

PANORAMA BRASILEIRO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

BRAZILIAN PANORAMA OF PHOTOVOLTAIC ENERGY IN THE DISTRIBUTED GENERATION

Jackson Rodrigo Uhmann

Bacharel em Ciência da Computação (UFPR), Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável (UNINTER), Centro Universitário Internacional UNINTER
uhmann@gmail.com

Isaura Marques de Souza Uhmann

Arquiteta e Urbanista (PUC-PR), Especialista em Gerenciamento de Obras (UTFPR), Mestre em Engenharia da Construção Civil (UFPR), Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós-graduação em Engenharia da Construção Civil, Doutoranda em Engenharia da Construção Civil (UFPR), Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós-graduação em Engenharia da Construção Civil
isaura.uhmann@gmail.com

Rafael Lopes Ferreira

Gestor Ambiental (Faculdades Integradas Camões / PR), Especialista em Biotecnologia (PUC-PR), Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental (UTFPR), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
raffa.amb@gmail.com

RESUMO

As alterações climáticas tem sido um dos problemas atuais mais debatidos. Dados indicam que 67% dos recursos para a produção de energia elétrica no mundo são de origem fóssil. No Brasil predominam as fontes de geração hidrelétrica e termelétrica. A primeira, apesar de ser considerada uma fonte renovável, gera impactos socioambientais significativos. Neste cenário, estima-se que a energia solar fotovoltaica venha desempenhar papel importante no atendimento da demanda elétrica mundial ao longo das próximas décadas. A principal estratégia utilizada em energia fotovoltaica está aplicada na geração distribuída, onde o consumidor torna-se um gerador de energia elétrica. O presente artigo objetiva analisar as questões socioambientais envolvidas na atual matriz de energia elétrica brasileira, propondo uma análise de viabilidade da inserção de geração distribuída utilizando energia solar fotovoltaica. Para tal será apresentado um estudo de caso que analisa os critérios ambientais das principais fontes geradoras de energia elétrica da matriz brasileira e o sistema fotovoltaico conectado à rede. A pesquisa apresenta uma estrutura fixa de natureza exploratória com aplicação em estudo de caso. Os procedimentos adotados envolvem a coleta de dados bibliográficos na busca de elementos convergentes aos estudos propostos. Os comparativos apontam que o Brasil tem um potencial de irradiação solar maior que o da Alemanha, país líder em capacidade instalada de sistema fotovoltaico conectado à rede. Estudos também demonstram que com a utilização dos telhados residenciais já existentes, a capacidade de produção supera a necessidade de consumo residencial em todos os estados brasileiros.

Palavras-chave: Meio ambiente. Energia Fotovoltaica. Geração Distribuída.

ABSTRACT

Climate change has been one of the most debated current problems. Data indicate that 67% of the resources for the production of electric energy in the world are of fossil origin. In Brazil the largest sources of energy generation are hydroelectric and thermoelectric. The first, despite being considered a renewable source, generates significant socioenvironmental impacts. In this scenario, it is estimated that photovoltaic solar energy will play an important role in meeting the world's electric demand over the coming decades. The main strategy used in photovoltaic energy is applied in distributed generation, where the consumer becomes an electric power generator. The present article aims to analyze the socioenvironmental issues involved in the current Brazilian electric energy matrix, proposing a feasibility analysis of the insertion of distributed generation using photovoltaic solar energy. To this end, a case study will be presented that analyzes the environmental criteria of the main sources of electric energy of the Brazilian matrix and the photovoltaic system connected to the grid. The research presents a fixed structure of exploratory nature with application in case study. The procedures adopted involve the collection of bibliographic data in the search for elements that converge with the proposed studies. The comparatives point out that Brazil has a greater potential for solar irradiation than Germany, the leading country in installed capacity of photovoltaic system connected to the grid. Studies also show that with the use of existing residential roofs, production capacity exceeds the need for residential consumption in all Brazilian states.

Keywords: Environment. Photovoltaics. Distributed Generation.

INTRODUÇÃO

As alterações climáticas tem sido um dos problemas atuais mais debatidos. Muitos governos concordam que a emissão de gases de efeito estufa precisam ser controladas para controlar ou prevenir os seus impactos (GALLI *et al.*, 2011, p. 998-1027).

Porém, segundo dados da EIA¹ (2013), 67% dos recursos para a produção de energia elétrica no mundo ainda são de origem fóssil: 40% carvão, 22% gás natural, 5% petróleo e outros combustíveis líquidos. Percebe-se que a queima de combustíveis não era historicamente uma preocupação. Infelizmente, o efeito estufa tem causado consideráveis mudanças climáticas e impactos ambientais (LO e ANSARI, 2012, p. 799-821).

Particularmente no Brasil a geração através de hidrelétricas, apesar de ser considerada uma fonte renovável, gera diversos impactos socioambientais (FRAGOMENI e GOELLNER, 2009, p. 76-85). Além disto, novas explorações deste potencial estão cada vez mais distantes dos grandes centros consumidores, como a região amazônica,

¹ EIA é sigla para *Energy Information Administration*, vinculada ao departamento de energia dos Estados Unidos.

apresentando crescentes dificuldades na obtenção de licenças ambientais devido aos impactos que produzem, além de exigir maiores investimentos em linhas de transmissão.

Neste cenário, estima-se que a energia solar através de sistemas fotovoltaicos venha desempenhar papel importante no atendimento da demanda elétrica mundial ao longo das próximas décadas. A maioria das projeções internacionais indicam essa fonte ocupando uma parcela significativa das matrizes energéticas mundiais, sendo importante para o Brasil definir qual estratégia adotar para desenvolver este mercado no país, beneficiando-se dos seus desdobramentos econômicos, tecnológicos, sociais e ambientais (EPE², 2014).

A principal estratégia utilizada pelos países líderes na tecnologia de geração fotovoltaica está aplicada na geração distribuída (GD), onde o consumidor torna-se também um gerador de energia elétrica, podendo aproveitar os telhados e fachadas de edificações para gerar energia conectado à rede elétrica, no que denominamos sistemas fotovoltaicos conectados à rede – SFVCR.

O presente artigo objetiva analisar brevemente as questões socioambientais envolvidas na atual matriz de energia elétrica brasileira, propondo uma análise de viabilidade da inserção de GD utilizando energia solar fotovoltaica. Para tal será apresentado um estudo de caso que irá analisar critérios ambientais das principais fontes geradoras de energia elétrica da matriz brasileira e o SFVCR. Também serão estudados mapas fotovoltaicos para estabelecer comparativos de viabilidade desta tecnologia no Brasil.

ENERGIA FOTOVOLTAICA NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Contexto Histórico da Energia Elétrica

Thomas Edison, em 1882, construiu a primeira central de geração distribuída com capacidade de fornecer energia para 59 clientes, em um raio de 1 km² na cidade de Nova Iorque. Ao longo do tempo, com o desenvolvimento de transformadores, o uso da corrente alternada possibilitou o atendimento a cargas distantes do ponto de geração.

² EPE é sigla para Empresa de Pesquisa Energética, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

Dessa forma se consolidou o modelo de grandes centrais de geração e extensas linhas de transmissão, impulsionado pela crescente demanda nos grandes centros urbanos (DIAS et al., 2005, p. 11).

Desde então, a geração de eletricidade é majoritariamente feita através de grandes centrais geradoras, sendo então distribuída através de uma vasta rede de transmissão e distribuição, modelo este causador de significativos impactos ambientais (TURNERY e FTHENAKIS, 2011, p. 3261–3270). Eventualmente a capacidade geradora chega a seu limite, e então novas usinas de geração e linhas de transmissão são construídas através deste modelo tradicional.

Ao longo da história dois períodos são marcados por mudanças no suprimento energético da sociedade. O primeiro período consiste na era do carvão, resultado advindo da máquina a vapor, responsável pela superação de restrições da indústria no período pré-industrial (MANTOUX, 1927; WILSON e GRUBLER, 2011, p. 165–184). A segunda grande transição é o deslocamento da tecnologia a carvão para fins de energia elétrica e a chegada de tecnologias com base no petróleo, fase essa ainda longe de seu término (WILSON e GRUBLER, 2011, p. 165–184). A dominância de combustíveis fósseis na matriz global se deve a enorme capacidade de adaptação às necessidades de desenvolvimento da sociedade (SZKLO e SCHAEFFER, 2006, p. 2513–2522).

De acordo com Fragomeni e Goellner (2009, p. 76-85), dentre os elementos facilitadores da vida e propulsores do progresso está a energia elétrica, que ocupa espaço privilegiado na sociedade contemporânea, movimentando o mundo nas suas várias formas, finalidades e utilidades, e que perpassa pela queima de combustíveis fósseis, nucleares, hidrelétricas e termelétricas, que são energias diariamente utilizadas por toda a humanidade.

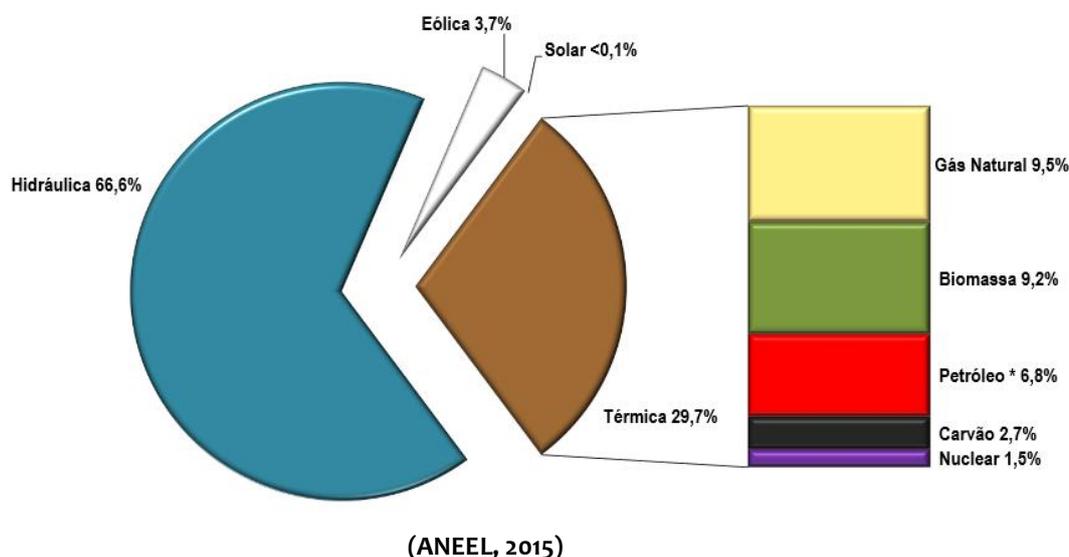
MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A demanda mundial por eletricidade aponta considerável crescimento para as próximas décadas (EIA, 2013) e para satisfazê-la será preciso construir novas usinas para geração de energia elétrica. Segundo Fragomeni e Goellner (2009, p. 76-85) os dois fatores

mais importantes para determinar os tipos de usinas construídos referem-se ao custo estimado da eletricidade produzida e a capacidade de mitigação dos problemas ambientais relacionados com a atividade.

Conforme o Banco de Informações de Geração de Energia Elétrica do Brasil – BIG³ – da ANEEL datado de 30/01/2015 (Figura 1), a matriz energética brasileira é predominantemente composta por hidrelétricas.

Figura 1 - Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil sem importação contratada, com base no BIG de 30/01/2015.



A geração de energia elétrica compõe um passivo ambiental importante, cuja extensão se faz refletir em vários segmentos naturais. A inundação de extensas áreas de terras e florestas utilizadas para o represamento de águas retira da região uma gama de bens naturais, comprometendo o bioma e prejudicando todas as espécies terrestres e aquáticas existentes no local e no entorno. Altera, ainda, o funcionamento do rio, que antes corria num leito natural, obrigando-o a fazer um novo traçado, em composição geográfica e natural muito diversa daquela de sua origem; assim, comprometem-se seus afluentes, nascentes e outros ligados diretamente ao principal.

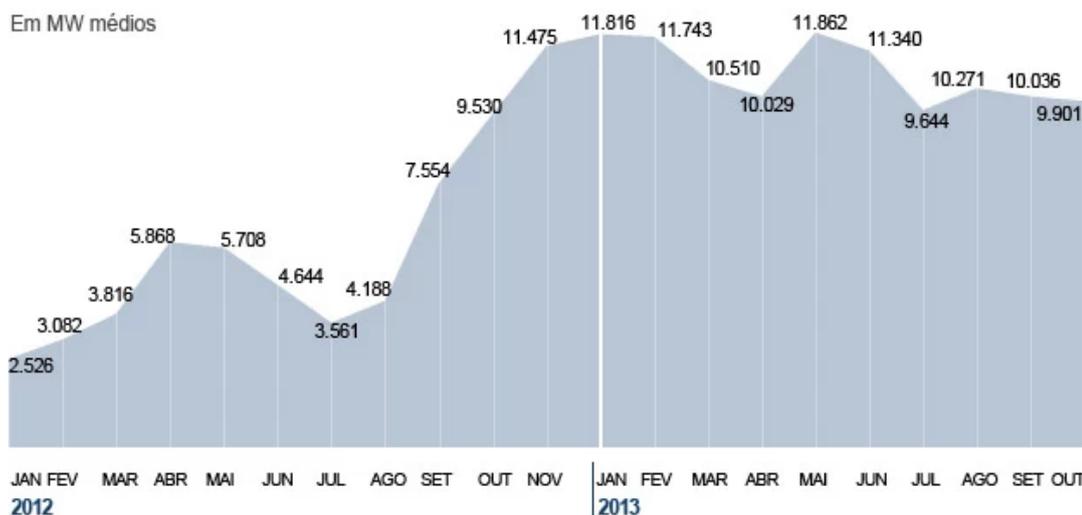
Os resíduos das matas e animais mortos pela subida das águas ao longo do tempo vão se degradando, liberando gases e detritos que interferem na vegetação aquática e na

³ BIG – Sigla que significa Banco de Informações de Geração de energia elétrica, publicado periodicamente pela ANEEL.

vida dos animais e peixes, causando eutrofização, com a proliferação de cianobactérias e a deterioração da qualidade do corpo da água. Isso resulta na morte de algumas espécies, inclusive deixando as águas e o fruto da pesca inadequados para o uso e consumo humano em muitas regiões. Além disso, contribui com significativas emissões de gás metano, um dos maiores causadores do efeito estufa (FRAGOMENI E GOELLNER, 2009, p. 76-85).

As termelétricas representam a segunda maior fonte de geração de energia elétrica no Brasil. Como demonstrado na Figura 2, a utilização de termelétricas cresceu consideravelmente a partir de 2012, e isso ocorreu devido à falta de chuvas ocorridas nos últimos anos. As termelétricas agiram para substituir parte da geração hidrelétrica e assim minimizar a utilização de água mitigando a gravidade dos efeitos no Brasil (AMATO, 2013).

Figura 2 - Aumento da geração de energia com uso de termelétricas no Brasil.



(AMATO, 2013).

Como as termelétricas funcionam por meio da queima de combustíveis a energia produzida torna-se economicamente e ambientalmente mais onerosa, uma vez que seus custos de operação são maiores e emitem grandes quantidades de poluentes. Favaretto (1999) afirma que as usinas termelétricas são “importantes fontes de gás carbônico e óxidos de nitrogênio e de enxofre, poluentes que acentuam o efeito estufa e acarretam chuvas ácidas”.

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Atualmente, no Brasil e em quase toda a parte do mundo, a geração de energia é realizada predominantemente de forma centralizada. Este conceito é relacionado ao fato de que uma grande quantidade de energia é gerada em poucas usinas muito distante do consumidor, tendo então que ser transmitida por longas distâncias, gerando muitas perdas e com custo elevado.

Há ainda o efeito corona⁴ nas linhas de transmissão, que lança na atmosfera ozônio e óxido de nitrogênio. As atividades de manutenção de equipamentos também geram resíduos e dano ambiental a serem considerados (FRAGOMENI e GOELLNER, 2009, p. 76-85).

Com isso, essa forma de geração de energia por meios tradicionais não consegue mais acompanhar o crescimento da demanda (GALLI *et al.*, 2011, p. 998-1027; GUNGOR *et al.*, 2011, p. 3557-3564) e das necessidades atuais da humanidade, que busca mitigar os impactos ambientais gerados pela cadeia da energia elétrica.

Dentre as novas propostas para o setor, destacam-se a geração de energia elétrica de forma distribuída com o amplo uso de fontes renováveis. Com a GD, o consumidor passa a ser parte fundamental do funcionamento e controle da rede elétrica. Os consumidores, que no sistema tradicional apenas consomem energia, tem nesse novo modelo também o papel de produtor de energia elétrica (PATEL *et al.*, 2011, p. 126-131).

A ideia central da GD é que a fonte geradora seja instalada perto da carga de consumo, localizada na rede de distribuição ou após o sistema de medição do consumidor (ACKERMANN *et al.*, 2001, p. 195-204).

A GD permite a criação de uma rede elétrica mais “verde”, com controle do horário de pico, a redução de perdas no sistema uma vez que é consumida no local de geração, pelo aumento da inserção de fontes limpas de energia, como eólica e fotovoltaica, na matriz energética.

Sendo usualmente de pequeno porte se comparada aos grandes projetos hidrelétricos, a GD no contexto brasileiro pode permitir ao mesmo tempo incentivo

⁴ Efeito corona: fenômeno relativamente comum em linhas de transmissão com sobrecarga. Devido ao campo elétrico muito intenso nas vizinhanças dos condutores, as partículas de ar que os envolvem tornam-se ionizadas e, como consequência, emitem luz quando da recombinação dos íons e dos elétrons.

econômico, pela possibilidade da utilização de mão-de-obra e tecnologia nacional, bem como ambiental, priorizando as fontes renováveis de energia. A Resolução normativa nº 687 da ANEEL, que altera a resolução nº 482, regulamenta através de seu artigo 2º, como se dá a utilização da GD conectada à rede elétrica e dá obrigatoriedade na utilização de fontes renováveis ou cogeração qualificada. Essa regulamentação estipula ainda duas classes de geração distribuída: a microgeração com potência instalada até 75 kW, e minigeração com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (ANEEL, 2015).

Esta mesma resolução determina o relacionamento entre o consumidor e a distribuidora como sendo o de compensação de energia, conhecido como *net metering*, dando um prazo de 60 meses para consumir os créditos excedentes:

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses (ANEEL, 2015).

A resolução permite também que os créditos excedentes sejam utilizados para compensar outras unidades consumidoras dentro da mesma distribuidora de energia, desde que sob a mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados (múltiplas unidades consumidoras e autoconsumo remoto). Também permite que múltiplas unidades consumidoras instalem um único sistema, fomentando condomínios e consórcios (geração compartilhada):

VI - o excedente de energia que não tenha sido compensado na própria unidade consumidora pode ser utilizado para compensar o consumo de outras unidades consumidoras, observando o enquadramento como empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada ou autoconsumo remoto; (ANEEL, 2015).

ESTUDO DE CASO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA

A energia solar fotovoltaica é uma fonte limpa de geração, onde a energia luminosa do sol – fótons – produz eletricidade ao entrar em contato com certas composições de materiais semicondutores.

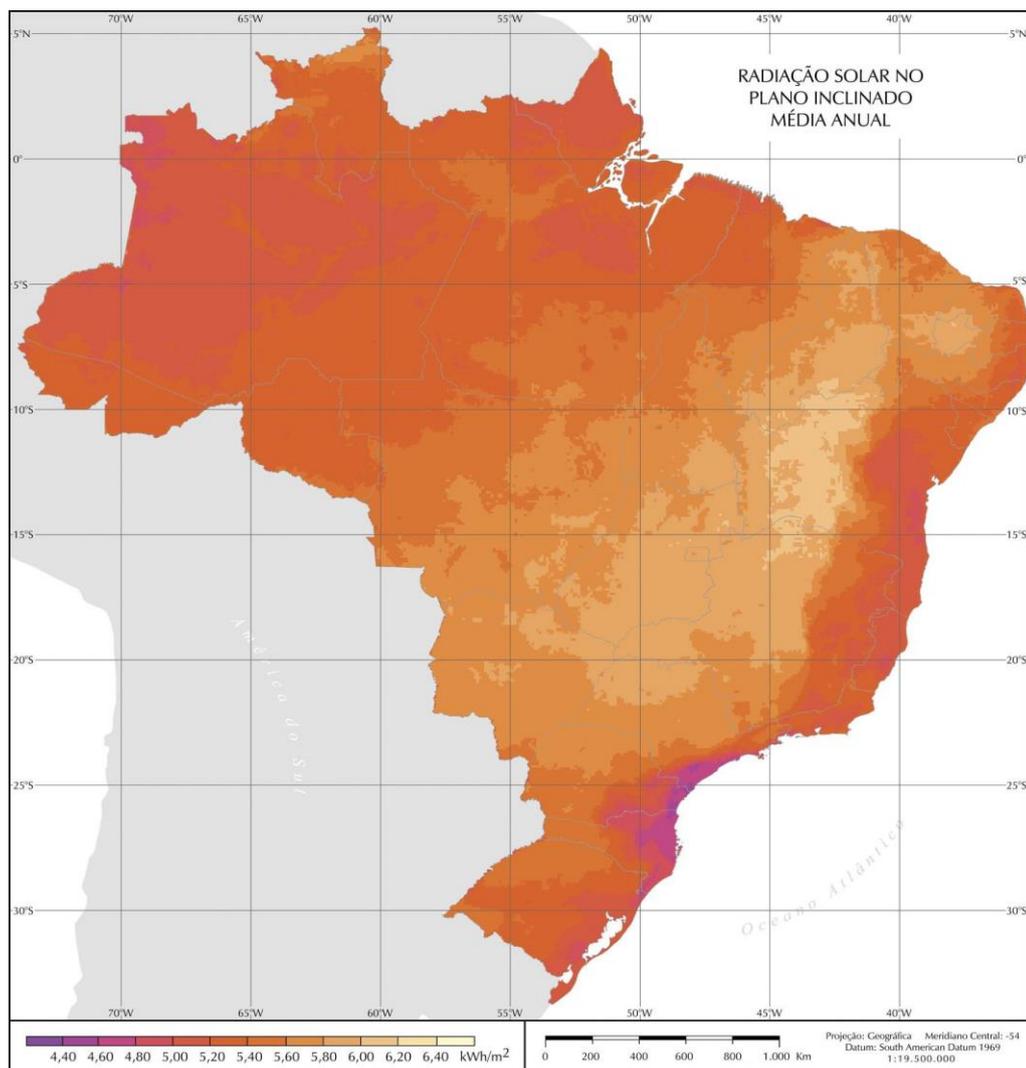
Em face da necessidade de se combater o aquecimento global, vários países vêm adotando políticas de incentivo ao uso de fontes alternativas, entre as quais a energia solar, em substituição às fontes de origem fóssil, que liberam CO₂ na atmosfera, um dos gases causadores do efeito estufa (SILVA, 2015).

A partir da publicação da resolução 482/2012 da ANEEL, tornou-se possível produzir sua própria energia através dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFVCR), cuja principal aplicação deve ocorrer no ambiente urbano – aplicado em telhados e fachadas – na forma de geração distribuída.

Hoje a capacidade instalada no país não apresenta relevância para a matriz nacional e é ínfima quando comparada aos países líderes. Enquanto Alemanha, Itália e Espanha, países com menores níveis de irradiação solar, apresentam 32.235 MWp⁵, 18.313 MWp e 5.388 MWp em capacidade instalada respectivamente (EPIA, 2015), o Brasil, onde a radiação solar é favorável (Figura 3), tem 15 MWp em capacidade de energia solar instalada (BEN, 2015).

⁵ Watt-pico (Wp): Unidade que designa a potência nominal da célula fotovoltaica sob condições padrão de teste (*Standard Test Conditions - STC*). Estas condições são temperatura: 25°C; radiação solar: 1000 W/m² e espectro solar sob condições atmosféricas AM1,5.

Figura 3 - Mapa da média diária anual de irradiação no plano inclinado no Brasil, em kWh/m².dia



(PEREIRA *et al.*, 2006)

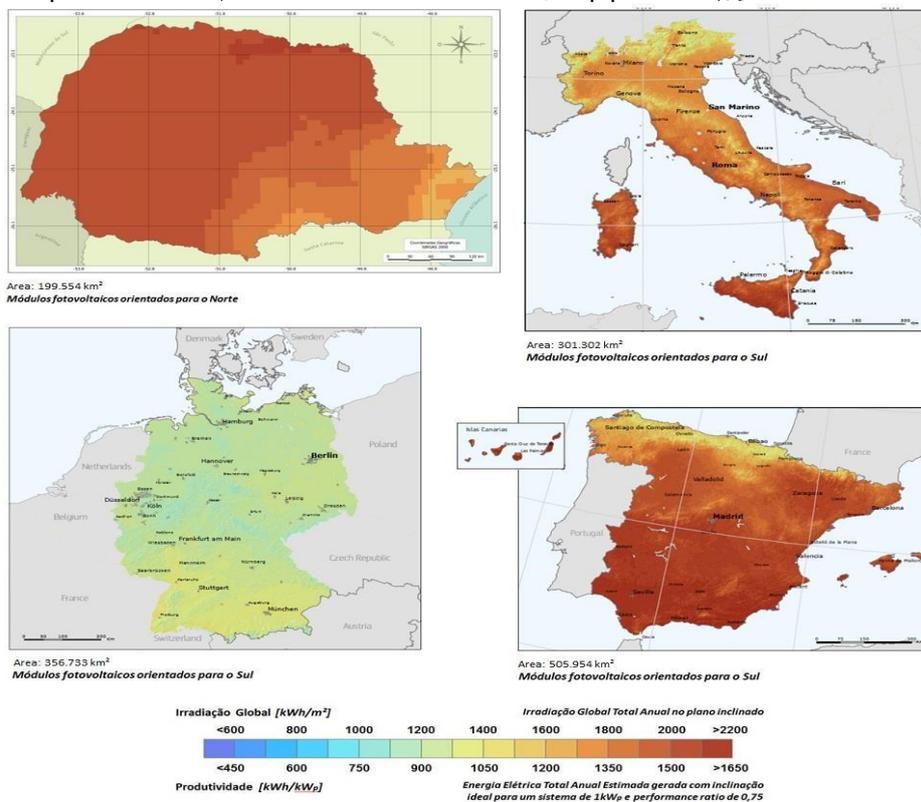
Pereira *et al.* (2006) mencionam que a menor média diária de irradiação solar global no Brasil é de 4,25 kWh/m².dia (no litoral norte de Santa Catarina) e a maior é de 6,5 kWh/m².dia (norte da Bahia). Em virtude disso, a irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro varia de 1.500 a 2.500 kWh/m².ano, superior às verificadas em países que hoje são expoentes no uso da energia solar: Alemanha (900-1250 kWh/m².ano), França (900-1650 kWh/m².ano) e Espanha (1200-1850 kWh/m².ano).

Quando se trata de energia solar fotovoltaica, talvez o leigo possa ser levado a imaginar que só seria viável aos estados mais ao norte do Brasil. Por isso Tiepolo (2014)

comparou o mapa fotovoltaico do Estado do Paraná com os três países europeus com maior capacidade instalada desta fonte de energia elétrica: Alemanha, Itália e Espanha.

De acordo com Tiepolo (2014), uma das dificuldades encontradas pelos pesquisadores na área de fotovoltaica é o de poder comparar os mapas fotovoltaicos de diferentes países ou regiões, já que nem sempre esta comparação é visualmente fácil, devido à diferença entre as escalas e cores utilizadas para representar os níveis de irradiação nos vários mapas existentes em países ou regiões de diferentes continentes. Com isto, ele elaborou os mapas fotovoltaicos do Estado do Paraná considerando os mesmos critérios utilizados pela *European Commission* para elaboração dos mapas fotovoltaicos para a Europa. Desta forma foi possível comparar facilmente, de forma visual, o potencial de geração fotovoltaica no Paraná com países europeus líderes nesta tecnologia (Figura 4).

Figura 4 - Mapas Fotovoltaicos do Estado do Paraná, Alemanha, Itália e Espanha. Valores de Irradiação Global no plano inclinado, e de Produtividade em kWh/kWp para TD 0,75 - Total Anual

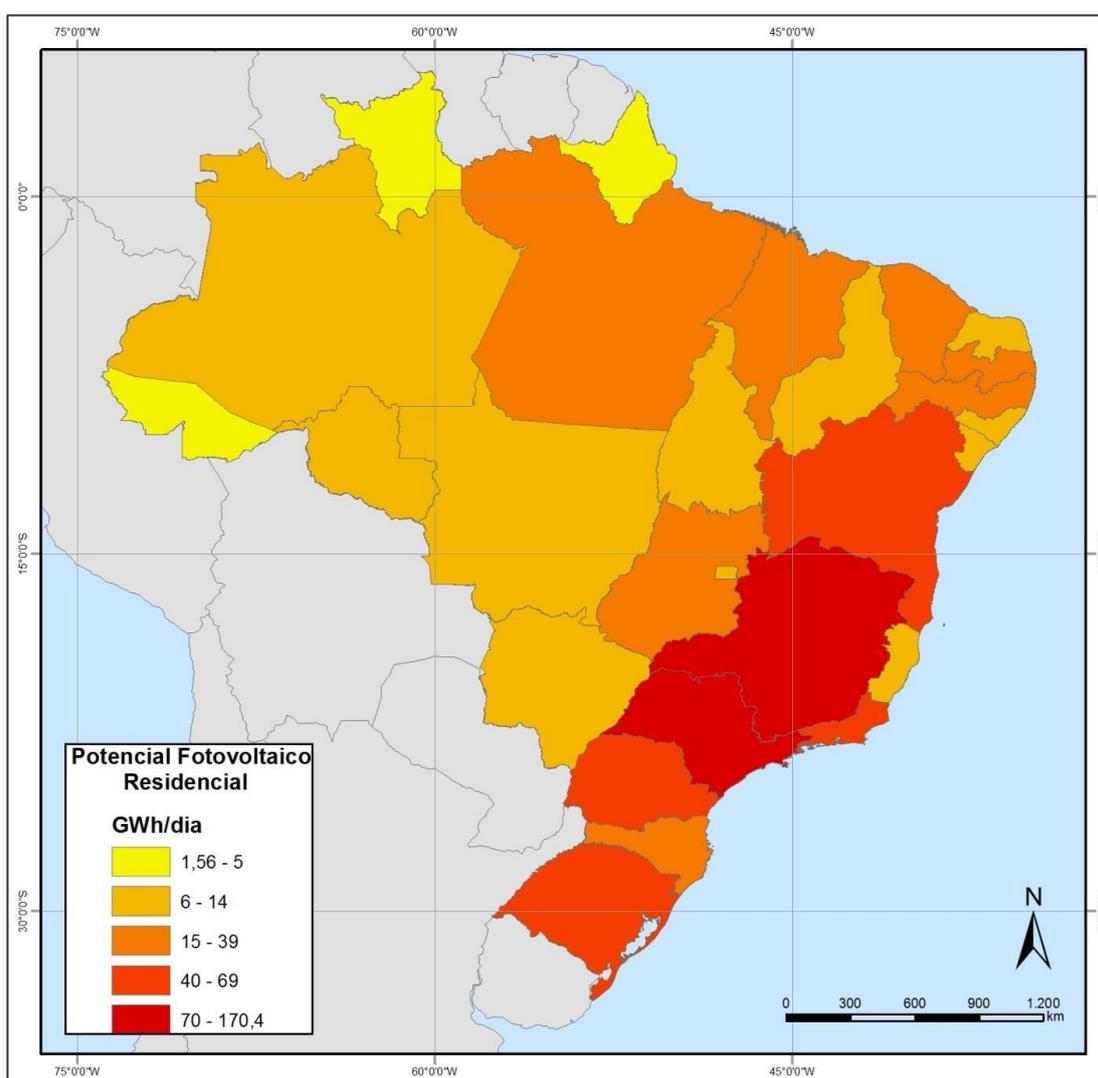


(TIEPOLO, 2014)

Considerando a média entre os valores mínimo e máximo apresentados nos mapas, a produtividade média encontrada no estado do Paraná é 52% superior ao da Alemanha, 27% superior ao da Itália e 13% superior ao da Espanha (TIEPOLO, 2014).

Ao cruzar dados de irradiação solar e área de telhados residenciais disponíveis para aplicação de placas fotovoltaicas, chegou-se ao mapa da Figura 5, que ilustra o potencial técnico de GD a partir da energia fotovoltaica no setor residencial brasileiro (EPE, 2014).

Figura 4 - Potencial Técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais por Unidade da Federação (GWh/dia)

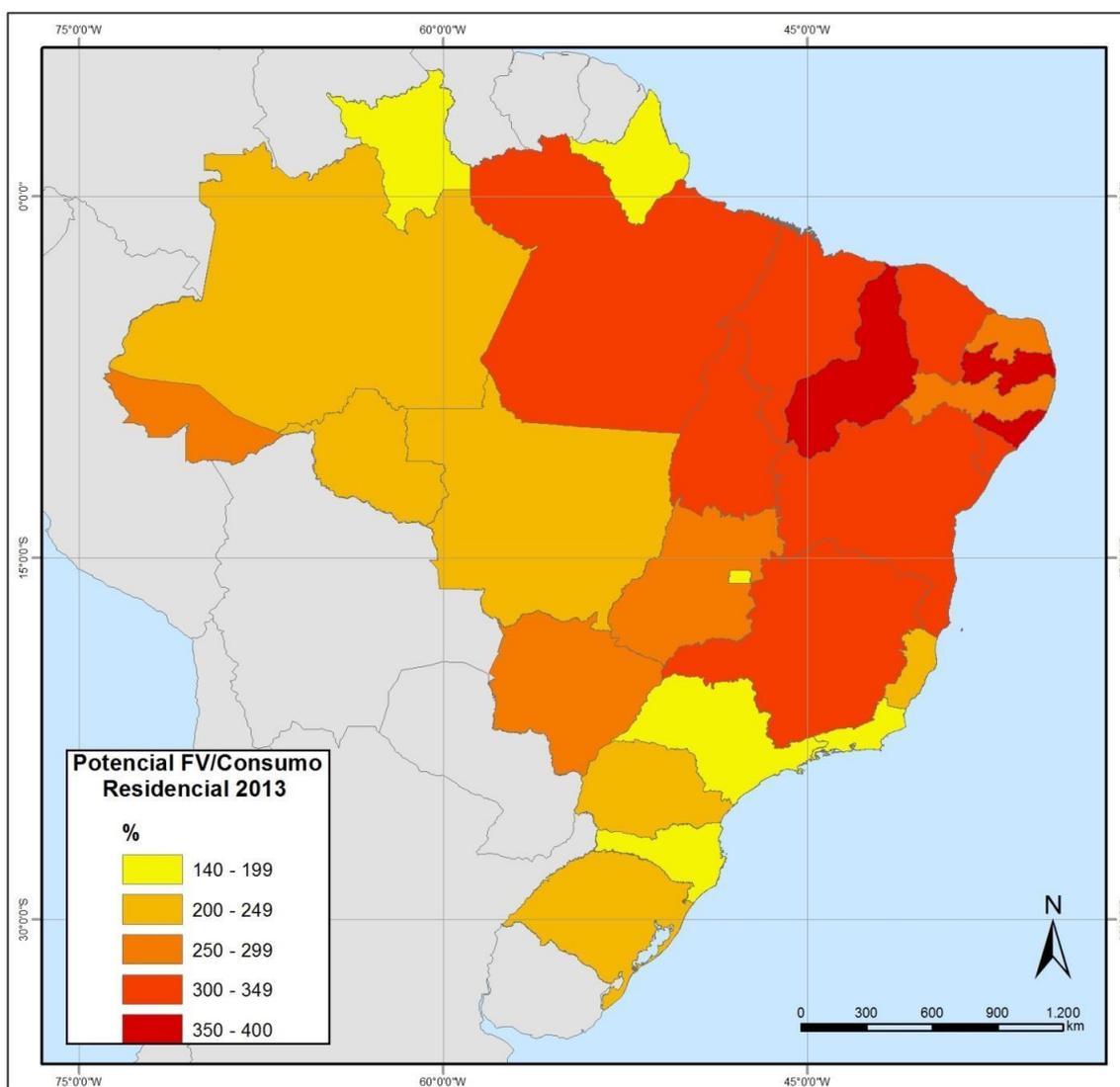


(EPE, 2014)

Os resultados mostram a tendência de maior potencial de geração justamente nas regiões com maior demanda - mais povoadas - uma vez que possuem mais telhados residenciais disponíveis para a aplicação fotovoltaica.

Para se ter a noção do potencial de geração fotovoltaico versus o consumo residencial brasileiro, EPE (2014) elaborou o mapa da Figura 6, com dados de 2013.

Figura 5 - Potencial Técnico Fotovoltaico/Consumo Residencial (Ano Base 2013) por UF



(EPE, 2014)

Como se pode verificar, a superioridade do potencial de geração ante o consumo residencial varia de 1,4 a quase 4 vezes, dependendo do estado. Se considerar o país como um todo, o potencial de geração fotovoltaico no setor residencial é 2,3 vezes maior que o consumo (EPE, 2014).

METODOLOGIA

A presente pesquisa apresentou uma estrutura fixa de natureza exploratória com aplicação em estudo de caso. Os procedimentos adotados envolveram a coleta de dados bibliográficos na busca de elementos convergentes aos estudos propostos e a casos semelhantes para comparações necessárias ao entendimento do possível caso implementado no Brasil. Para tanto, as análises dos critérios de sustentabilidade e os mapas fotovoltaicos levantados por Tiepolo (2014) e EPE (2014) possibilitaram o estudo dessas discussões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização em larga escala de geração distribuída poderá reduzir o consumo de combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa, bem como as emissões nocivas, tais como óxido de enxofre e nitrogênio, portanto, beneficiando o meio ambiente (STRACHAN e FARRELL, 2006, p. 2677–2689).

Tecnicamente o Brasil possui um considerável potencial a ser explorado em SFVCR em todas as suas unidades federativas, inclusive as da região Sul. A falta de conhecimento técnico sobre o assunto leva a julgar erroneamente as capacidades de produção fotovoltaica.

O Brasil tem um potencial de irradiação solar maior do que Espanha, França e Alemanha, este último o país líder em capacidade instalada de SFVCR. A região alemã com maior potencial de irradiação solar (1.250 kWh/m².ano) não supera a região brasileira com o menor potencial (1.500 kWh/m².ano). Além disto, foi demonstrado que somente usando os telhados residenciais já existentes, a capacidade de produção supera a necessidade de consumo residencial em todos os estados brasileiros.

Diferente de grandes plantas centralizadas, a geração distribuída fotovoltaica não compete pelo uso do solo, pois é incorporada nas edificações. Ela também não emite gases do efeito estufa, não gera ruídos ou campos magnéticos, nem outro tipo de impacto durante sua operação.

Entre os impactos ambientais, temos somente os que ocorrem na extração e no processamento do silício (FOGAÇA, 2015), sendo o Brasil possuidor de jazidas de quartzo de alta pureza, material este a base de fabricação do silício cristalino, que representa 80% das células fotovoltaicas (SILVA, 2015).

Na tomada de consciência sobre os impactos causados pelo modelo tradicional, a GD através de sistemas fotovoltaicos é uma ferramenta de estratégia importante no incentivo ao uso de recursos com baixo impacto, trazendo outros ganhos, tais como:

- Torna a matriz de energia elétrica mais limpa;
- Diversifica a matriz energética, podendo minimizar a dependência das hidrelétricas, altamente vinculadas ao ciclo de chuvas;
- Reduz a utilização de águas dos reservatórios das hidrelétricas, aumentando a oferta para o consumo humano e a produção de alimentos;
- Mitiga a inundação de extensas áreas de terras e florestas para a construção de novas hidrelétricas, que provocam desmatamento, comprometem o bioma, geram metano, promovem alterações geológicas, alteram o clima, prejudicam a reprodução de peixes;
- Mitiga a necessidade das termelétricas, altamente poluentes e consumidoras de fontes não renováveis;
- Minimiza a necessidade de extensas linhas de transmissão e distribuição, que impactam em perdas de energia, custos de instalação e manutenção, desmatamentos, além da emissão de gases pelo efeito corona;
- Diminuição do desmatamento devido à redução na necessidade de grandes centros geradores e linhas de transmissão;
- Pode fomentar economias locais, gerando empregos disseminados em várias pequenas empresas;
- Pode atrair uma nova cadeia produtiva para o país.

É necessário a união de governo e sociedade visando elaborar políticas públicas de incentivo ao SFVCR. O início foi dado a partir da publicação da norma nº 482/2012 da ANEEL e depois aprimorado pela norma 687/2015. A lei 13.169/2015 isentou a geração distribuída de PIS e COFINS e o convênio ICMS nº 16/2015 do CONFAZ autorizou que os estados

concedam isenção do ICMS sobre o que trata a resolução ANEEL nº 482/2012. Porém é preciso avançar em alguns aspectos:

- Influenciar todos os estados a promoverem a isenção do ICMS. Matéria divulgada pela MME/SEE⁶ (2016) aponta que vinte e uma UFs já aderiram ao convênio;
- Isentar de impostos (IPI, PIS, COFINS e ICMS)⁷ os principais equipamentos de um sistema fotovoltaico;
- Incentivar pesquisa e inovação tecnológica;
- Fomentar uma cadeia industrial nacional para o setor;
- Criar linhas atrativas de financiamento para o setor, promovendo taxas compatíveis com as características do sistema: longo prazo, baixo risco, baixa manutenção;
- O próprio governo pode beneficiar-se instalando SFVCR em edificações públicas (postos de saúde, escolas, universidades, hospitais, parques, etc.) – preferencialmente fomentando mão-de-obra local – gerando economia de recursos públicos, além de promover a conscientização e difusão em escala nacional dessa tecnologia;
- Divulgar massivamente a informação para a sociedade, para que todos tomem conhecimento da possibilidade de gerarem a energia que consomem, ou pelo menos parte dela (*net metering*);
- Trabalhar junto ao governo visando implementar o mecanismo *feed-in*⁸.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. **Distributed generation: a definition**. *Electric Power Systems Research*, v. 57, n. 3, p. 195–204, 20 abr. 2001.

⁶ MME/SEE: Secretaria de Energia Elétrica do Ministério de Minas e Energia.

⁷ Impostos incidentes no Brasil: IPI – Imposto sobre produtos industrializados, PIS – Programa de integração social, COFINS – Contribuição para o financiamento de seguridade social, ICMS – Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços.

⁸ Feed-in Tariff (TIF): Mecanismo de política pública para acelerar o investimento em tecnologias de energias renováveis, oferecendo contratos de longo prazo para os produtores deste tipo de energia, geralmente com base no custo de geração de cada tecnologia.

AMATO, F. **Conta pelo uso de usinas termelétricas já atinge R\$ 8,6 bilhões.** G1 Economia. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/11/conta-pelo-uso-de-usinas-termeletricas-ja-atinge-r-86-bilhoes.html>>. Acesso em: 25 nov 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Matriz de Energia Elétrica.** 2015. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012.** Estabelece 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 elétrica. 2012. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >. Acesso em: 24 nov. 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa 687, de 24 de novembro de 2015.** Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. 2015. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> >. Acesso em: 06 mar. 2017.

BEN. **Balanco Energético Nacional - ano base 2014.** Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Ministério de Minas e Energia (MME). Rio de Janeiro. 2015.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 13.169, 6 de outubro de 2015.** Altera a legislação tributária federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm#anexoI>. Acesso em: 25 nov. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ. **Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015.** Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Disponível em: < https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/convenio-icms/2015/cv016_15 >. Acesso em: 25 nov. 2015.

BRASIL. MME/SEE: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Energia Elétrica. **Geração Distribuída: 21 UFs já aderiram a convênio que isenta ICMS.** Brasília, 29 de agosto de 2016. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/geracao-distribuida-21-ufs-ja-aderiram-a-convenio-que-isenta-icms >. Acesso em: 06 mar. 2017.

DIAS, M.; BOROTNI, E.; HADDAD, J. Geração distribuída no Brasil: oportunidades e barreiras. **Revista Brasileira de Energia**, v. 11, n. 2, p. 11, 2005.

EIA. U.S. Energy Information Administration. **International Energy Outlook 2013.** Washington, 25 jul. 2013. Disponível em: <<http://www.eia.gov/forecasts/archive/ieo13/electricity.cfm>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Nota Técnica DEA 19/14. Rio de Janeiro, 2014.

EPIA. European Photovoltaic Industry Association. **Global Market Outlook for Photovoltaics 2015-2019**. Brussels - Belgium. 2015.

FAVARETTO, J.A. **Biologia uma abordagem evolutiva e ecológica**. Editora Moderna. São Paulo. 1997. cap 43.

FOGAÇA, J. R. V. **Energia Limpa**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/energia-limpa.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

FRAGOMENI, C.; GOELLNER, C. **O impacto no meio ambiente pela atividade da geração de energia elétrica pelo uso de recursos hídricos**. Justiça do Direito. Passo Fundo, v. 23, n. 1, p. 76-85, 2009.

GALLI, S.; SCAGLIONE, A.; WANG, Z. **For the Grid and Through the Grid: The Role of Power Line Communications in the Smart Grid**. Proceedings of the IEEE. 2011. p. 998-1027.

GUNGOR, V.; LU, B.; HANCKE, G. **Opportunities and challenges of wireless sensor networks in smart grid**. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2010. p. 3557-3564.

LO, C.H.; ANSARI, N. **The progressive smart grid system from both power and communications aspects**. IEEE Communications Surveys Tutorials. 2012. p. 799-821.

MANTOUX, P. **A revolução Industrial no século XVIII – estudo sobre os primórdios da grande indústria moderna na Inglaterra**. Editora Hucitec. 2ª ed. 1927.

PATEL, A.; APARICIO, J.; TAS, N.; LOIACONO, M.; ROSCA, J. **Assessing communications technology options for smart grid applications**. IEEE International Conference on Smart Grid Communications. 2011. p. 126-131.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. De; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. 2006. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2015.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Texto para Discussão nº 166. Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado. Brasília. Fev. 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/homeestudoslegislativos>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

STRACHAN, N.; FARRELL, A. (2006). **Emissions from distributed vs. centralized generation: The importance of system performance**. Energy Policy. 2006. p. 2677-2689.

SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. **Alternative energy sources or integrated alternative energy systems? Oil as a modern lance of Peleus for the energy transition.** *Energy*, v. 31, n. 14, p. 2513–2522. nov. 2006.

TIEPOLO, G. M.; CANCIGLIERI, O.; URBANETZ, J.; VIANA, T.; PEREIRA, E. B. **Comparação entre o potencial de geração fotovoltaica no estado do Paraná com Alemanha, Itália e Espanha.** In: V Congresso Brasileiro de Energia Solar. Recife. Abr. 2014.

TURNEY, D.; FTHENAKIS, V. **Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 6, p. 3261–3270, ago. 2011.

WILSON, C.; GRUBLER, A. **Lessons from the history of technological change for clean energy scenarios and policies.** *Natural Resources Forum*, v. 35, n. 3, p. 165–184, 2011.