV	✓			✓		✓
Net metering/Net billing				✓		
Ações voluntárias de bancos comerciais	✓	✓		✓	✓	
Ações voluntárias de distribuidoras	✓			✓	✓	✓
Padrões em edificações sustentáveis	✓					✓

### Quadro 2 – Mecanismos de incentivo à geração solar fotovoltaica em alguns países

Fonte: EPE (2012) apud IEA (2011)

No Brasil não há incentivo de caráter social, fiscal ou comercial voltado para facilitar a compra dos componentes fotovoltaicos e para a realização de instalações em edificações urbanas, salvo algumas exceções como, por exemplo, os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Norte e o do Ceará que deixam de tributar ICMS

sobre a transação no sistema de compensação de energia (TIAGO FILHO et al., 2015; G1, 2015). No entanto, os mecanismos citados no Quadro 2 podem ser incorporados no Brasil. As ações voluntárias por parte dos bancos comerciais podem facilitar a aquisição dos SFRCs em forma do *leasing*<sup>2</sup>, assim como realizado para aquisição de outros bens por parte do cidadão.

No Brasil, em 2004, foi lançado o PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia, com o objetivo de diversificar a matriz energética brasileira, buscando fontes alternativas de energia como a biomassa, a eólica e as PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas), a fim de aumentar a segurança no atendimento. Porém a energia solar não foi incluída no programa por não ser considerada naquele momento uma fonte de energia viável e estratégica (ABINEE, 2012).

Outra iniciativa brasileira que pode contribuir para a expansão das energias renováveis, principalmente a solar fotovoltaica é o projeto-piloto intitulado “Cidade Inteligente Búzios”, que está em desenvolvimento em caráter de parceria entre a prefeitura da cidade de Búzios/RJ, o governo do estado, a concessionária local de energia elétrica, instituições de pesquisa e empresas do setor para transformar a cidade de Búzios em uma *Smart city*<sup>3</sup>. Dentro desse conceito há a utilização de recursos naturais renováveis (vento e radiação solar) para geração de energia elétrica. As gerações de energia eólica e solar fotovoltaica são conectadas à rede elétrica e gerenciadas por uma central da concessionária de energia local.

#### 4.2.2 Técnicos

Se por um lado o aspecto técnico tem oportunidades, por outro apresenta também algumas barreiras. Uma delas está na preocupação com a intermitência da disponibilidade de energia solar. Podem ocorrer variações na geração em função, por exemplo, da passagem de nuvens (ABINEE, 2012).

Outra limitação técnica está no acúmulo de resíduos sólidos após a vida útil dos materiais utilizados nos sistemas fotovoltaicos, sendo necessárias tecnologias que busquem um reaproveitamento/reciclagem após o descarte dos PFVs (JANNUZZI; VARELLA, 2009).

Verifica-se uma necessidade iminente de integração entre centros de pesquisas e as empresas, pois há uma lacuna entre esses dois setores (SANTOS; JABBOUR, 2013).

<sup>2</sup> Segundo o FOREGON (2015), o *leasing* é um sistema de arrendamento mercantil, ou seja, de aluguel com opção de compra. A prática do *leasing* é utilizada principalmente para a aquisição de veículos novos. As principais vantagens em relação às outras opções de financiamento são as taxas de juros e a isenção do IOF (Imposto sobre Operações Financeiras).

<sup>3</sup> Cidade onde se investe em capital humano e social e se utiliza da infraestrutura de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) como elemento principal para um crescimento econômico sustentável e uma melhora de qualidade de vida, uma boa gestão de recursos naturais e energéticos através de uma governança participativa com atuação do cidadão e do estado. (ANDERLE; FREITAS JÚNIOR, 2015 apud CARAGLIU et al., 2011).

Tal lacuna acaba por dificultar o domínio de tecnologia e, além disso, não forma mão de obra especializada para lidar com tais sistemas. Segundo Morante et al. (2008), são poucas as instituições brasileiras que formam profissionais habilitados.

#### 4.2.3 Políticos

Interesses políticos aparecem como barreiras e desafios a serem vencidos. Segundo Rubin e Leitão (2014), falta seriedade por parte do poder público em direcionar as políticas de planejamento energético do país. Eles salientam que

...o Brasil poderia diversificar sua matriz energética e alcançar a segurança do setor se investisse com seriedade nas novas renováveis. Para se ter um exemplo, toda demanda do Estado do Rio de Janeiro poderia ser atendida se apenas 5% de sua área urbanizada fosse coberta por painéis solares.

Mesmo tendo um marco regulatório (Resolução nº 482/2012 da ANEEL), vários empecilhos aparecem guiados por vários interesses. De acordo com Morante et al. (2008), todos esses entraves trazem consequências materializadas no desperdício dos recursos econômicos e no adiamento de ações planejadas.

Observa-se a necessidade de revisão da Resolução nº 482/2012, principalmente no que tange ao modelo tarifário, para que o consumidor/produtor possa “vender” a energia excedente do seu sistema e não “ceder” para a concessionária, ou seja, a ANEEL necessita mudar o modelo tarifário atual, que está baseado em compensação de energia (*net metering*) para o modelo de tarifa-prêmio (*feed in*) (TIAGO FILHO et al., 2015).

Além das questões acima citadas, há uma preocupação por parte das distribuidoras de energia do sistema elétrico de que, num primeiro momento, a ascensão em massa dos SFCRs represente perda de receita. Isto está relacionado ao ponto de conexão do sistema FV à rede, isto é, se está antes ou depois do medidor de energia instalado na residência (MME, 2009).

## 5 Conclusões

Assim, a energia solar através da geração fotovoltaica tem potencial em todo o território brasileiro e pode mitigar os efeitos negativos da geração de energia elétrica ao meio ambiente. No entanto, há necessidade de exploração mais intensa dessa energia, em especial pelos sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

Os sistemas conectados à rede são uma opção de geração distribuída, visto

que tais sistemas ficam próximos aos centros de carga, suprimindo uma crescente demanda por energia elétrica.

Do ponto de vista legal, é necessária uma revisão na Resolução nº 482/2012 da ANEEL que possibilite ao consumidor/gerador a venda de energia, não ficando apenas restrito à compensação de energia, como traz a Resolução em questão.

O país necessita criar mecanismos regulatórios mais eficazes, bem como incentivos à utilização da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica. Esses mecanismos podem ser subsídios para aquisição de equipamentos, criação de políticas públicas que difundam e incentivem o uso dessa tecnologia de geração de energia e que busquem a maior nacionalização dos equipamentos. Essas podem ser algumas medidas a fim de reduzir os custos com a aquisição e implantação de um SFCCR, tornando-o viável economicamente de modo a motivar os cidadãos a incorporarem em suas residências tais sistemas de geração e assim aumentar a participação da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira.

O Brasil deve incentivar a qualificação da mão de obra de toda a cadeia produtiva da indústria fotovoltaica. Aliado a isso, aportar maiores incentivos à pesquisa científica na área fotovoltaica por meio de órgãos de fomento, além de buscar um maior estreitamento entre a pesquisa e o mercado.

Desta forma, para a difusão dos sistemas fotovoltaicos no Brasil e eliminação ou diminuição das atuais barreiras descritas no trabalho, fazem-se necessários um amplo debate sobre a geração solar fotovoltaica conectada à rede elétrica e um esforço mútuo entre todos os atores envolvidos nos segmentos que permeiam a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Deve haver uma cooperação entre governo, centros de pesquisa e universidades, distribuidoras de energia elétrica, fabricantes de equipamentos e consumidores, sendo o governo um facilitador entre os demais envolvidos com o intuito de estimular o aumento de consumidores/produtores de energia em nível residencial e dessa forma minimizar os investimentos em grandes empreendimentos de geração, tais como hidroelétricas e termoeletricas.

## *Referências*

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Bandeiras tarifárias*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758&cidPerfil=2&idiomaAtual=0>>. Acesso em: 25 maio 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Banco de informações de geração*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 25 maio 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa 482*, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2015.

ANDERLE, D. F.; FREITAS JÚNIOR, V. *A utilização da tecnologia da informação nas "Smart Cities": um estudo bibliométrico*. Disponível em: <[http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/artigo\\_-\\_a\\_utilizacao\\_da\\_tecnologia\\_da\\_informacao\\_nas\\_smart\\_cities\\_-\\_um\\_estudo\\_bibliometrico.pdf](http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/artigo_-_a_utilizacao_da_tecnologia_da_informacao_nas_smart_cities_-_um_estudo_bibliometrico.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2015.

ANEEL propõe restabelecer regras de rateio do custo das térmicas. *Valor econômico*. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3880672/aneel-propoe-restabelecer-regra-de-rateio-do-custo-de-termicas>>. Acesso em: 25 maio 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA ELETRÔNICA. *Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira*. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/noticias/com133.htm>>. Acesso em: 3 set. 2014.

BAIRD, C.; CANN, M. *Química Ambiental*. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2011.

CARTA CAMPINAS. *Valinhos inaugura este mês a primeira montadora de painel solar fotovoltaico*. Disponível em: <<http://cartacampinas.com.br/2015/02/valinhos-inaugura-este-mes-a-primeira-montadora-de-painel-solar-fotovoltaico/>>. Acesso em: 9 jun. 2015.

CICLO VIVO. *Bairro solar na Alemanha produz quatro vezes mais energia do que consome*. Disponível em: <[http://ciclovivo.com.br/noticia/bairro\\_solar\\_na\\_alemanha\\_produz\\_quatro\\_vezes\\_mais\\_energia\\_do\\_que\\_consome](http://ciclovivo.com.br/noticia/bairro_solar_na_alemanha_produz_quatro_vezes_mais_energia_do_que_consome)>. Acesso: 9 jun. 2015.

COGEN.ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. *GT COGEN Solar: inserção da energia solar no Brasil*. Disponível em: <[http://www.cogen.com.br/info\\_doc\\_solar.asp](http://www.cogen.com.br/info_doc_solar.asp)>. Acesso em: 5 maio 2014.

COLETIVO VERDE. *Ota a Cidade Solar: Cidade Japonesa já tem mais de 1000 casas utilizando energia solar*. Disponível em: <<http://www.coletivoverde.com.br/ota-a-cidade-solar/>>. Acesso em: 9 jun. 2015.

COPPE debate crise hídrica e de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.planeta.coppe.ufrj.br/artigo.php?artigo=1923>>. Acesso em: 8 fev. 2015.

DIAS, M.V.X.; BORTONI, E.C.; HADDAD, J. Geração Distribuída no Brasil: Oportunidades e barreiras. *Revista Brasileira de Energia*, v.11, n. 2, p.1-11, 2005. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/21/>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. *Revista Ambiente Construído* [online], v. 14, n.3, p.27-42, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212014000300003>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

EMBAIXADA ITALIANA. *Projeto embaixada verde: rumo à Rio +20*. Disponível em: <[http://www.ambbrasilia.esteri.it/NR/rdonlyres/D935BC43-2BD7-4A3C-9661-A8CED7EA6F3C/57978/ProjetoEmbaixadaVerde\\_PT\\_1.pdf](http://www.ambbrasilia.esteri.it/NR/rdonlyres/D935BC43-2BD7-4A3C-9661-A8CED7EA6F3C/57978/ProjetoEmbaixadaVerde_PT_1.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2015.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. *Análise de inserção da geração solar*

*na matriz elétrica brasileira*. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/geracao/Paginas/NotatécnicaAnálisedaInserçãodaGeraçãoSolarnaMatrizElétricaBrasileira.aspx>>. Acesso em: 9 mar. 2015.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. *Balanco Energético Nacional*. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 9 mar. 2015.

ENERGIA PURA. Site. Disponível em: <<https://www.energiapura.com/>>. Acesso em: 19 jun. 2014.

EPE. EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. *Plano Nacional de Energia 2030: PNE 2030*. Rio de Janeiro: EPE/MME, 2007. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em: 1 set. 2014.

EXAME. *Conheça Fujisawa, a cidade verde e inteligente do Japão*. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/conheca-fujisawa-a-cidade-verde-e-inteligente-do-japao#1>>. Acesso em: 9 jun. 2015.

FOREGON. *O que é o leasing*. Disponível em: <<http://www.foregon.com/dicas/7/o-que-e-leasing.aspx>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

G1. *Pequenos produtores de energia do RN terão isenção no ICMS*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2015/06/pequenos-produtores-de-energia-do-rn-terao-isencao-no-icms.html>>. Acesso em: 5 jun. 2015.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

JANNUZZI, G.; VARELLA, F.; GOMES, R. *Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: panorama da atual legislação*. Campinas: Pro-Cobre, 2009.

LEONELLI, P. A. (Coord.). *Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas*. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mmegtsf.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

MARTINS, F.R.; PEREIRA, E.B.; ECHER, M. P. S. O aproveitamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário: o projeto SWERA. *Revista Brasileira de Ensino de Física* [online], v.26, n.2, p. 145-159, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.org>>. Acesso em: 25 maio 2015.

MENDES, L. F. R. Considerações acerca da geração hidroelétrica fluminense a partir da crise hídrica do estado de São Paulo. *Boletim do Observatório Alberto Lamego*, v.8, n.1, p. 35-49, 2014.

MORANTE, F. T et al. Panorama da geração distribuída no Brasil utilizando a tecnologia solar fotovoltaica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, CBENS, 2., 2008, Florianópolis. *Anais...NÓS* pesquisamos para produzir energia elétrica limpa e sustentável. PUC, RS. Disponível em: <<http://www3.pucrs.br/portal/page/portal/pesquisa/Capa/EnergiaSolar>>. Acesso em: 8 jun. 2015.

OLIVEIRA, S. H. F. *Geração Distribuída de eletricidade: Inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no Estado de São Paulo*. São Paulo, 2002. 198p. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, 2002.

- PALZ, W. *Energia Solar e Fontes Alternativas*. São Paulo: Hemus, 2002.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Org.). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPTEL-CRESESB, 2014.
- QUAGLIA, R. B. *Incentivo à Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos: cenários para o setor elétrico brasileiro*. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade Federal do ABC. Santo André.
- RIFKIN, J. *A Terceira Revolução Industrial*. São Paulo: M. Books, 2012.
- RITTL, C. *Brasil, entre o berço esplêndido e caos climático*. Disponível em: <<http://www.seeg.eco.br/carlos-ritt-Brasil-entre-o-berco-esplendido-e-caos-climatico/>>. Acesso em: 3 fev. 2015.
- RODRIGUES, D.; MATAJS, R. *Um banho de sol para o Brasil: o que os aquecedores podem fazer pelo meio ambiente e sociedade*. São Lourenço da Serra: Vitae Civilis, 2004.
- RODRÍGUEZ, C. R. C. *Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: o caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede*. 2002. 104p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- RUBIM, B.; LEITÃO, S. *Falta seriedade*. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/opiniao/falta-seriedade-12752966#ixzz34LF1ZL20>>. Acesso em: 12 jun. 2014.
- RUTHER, R. *Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração de energia fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica*. 1. ed. Florianópolis: UFCS/LABSOLAR, 2004.
- SANTOS, J. B.; JABBOUR, C. J. C. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. *Revista Saúde e Sociedade* [online], v. 22, n.3, p. 972-977, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.org>>. Acesso em: 22 fev. 2015.
- SANTOS, M. A. (Org.). *Fontes de energia nova e renovável*. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- TIAGO FILHO, G. L. et al. *A viabilidade de aplicação da resolução 482 na implantação de sistemas de geração fotovoltaica nas atuais condições de mercado*. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/noticias/a-viabilidade-de-aplicacao-da-resolucao-482-na-implantacao-de-sistemas-de-geracao-fotovoltaica-nas-atuais-condicoes-de-mercado.html>>. Acesso em: 22 fev. 2015.
- VILLALVA, M.; GAZOLI, J. *Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações: Sistemas Isolados e Conectados à Rede*. São Paulo: Érica, 2012.

*Artigo recebido em: 26 de mar. 2015*  
*Aceito para publicação em: 13 de ago. 2015*