8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION
INNOVATION TO LEAD TO DEVELOPMENT
ISTI
SEPTEMBER 20 TO 22, 2017
ARACAJU, SERGIPE, BRAZIL

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Wanderson de Vasconcelos Rodrigues da Silva - wdevasconcelos@gmail.com
Universidade Federal de Sergipe - UFS/ Instituto Federal do Piauí - IFPI
Hamurabi Siqueira Gomes - hamurabisiqueira@gmail.com
Universidade Federal de Sergipe - UFS/ Instituto Federal do Piauí - IFPI
Suzana Leitão Russo - suzana.ufs@hotmail.com
Universidade Federal de Sergipe - UFS
Gabriel Francisco da Silva - gabriel@ufs.br
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Resumo — As energias renováveis ganham cada vez mais espaço no mercado global. Na última década, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no mundo ganhou destaque e obteve o maior crescimento entre as fontes energéticas. O Brasil é um dos países que mais investiu em energias renováveis, recebendo também destaque na produção de biocombustíveis e por possuir enorme potencial para produção de energia elétrica a partir da energia solar fotovoltaica. O país dispõe de uma das maiores reservas de silício do mundo, material utilizado para a fabricação das células que compõem os painéis fotovoltaicos que, a partir da incidência de raios solares, converte-os em energia elétrica. Além desse fator, o Brasil recebe durante todo o ano, um alto índice de irradiação solar, tornando-o um local privilegiado não apenas para desenvolver uma indústria local de produção de células fotovoltaicas, como também para instalação de usinas solares. Assim, este estudo pretendeu realizar uma prospecção com busca de precedência, apresentando uma visão geral do estado atual de desenvolvimento tecnológico e científico relacionado ao uso da energia solar fotovoltaica baseada no número de patentes depositadas no INPI. O estudo apontou que a produção de tecnologia voltada a produtos ou processos que geram ou utilizam a energia solar fotovoltaica em seu funcionamento tem ganhado destaque no cenário nacional. A produção patentária apresentou gradativo aumento com o passar dos anos, de maneira que tal fato serve para corroborar que a energia solar fotovoltaica ocupa papel de destaque na indústria brasileira.
***Palavras-chave* —** Energia Solar Fotovoltaica, Patentes, Prospecção Tecnológica.

***Abstract* —** Renewables are gaining more space in the global marketplace. In the last decade, the installed capacity of photovoltaic solar energy in the world gained prominence and obtained the greatest growth between the energy sources. Brazil is one of the countries that has invested more in renewable energies, also receiving prominence in the production of biofuels and because it has enormous potential for the production of electric energy from photovoltaic solar energy. The country has one of the largest reserves of silicon in the world, material used to manufacture the cells that make up the photovoltaic panels that, from the incidence of solar rays, converts them into electricity. In addition to this factor, Brazil receives a high index of solar radiation throughout the year, making it a privileged place not only to develop a local photovoltaic cell production industry, but also to install solar plants. Thus, this study intends to carry out a

search with precedence search, presenting an overview of the current state of technological and scientific development related to the use of photovoltaic solar energy based on the number of patents deposited with INPI. The study pointed out that the production of technology focused on products or processes that generate or use photovoltaic solar energy in its operation has gained prominence in the national scenario. Patent production has been growing steadily over the years, so that this fact corroborates the fact that photovoltaic solar energy occupies a prominent role in Brazilian industry.
***Keywords* —** Photovoltaic Solar Energy, Patents, Technological Prospecting.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil passa por uma grave crise no setor elétrico que tem gerado danos financeiros sem precedentes. As principais causas têm raízes em um conjunto de fatores que vão desde o atraso de obras de geração e transmissão à redução das tarifas de energia elétrica no momento em que o custo crescia, incentivando o uso desenfreado e criando um desfalque enorme nas distribuidoras que tiveram de ser socorridas com dinheiro do Tesouro Nacional, provocando um dano real à economia e à sociedade (GARCIA, 2015; STREET, 2015).

Em 2015, o governo brasileiro coloca em vigor o sistema de bandeira tarifária que consiste em transferir os altos custos da geração de energia das usinas térmicas para a conta da população. Esse custo poderia ser menor se o setor tivesse recebido maior investimento para ampliar sua produtividade (CRISE, 2015).

Para a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, apesar do crescimento evidente da demanda de energia refletir o aquecimento econômico e a melhoria da qualidade de vida da população, por outro lado apresenta aspectos negativos como a perspectiva de esgotamento dos recursos empregados para a produção de energia, o impacto ambiental acarretado por essa atividade o os elevados custos de investimentos necessários para o estudo de fontes alternativas e construção de novas usinas (ANEEL, 2008).

O sistema energético mundial poderá não atender as expectativas e, embora a curto prazo o mercado do petróleo esteja bem provido, não se pode negligenciar os desafios que estão por vir decorrentes de maior dependência a um número de produtores relativamente pequeno, além dos problemas climáticos causados pelas emissões de gases na atmosfera e da poluição do ar (AIE, 2014).

Segundo a Agência Internacional de Energia – AIE (2014), o desenvolvimento de novas tecnologias em fontes renováveis de energia é um elemento crítico para sustentar o baixo nível de carbono no abastecimento mundial e tem conquistado espaço, apoiado pelos subsídios globais, que ultrapassam 100 milhões de dólares nos últimos anos e pelos esforços contínuos de inovação e de redução do custo das tecnologias energéticas emergentes, como a energia solar fotovoltaica.

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, a irradiação de energia solar por ano na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo, no entanto, apesar deste potencial e de o uso de aquecedores solares estar bastante difundido em cidades do interior e na zona rural, a participação da energia solar na matriz energética nacional é bastante reduzida. (EPE, 2007)

A tecnologia de energia solar fotovoltaica obteve crescimento maior do que qualquer outra fonte nas últimas décadas, amparado pela redução dos custos envolvidos no emprego dessa tecnologia com a identificação de novas aplicações, além de um maior apoio das políticas aplicadas ao mercado fotovoltaico e uma acelerada mudança de foco nas tarifas aplicadas em alguns países (REN21, 2012).

De modo geral este estudo pretende realizar uma prospecção com busca de precedência, apresentando uma visão geral do estado atual de desenvolvimento tecnológico e científico relacionado ao uso da energia

solar fotovoltaica para a produção de energia elétrica baseada no número de patentes depositadas e de artigos científicos publicados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dados da Agência Internacional de Energia – AIE, analisados por autores como Oliveira (2012) e Uczai (2012), demonstram que o petróleo, o carvão mineral e o gás natural apresentaram predominância enquanto fontes energéticas utilizadas no mundo, totalizando o equivalente a 80,9% em 2009.

Em relação à matriz energética brasileira, apesar de ter ocorrido um aumento significativo da participação do gás natural, do petróleo e derivados – devido basicamente à redução interna de biomassa de cana, notadamente do etanol, e de hidroeletricidade – a participação das fontes de energias renováveis na matriz energética brasileira mantém-se muito elevada, 42,4%, expressivamente acima da média mundial, calculada em 13,2% (EPE, 2013).

Para a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, o foco é diversificar e limpar a matriz energética. Para tanto, as ações precisam estar voltadas não somente para aumentar a eficiência dos processos, mas também reduzir os custos das fontes renováveis como sol, vento, biomassa, entre outros, buscando torná-las comercialmente viáveis (ANEEL, 2008). Nas últimas quatro décadas, o consumo final de energia no Brasil, aumentou 3,0% ao ano (EPE, 2007).

Já os dados apresentados pelo Balanço Energético Nacional em 2013, demonstrou que houve crescimento no consumo de energia tanto no setor residencial (2,1%), quanto no setor elétrico (0,3%) em relação ao ano anterior (EPE, 2013).

Diante do crescimento do consumo de energia, percebe-se que estão sendo adotadas algumas medidas para induzir o consumidor a utilizar as fontes ambientalmente mais “limpas”, como a produção de automóveis flex-fluel, que consequentemente dobrou o consumo do etanol (ANEEL, 2008).

Como forma de mitigar os impactos provocados no meio ambiente por causa da expansão do consumo, tem-se buscado estimular o uso eficiente da energia, por exemplo o selo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, criado em 1985 pelo Ministério de Minas e Energia – MME, buscando promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o desperdício ANEEL (2008).

Além disso, Uczai (2012) afirma que se deve buscar o conhecimento e adoção de novas fontes de energia renováveis para diversificar e complementar a atual matriz energética, objetivando reduzir os efeitos nocivos ao meio ambiente, garantir a segurança energética e permitir o desenvolvimento sustentável, uma vez que a descentralização da produção de energia acarreta um efeito bastante positivo sobre a economia, incentivando novas cadeias produtivas, com geração de empregos e renda em regiões nas quais pequenos ganhos podem produzir grandes resultados.

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

São consideradas fontes energéticas renováveis todo tipo de energia produzida a partir de uma fonte natural que não se esgota em decorrência de sua utilização. As formas mais frequentes de energia renovável são: a hidroeletricidade – produzida a partir da força hidráulica, a biomassa – energia proveniente da combustão, ou combustível extraído dos detritos de animais ou vegetais (madeira, óleo vegetal, etc), a energia eólica – gerada pela força do vento, a energia solar – que explora os raios solares, entre outras formas menos frequentes como é o caso das energias geotérmicas (calor da terra), a marmotriz (força das marés) e de resíduos urbanos (aproveitamento do lixo urbano), entre outras (EPE, 2007; UCZAI, 2012).

A inserção de novas tecnologias e combustíveis para produção de energia para atender setores como indústria, transporte e residências enfrenta grandes obstáculos na maioria dos países. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014), essas barreiras estão vigorosamente associadas à existência de uma vasta rede petrolífera, profundamente enraizada na economia mundial. No caso do Brasil, o fundamento da dependência de combustíveis fósseis não é o mais importante, visto que o país dispõe de uma ampla participação de fontes energéticas renováveis em sua matriz.

As energias renováveis ganham cada vez mais espaço no mercado global e os quadros políticos contribuíram para essa evolução nos últimos anos. Segundo o relatório Renewables 2015 Global Status Report da REN21 (2015), são apurados recordes de instalação, crescimento e investimentos. O fomento das fontes renováveis e as medidas de eficiência energética mantiveram as emissões de CO2 em níveis estáveis comparado ao ano de 2013.

Na última década, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica ganhou destaque e obteve o maior crescimento entre as fontes energéticas, tendo ampliado 48 vezes a sua capacidade. O crescimento seria maior se os mais de 550 bilhões de dólares anuais em subsídios aos combustíveis fósseis e à energia nuclear fossem alocados em energia renovável segundo afirma o Greenpeace Brasil (2015).

O Brasil aparece no relatório da REN21 (2015) como um dos países que mais investiu em energia eólica, recebendo também destaque na produção de biocombustíveis e por possuir enorme potencial para produção de energia elétrica a partir da energia solar fotovoltaica. Segundo Uczai (2012), o país dispõe de uma das maiores reservas de silício do mundo, material utilizado para a fabricação das células que compõem os painéis fotovoltaicos que, a partir da incidência de raios solares, converte-os em energia elétrica. Além desse fator, o Brasil recebe durante todo o ano, um alto índice de irradiação solar, tornando-o um local privilegiado não apenas para desenvolver uma indústria local de produção de células fotovoltaicas, como também para instalação de usinas solares.

Para o Instituto Ideal (2015), são necessários investimentos em pesquisa para desenvolver tecnologias de purificação do silício até obter o "grau solar", ideal para fabricação das células fotovoltaicas, no entanto, o país não possui capacidade instalada para processar o minério, nem para produzir os equipamentos para captação de energia solar e, dessa forma, importa os equipamentos, o que aumenta os custos de implantação e inviabiliza a uso da energia fotovoltaica no país, sendo empregada na maioria das vezes em áreas rurais para atender regiões distantes da rede de distribuição de energia elétrica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para esta prospecção, será realizado um levantamento dos dados de pedidos de patentes depositados. A busca de pedidos de patentes se deu na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Utilizou-se a opção "Busca de Patentes" e refinou-se a busca através da opção "Pesquisa Avançada".

Na opção de "Pesquisa Avançada", direcionou-se a pesquisa através das palavras-chave "fotovoltaica", "energia" e "solar", combinados pelo operador de busca and. As palavras-chave de busca foram inseridas nos filtros de pesquisa "Título" e "Resumo", de maneira que só foram considerados os pedidos de depósito de patentes de invenção e modelos de utilidade que contivessem os três termos no título e/ou no resumo.

Para a busca de artigos científicos publicados foi consultada a base de periódicos CAPES. Utilizou-se as palavras-chave "fotovoltaica" e "solar". Os termos busca foram inseridos na opção "Busca Avançada".

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da busca na base de patentes do INPI, foram encontrados 53 (cinquenta e três) processos de depósito de patentes de invenção e modelos de utilidade relacionados com a produção ou utilização da energia fotovoltaica.

O primeiro pedido de depósito foi apresentado do INPI ocorreu no ano de 1996 e se tratava de modelo de utilidade de um produto que utilizava a energia solar fotovoltaica em seu funcionamento (processo nº. MU7602137-8U2). O último pedido encontrado foi requerido no ano de 2016 e consistia em pedido de proteção a uma invenção, cujo o produto que também fazia uso da energia solar fotovoltaica (processo nº. BR2020160039520).

Figura 1 - Variação dos pedidos em relação ao ano do depósito.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

A pesquisa também evidenciou que 37 pedidos foram requeridos por depositantes brasileiros, ao passo que 16 processos foram protocolados pela comunidade internacional. Em termos percentuais, os números apontam que 69,81% dos depósitos encontrados foram realizados por brasileiros e 30,19% por países estrangeiros.

Apesar da maioria dos pedidos terem sido requeridos por pessoas e entidades brasileiras, não de pode desprezar o fato de que quase 1/3 (um terço) dos processos emanarem de pessoas (físicas ou jurídicas) estrangeiras.

Os Estados Unidos foram o país estrangeiro que mais apresentaram pedidos de depósito de patentes referentes a produtos e processos afetos à utilização ou à produção de energia solar fotovoltaica (09 pedidos). Em seguida, identificou-se a Itália (02 pedidos) e a Alemanha, a Áustria, a Holanda, o Japão e o Reino Unido (01 pedido cada um).

Sobre a natureza jurídica dos entes depositantes, pode-se verificar um equilíbrio entre os depósitos realizados por pessoas físicas e pessoas jurídicas. Dos 53 processos encontrados, 27 foram requeridos por pessoas jurídicas (empresas e universidades), o que representa 50,95% dos processos. Os depositantes pessoas físicas foram responsáveis pelo depósito de 26 processos, que representaram 49,05% dos pedidos.

A análise também teve seu foco relacionado à finalidade da invenção ou do modelo de utilidade objeto do pedido de proteção ao INPI. Os pedidos foram classificados em dois grupos: utilização e produção. No grupo "utilização" foram alocados os pedidos onde constavam processos ou produtos que faziam uso da energia solar fotovoltaica em seu funcionamento. Já no grupo "produção" segmentaram-se os processos e produtos que objetivavam, primordialmente, produzir ou implementar a produção de energia solar fotovoltaica.

Pode-se observar uma equivalência entre os processos relativos a invenções ou modelos de utilidade destinados a produzir e/ou utilizar a energia renovável – 53,83% dos pedidos tratavam de processos ou produtos com a finalidade primordial de produção da energia solar fotovoltaica e 46,17% objetivam a proteção de processos ou produtos tinham na utilização da energia solar fotovoltaica sua principal finalidade.

Outro ponto a se destacar diz respeito ao fato de que a inciativa privada detém a grande maioria dos pedidos de patentes requeridos junto ao INPI. Dos 53 pedidos analisados, 46 foram requeridos por entidades privadas. Em termos percentuais, isso representa 86,79%. Assim, constatou-se uma deficiência ou mesmo um desinteresse das entidades públicas no desenvolvimento de tecnologias adstritas à produção e utilização da energia solar.

Dessa forma, observa-se que as políticas públicas relacionadas ao incentivo da produção de tecnologia voltada à utilização ou produção de energia solar fotovoltaica por entidades de natureza pública ainda não apontam resultados expressivos quando se comparadas à produção patentária das entidades privadas.

No que se relaciona à produção de artigos científicos que tratam sobre o tema da pesquisa, foram encontrados na base da dados Periódicos CAPES/MEC 325 (trezentos e vinte e cinco) artigos publicados, entre os anos de 1973 a 2017.

Entre 1973 a 1999 foram publicados apenas 17 artigos ao passo que entre os anos de 2000 a 2010 as publicações tiveram um salto vertiginoso, de maneira que, neste período, foram publicados 105 artigos científicos que tratavam sobre a utilização e produção de energia solar fotovoltaica.

No período compreendido entre 1º de janeiro de 2011 a 15 de julho de 2017 a pesquisa evidenciou a publicação de 203 artigos. Isso demonstra que a utilização e a produção de energia renovável tem sido objeto de interesse da comunidade científica.

4 CONCLUSÃO

A pesquisa aponta que a produção de tecnologia voltada a produtos ou processos que geram ou utilização a energia solar fotovoltaica em seu funcionamento tem ganhado destaque no cenário nacional. A produção patentária sofreu gradativo aumento com o passar dos anos, de maneira que tal fato serve para corroborar que a energia solar fotovoltaica ocupa papel de destaque na indústria brasileira.

O aumento do interesse da comunidade científica com o passar dos anos também pode ser sentido através da análise do crescimento da produção de artigos científicos publicados durante os anos de 1973 e 2017. Os estudos realizados viabilizam o avanço da tecnologia aplicada e, consequentemente, a criação de novos produtos e processos capazes de implementar a utilização e geração da energia solar fotovoltaica.

Entretanto, percebeu-se uma equivalência entre a produção patentária das instituições públicas e das instituições de natureza privada. Isso denota que as entidades públicas ainda carecem de adequações capazes de incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias absortas ao tema, uma vez que o

potencial energético de uma nação é fator primordial no posicionamento de um país frente ao restante da comunidade internacional.

A importância das fontes de energias renováveis, em especial, a energia solar fotovoltaica já pode ser sentida pelas entidades privadas (empresas e organizações), já que apesar de não disporem dos recursos financeiros das entidades políticas (União, Estados e Municípios) desenvolvem tecnologias em paridade com os entes públicos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE. **World Energy Outlook – WEO 2014**. Paris, 2014. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/>. Acesso em: 22 jun. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. 236p.

CRISE energética e as diferentes visões sobre o problema. **Revista Ambiente Energia**. Rio de Janeiro, ano 03, n. 03, edição 01, p. 8-9, mar./jun. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Demanda de Energia**: 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2014. (Série Estudos de Demanda de Energia)

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanço Energético Nacional 2013**: ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2007. 408p.

GARCIA, G. Brasil enfrenta a pior crise energética da história. **O Globo**, Rio de Janeiro, 20 jan. 2015. Geral. Disponível em: <http://noblat.oglobo.globo.com/geral/noticia/2015/01/brasil-enfrenta-pior-crise-energetica-da-historia.html>. Acesso em: 20 jun. 2017.

GREENPEACE BRASIL. **Renováveis batem recordes**. São Paulo, 18 jun. 2015. Notícia. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Renovaveis-batem-recordes/>. Acesso em: 20 jun. 20177.

INSTITUTO IDEAL. **Mercado brasileiro**: o sol que brilha para nós. Florianópolis. Disponível em: <http://americadosol.org/conhecimento-em-energia-fotovoltaica/>. Acesso em: 25 jun. 2017.

OLIVEIRA, Cláudia Braga Jacques Foss de. **Análise do Setor de Energias Renováveis utilizando a Prospecção Tecnológica.** 2012. 217 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). **Renewables 2015:** Global Status Report. Paris, 2015. Disponível em: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>. Acesso em: 25 jun. 2017.

REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). **Renováveis 2012:** Relatório da situação global. Paris, 2012. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/06/2012KFpt.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.

STREET, A. A crise energética de 2015. **Valor Econômico**, São Paulo, 24 fev. 2015. Opinião. Disponível em: <http://www.valor.com.br/opiniao/3922020/crise-energetica-de-2015>. Acesso em: 20 jun. 2017.

UCZAI, P. (relator); TAVARES, W. M. (coord.); QUEIROZ FILHO, A. P. **Energias Renováveis:** riqueza sustentável ao alcance da sociedade. [recurso eletrônico]. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 273p. (Série cadernos de altos estudos; n. 10). Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/9229>. Acesso em: 10 jun. 2017.