

Usinas solares fotovoltaicas no Brasil: Panorama atual e perspectivas futuras

Cristiano Andrade de Alencar

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia - PPGSE
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Curitiba, Brasil
alencar.ca@gmail.com

Jair Urbanetz Junior

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia - PPGSE
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Curitiba, Brasil
urbanetz@utfpr.edu.br

Resumo — O Brasil tem recentemente vivenciado um crescimento significativo na geração de energia a partir de sistemas fotovoltaicos conectados à rede o que pode ser observado pela contratação de energia por meio de usinas solares fotovoltaicas dentro do ambiente regulado dos leilões, tanto estaduais quanto federais. A possibilidade de implantação em regiões já antropizadas, onde assim a interferência em regiões de vegetação nativa ou localidades protegidas são mínimas, e seu curto prazo de implantação quando comparadas com outras fontes como hidrelétrica beneficiam a utilização da geração fotovoltaica centralizada de grande porte. Hoje tem-se cerca de 26,96 MW de potência instalada dentro do ambiente regulado de energia. Ainda restam 94 empreendimentos fotovoltaicos a entrar em operação correspondendo a 2.652,80 MW a serem instalados referente aos vencedores dos leilões de 2014 e 2015. O próximo leilão a ser realizado em dezembro de 2016 conta com 419 projetos cadastrados correspondendo a 13.388 MW. Este cenário de expansão mostra o potencial da fonte solar de contribuir com o aumento previsto da carga média anual referente a 2.900 MWmed até 2024. Além da reconhecida necessidade da diversificação da matriz energética brasileira, a geração solar fotovoltaica por meio de usinas contribui com o crescimento econômico, não só nos locais de implantação, mas como em todo o território nacional, por meio da promoção de novos empregos, do recolhimento de impostos e do estímulo ao desenvolvimento da cadeia interna produtiva. Para isso o papel do governo é de fundamental importância para este progresso viabilizando empreendimentos, regulamentando o setor e desenvolvendo setores chaves que sustentem este crescimento.

I. INTRODUÇÃO

O progresso socioeconômico de um país está relacionado com o investimento em setores chaves da economia como nas áreas de infraestrutura e energia. Assim a demanda pelo consumo de energia, a fim de sustentar este crescimento, tenderá a aumentar e qualquer restrição no atendimento a esta demanda pode comprometer este desenvolvimento [1].

As dificuldades para a obtenção destas metas residem no fato da necessidade de se conseguir conciliar investimentos de grande porte na área de energias renováveis dentro de um cenário de precariedade em áreas básicas. Isto pode ser visto

principalmente em países em desenvolvimento nas áreas de infraestrutura, saúde e educação, conforme exposto na 21ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – COP21 (2015).

O consumo predominante de combustíveis fósseis para a geração de energia compromete a produção de uma energia limpa como aquela produzida a partir de fontes renováveis. As consequências do aquecimento global provocadas por gases causadores do efeito estufa são, em sua maioria, irreversíveis e exigem um enfoque especial [2]. O desenvolvimento deste tema passa pelo aprimoramento do planejamento energético e da utilização em abrangência das energias renováveis a fim de promover o uso consciente e eficiente da energia elétrica [3].

A preocupação em se produzir energia limpa visa atender de forma sustentável este cenário crescente de demanda por energia, seja pela evolução e crescimento acelerado dos países em desenvolvimento ou simplesmente pelo aumento populacional como um todo [4]. O Brasil detém concentrada cerca de 65% de sua matriz energética em recursos hídricos para a geração de energia [3] necessitando, portanto, da diversificação desta matriz energética para assim não comprometer seu desenvolvimento em função, por exemplo, da escassez de chuva que foi vista e assola o país nos últimos anos [5].

O fornecimento de uma energia mais limpa e menos invasiva ao meio ambiente, principalmente em relação à última década, tem contribuído significativamente para o desenvolvimento socioeconômico do mundo a partir da geração de empregos, desenvolvimento de novas tecnologias e diversificação da matriz energética dos países [2].

Desde 2014, quando ocorreu o primeiro leilão estadual de Pernambuco para comercialização de energia solar fotovoltaica, o Brasil vem realizando a oferta desta fonte de energia visando promover seu desenvolvimento e garantir o suprimento de energia. Porém, mesmo antes dos leilões, o país já contava com a operação de algumas centrais geradoras fotovoltaicas.

Ao se considerar como premissa centrais geradoras fotovoltaicas acima de 1 MW, conforme preconizado na primeira revisão da resolução número 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), poucas usinas se destacavam dentro deste contexto. Anteriormente à realização da oferta de energia dentro do ambiente regulado em leilões, a soma totalizava pouco mais de 14,7 MW de potência instalada no âmbito da geração centralizada dentro do país.

Dentre estas encontra-se a usina MPX Tauá localizada em Tauá no sertão do Ceará com 1 MW de potência inaugurada em 2011. Com sua operação iniciada em 2014, o estádio do Mineirão situado na cidade de Belo Horizonte em Minas Gerais conta com 1,42 MW de potência. Já o projeto Megawatt solar da Eletrosul tem aproximadamente 1 MW e teve seu início de operação em 2014. A UFV Nova Aurora ("Cidade Azul"), situada em Tubarão no estado de Santa Catarina, tem 3,07 MW de potência instalada. No município de Juazeiro na Bahia, a UFV Sol Moradas Salitre e Rodeadouro somam mais 2,1 MW. Localizada em Campinas no estado de São Paulo, a usina de Tanquinho conta com pouco mais de 1 MW instalado.

A usina híbrida, eólica e solar, UFV Fontes I e II situada no município de Tacaratu em Pernambuco foi inaugurada em 2015 e opera com 10 MW caracterizando-se assim como a maior usina em operação até o momento no Brasil. A usina foi resultado do primeiro leilão estadual realizado em Pernambuco no ano de 2013.

Sendo assim, os empreendimentos fotovoltaicos em operação totalizam 26,96 MW de potência instalada no Brasil [6]. Observa-se, a partir do quadro comparativo da Tab. 1, que este montante ainda é pouco representativo dentro da composição dos empreendimentos de outras fontes, sugerindo assim um grande potencial de crescimento para esta fonte no Brasil.

TABELA 1. EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA EM OPERAÇÃO

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Composição
Central geradora hidrelétrica	561,00	439.348,00	0,30%
Usina eólica	384,00	9.443.008,00	6,35%
Pequena Central hidrelétrica	446,00	4.854.790,00	3,28%
Usina solar fotovoltaica	40,00	26.962,00	0,02%
Usina hidrelétrica	218,00	101.061.620,00	61,19%
Usina Termelétrica	2.917,00	42.362.509,00	27,53%
Usina termonuclear	2,00	1.990.000,00	1,35%
Total	4.568	160.178.237	

Fonte: Adaptado da ANEEL – Banco de Informações de Geração – Capacidade de geração

A usina fotovoltaica de Ituverava com uma potência instalada prevista de 210 MW, localizada próxima ao município de Tabocas do Brejo Velho no interior do estado da Bahia, vencedora do primeiro Leilão de Reserva (LER) de 2014, teve suas obras iniciadas em 2016 e tem uma previsão de início de geração em 2017.

II. PANORAMA ATUAL

O estado de Pernambuco realizou, dentro do Programa Pernambuco Sustentável, o primeiro leilão de empreendimentos fotovoltaicos em dezembro de 2013 no Ambiente de Contratação Livre (ACL), contando com 37 projetos cadastrados (1.041,38 MWp) onde destes 5 foram habilitados e contratados totalizando 23 MWmédios como garantia física de geração correspondendo a 122 MWca de potência a um preço médio de R\$ 228,63 por MWh. Até a presente data apenas 10 MW estão em operação referente a 02 empreendimentos vencedores, UFV Fonte I e II.

O primeiro leilão federal de reserva para empreendimentos fotovoltaicos dentro do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) foi realizado em outubro 2014, sob as diretrizes da portaria do Ministério de Minas e Energia (MME) número 236 e teve 400 projetos cadastrados totalizando 10.790 MW, em que destes 331 foram habilitados. Daqueles que não foram habilitados 73% não obtiveram a licença ambiental e 24% não obtiveram sucesso na obtenção do parecer de acesso, onde dos 69 projetos não habilitados 37% dos empreendimentos foram inabilitados por mais de um motivo. Deste leilão foram contratados 202,1 MWmédios totalizando 889,7 MWca correspondente a 31 empreendimentos. O preço médio foi de R\$ 215 por MWh.

O leilão de reserva de 2015 foi realizado em agosto de acordo com as diretrizes da portaria MME 69. Foram cadastrados 382 empreendimentos somando 12.528 MW em que destes 341 foram habilitados. Dos empreendimentos não habilitados, 15 foram por desistência do próprio empreendedor e dentre aqueles 26 inabilitados tecnicamente 8 foram por não obtenção da licença ambiental e 9 pela não obtenção do parecer de acesso. Deste leilão foram contratados 232,9 MWmédios totalizando 833,8 MWca referentes a 30 empreendimentos. O preço médio negociado foi de R\$ 301,79 por MWh.

O segundo leilão de reserva de 2015 realizado em novembro dentro das diretrizes da portaria MME 70 teve 649 empreendimentos cadastrados somando 20.953 MW, em que destes foram habilitados 493, correspondendo a 76% do total. Dos 112 empreendimentos não habilitados, 46 não obtiveram a licença ambiental e 71 não obtiveram o parecer de acesso. Dos empreendimentos vencedores foram contratados ao total 245,3 MWmédios somando 929,3 MWca correspondente a 33 projetos. O preço de venda da energia foi de R\$ 297,75 por MWh.

A Fig. 1 ilustra o histórico crescente de outorgas e registros de geração [6] até o ano de 2015. É possível observar um aumento significativo em relação a registros de empreendimentos, a partir do ano de 2013, bem como da autorização de projetos fotovoltaicos para comercializarem energia em 2015.



Figura 1. Histórico de outorgas e registros de geração

Fonte: Adaptado da ANEEL, Boletim de Informações gerenciais, dezembro de 2015.

O leilão estadual de Pernambuco tinha previsão de início de geração em 2015, onde destes somente a usina de Fontes I e II teve seu início de operação confirmado no mesmo ano e outros dois empreendimentos (UFV São Pedro/Paulo I e UFV Cone Energia) tiveram sua previsão de geração prorrogada para 2017.

A grande maioria dos empreendimentos fotovoltaicos cadastrados e habilitados estão localizados na região Nordeste, mais especificamente no estado da Bahia que contempla até o momento 34% de todos os projetos cadastrados referente aos três leilões federais realizados. Em seguida os estados do Piauí e Rio Grande do Norte também abrangem uma quantidade significativa dos empreendimentos.

Ao se comparar os aspectos técnicos é possível perceber que, em relação ao tipo de estrutura de suporte utilizada, o seguidor de 01 eixo tem se mostrado predominante até o momento. Ainda que no primeiro leilão de 2014, apenas 35% optaram pela sua utilização em relação a estrutura fixa, os dois leilões de reserva que sucederam no ano de 2015 obtiveram 93 e 73% da preferência pelo uso da estrutura com seguidor de 01 eixo, respectivamente. A opção desta escolha, dentre outros fatores, pode ser atribuída também a parcela significativa de irradiação direta relacionada a região onde se concentra a maioria dos empreendimentos.

Em relação a tecnologia de módulos fotovoltaicos a serem utilizados, o silício cristalino se mostra como sendo a principal opção. O primeiro leilão de reserva de 2014 mostrou que 97% dos projetos habilitados optaram pela utilização de silício policristalino e 3% para o silício monocristalino. A tecnologia de filme apareceu como opção somente nos leilões subsequentes, a partir do ano de 2015, somando cerca de 7% e 9%, respectivamente.

Já para os fatores de dimensionamento de inversor (FDI) os valores, que contempla a relação entre a potência instalada de módulos fotovoltaicos e a potência dos inversores, estes valores variam desde 1,04 até 1,35 para o sobrecarregamento destes inversores. A Fig. 2 ilustra a variação destes valores acumulados para todos os projetos vencedores dos leilões até o momento.

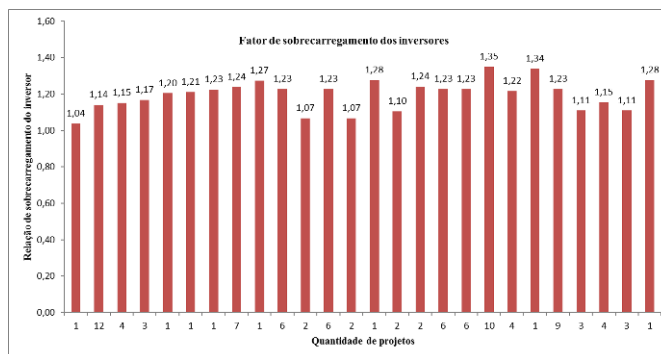


Figura 2. FDI de projetos vencedores dos leilões federais
Fonte: Autoria própria

Observou-se uma variação de até 40% em relação ao preço médio da venda de energia em relação aos leilões federais realizados até o momento e com potências habilitadas que variam de 833,80 MW a 929,30MW.

Segundo a ANEEL estão contabilizados 94 empreendimentos fotovoltaicos vencedores de todos os leilões realizados até o presente momento totalizando uma potência instalada de 2.652,80 MW e uma garantia física de 681,20 MW. O preço médio da venda de energia, considerando todos os leilões foi de R\$ 271,75 e está previsto um investimento médio para estes empreendimentos de cerca de R\$ 137.047.693 milhões.

Considerando todos os empreendimentos de geração de energia, inclusive aqueles também de outras fontes de energia, 671 ainda não iniciaram sua construção, em que 107 destes empreendimentos são usinas fotovoltaicas correspondendo, portanto a 16,03% deste montante total. Complementarmente, 40 centrais solares fotovoltaicas já estão em operação.

Recentemente 06 empreendimentos vencedores do leilão de reserva de 2014 que tinha como previsão o início de geração em 2015, pediram prorrogação referente a data de entrada de geração acordada no ato da contratação. Este montante corresponde a 64% da potência contratada neste certame, representando 570 MW de 890 MW contratados. Dentre os argumentos estão a falta de uma cadeia produtiva nacional, que até este momento se acreditava que estaria em desenvolvimento, e uma mudança drástica no cenário político e econômico do país, levando dentre várias consequências, a uma desvalorização da moeda nacional de até 53% em comparação ao dólar em apenas 14 meses.

Os leilões de reserva realizados no ano de 2015 tem o início de geração previsto para 2017 e 2018, respectivamente.

III. PERSPECTIVAS FUTURAS

A estimativa do crescimento da demanda de energia elétrica leva em consideração fatores como o crescimento da população e o crescimento econômico do país tendo como referência o Produto Interno Bruto e o montante de energia requerido na produção deste PIB.

A Agência Internacional de Energia (EIA) prevê um crescimento de mesma proporção média em todos os países

da América Latina chegando a aproximadamente 260 milhões de habitantes em 2050 [3].

O crescimento anual médio global gira em torno de 3,8% enquanto no Brasil esta taxa corresponde a aproximadamente 3,2% [3], conforme é ilustrado na Tab. 2.

TABELA 2. TAXA DE CRESCIMENTO DO NÍVEL DE ATIVIDADE (MÉDIA NO PERÍODO)

Fonte: Adaptado de IBGE e FMI (histórico) e EPE (projeção)

Indicadores econômicos	Histórico		Projeção	
	2004-2008	2009-2013	2015-2019	2020-2024
PIB Mundial (% a.a.)	4,9	3,2	3,8	3,8
Comércio mundial (% a.a.)	7,7	2,8	4,8	5,1
PIB Nacional (% a.a.)	4,8	2,6	1,8	4,5

Vale a pena ressaltar que apesar da previsão de crescimento foi observado uma queda de 5,8% na produção industrial até março de 2015 e um aumento da inflação que atingiu seu maior valor dos últimos anos 14 anos devido ao cenário político atual conturbado. Como resultado foi observado um desempenho econômico represado por gargalos de infraestrutura limitando a competitividade da indústria e trazendo especulações que não contribuem para investimentos dentro do país.

Apesar do cenário atual, destaca-se que o crescimento do setor da indústria, um dos principais contribuintes para o consumo de energia elétrica com uma parcela de 39,8% do total, será impulsionado pelo desenvolvimento da construção civil e consequentemente pela demanda de produtos como cimento, cerâmica, vidro e aço. Isto se dá devido a necessidade de crescimento do setor de infraestrutura no Brasil promovendo assim as condições necessárias para o progresso econômico a partir do desenvolvimento de rodovias, portos, edificações, dentre outros.

Destaca-se que o Brasil possui hoje um total de 4.568 empreendimentos relacionados a geração de energia em operação, totalizando 147.644.301 kW de potência instalada até a presente data [6].

Está prevista para os próximos anos um acréscimo de 27.937.374 kW na capacidade de geração brasileiras, proveniente dos 214 empreendimentos atualmente em construção e de mais 671 empreendimentos com construção não iniciada [6].

A capacidade instalada do sistema elétrico brasileiro era de 134 mil MW até o final de 2014. No último ano, a capacidade instalada de geração de eletricidade no país aumentou em 7.171 MW. Nesta expansão as fontes renováveis contribuíram com 81,9% do acréscimo total, que atualmente corresponde a uma parcela de 74,6% da oferta total de energia interna do Brasil [7]. A Fig. 3 mostra a composição atual da matriz energética brasileira, ainda refletindo uma contribuição relativamente pequena em relação as outras fontes, quando em comparação com a geração solar fotovoltaica, por exemplo com uma parcela 0,02% da matriz.

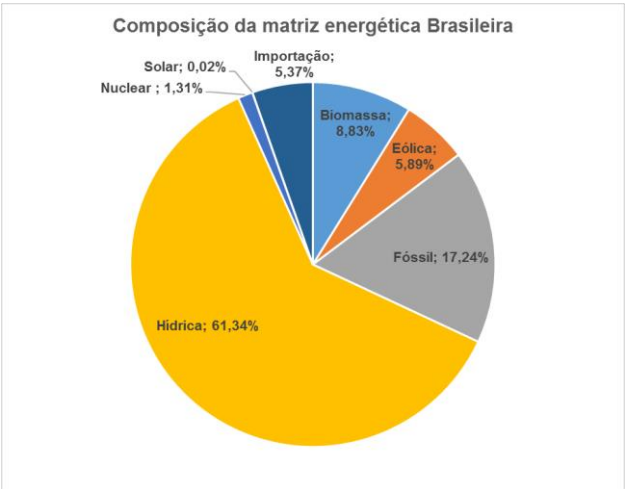


Figura 3. Composição da matriz energética brasileira
Fonte: Adaptado da ANEEL – Banco de Informações de Geração – Capacidade de geração

A participação majoritária das fontes renováveis compondo a matriz energética brasileira permite que o país alcance as metas de redução do efeito estufa conforme estabelecido na Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC.

Dentro deste contexto observa-se que é previsto um aumento da carga média anual em 2.900 MWmed durante o período de 2015 a 2024. A Fig. 4 ilustra este incremento dividido por regiões mostrando ainda o percentual acumulado de cada ano [3].



Figura 4. Evolução da carga de energia elétrica no SIN
Fonte: Adaptado da EPE

A expansão prevê um incremento de 73.569 MW correspondente a um aumento de 55% na oferta de energia elétrica no próximo decênio. Até 2050 a demanda por energia aumentará para pouco mais de duas vezes o valor considerado de demanda para o ano de 2013, conforme observado na Fig. 5 que ilustra esta divisão da demanda por fonte de energia [3].

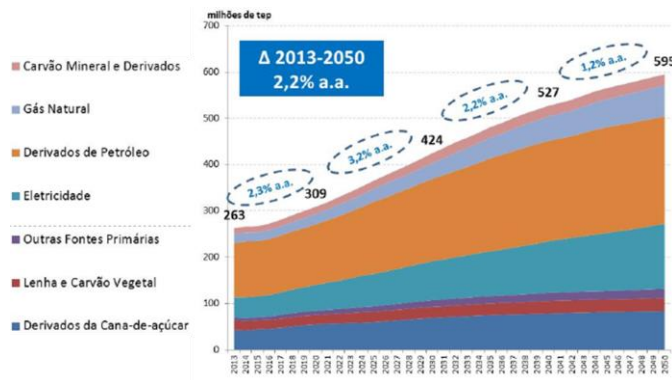


Figura 5. Evolução da demanda total de energia por fonte até 2050
Fonte: Adaptado da EPE

Já a Fig. 6 compara a expansão contratada e a expansão planejada até o horizonte de 2024 [3]. É agrupado dentro de “outras fontes renováveis” a geração de energia por meio de usinas termelétricas movidas a biomassa, pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e usinas solares.

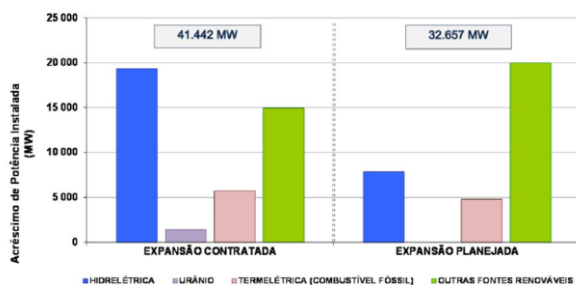


Figura 6. Aumento da capacidade instalada contratada e planejada até 2024
Fonte: Adaptado da EPE

A capacidade instalada no Brasil, que em dezembro de 2014 era de 133 GW, é prevista para aumentar em 55% e chegar a 206 GW em 2024. A Fig. 7 ilustra a composição de contribuição de cada fonte de geração e sua evolução desde o ano de 2014 até sua projeção para 2024 [3].

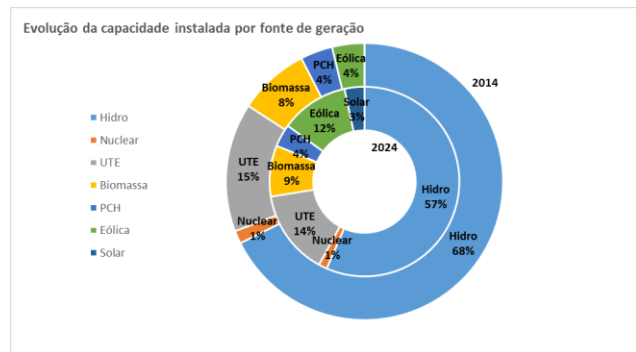


Figura 7. Evolução da capacidade instalada por fonte de geração
Fonte: Adaptado da EPE

É prevista uma demanda de carga de energia do sistema interligado nacional, que corresponde a energia necessária a ser produzida para suprir a demanda do consumidor final considerando todas as perdas elétricas existentes no sistema de geração, transmissão e distribuição, de 3.274 MW médio até 2050. Esta projeção a curto prazo dará um salto até 2030, onde para este ano o acréscimo médio estimado é de 11.354 MW médio [8].

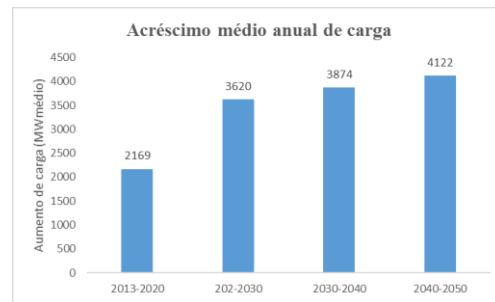


Figura 8. Aumento médio anual de carga
Fonte: Adaptado da EPE

Este aumento médio anual de 3,1% pôde ser visto recentemente quando a geração de energia elétrica alcançou 590,5 TWh em 2014, um aumento de 3,4% em relação ao ano de 2013 [8].

CONCLUSÃO

Em relação a projetos de usinas fotovoltaicas com mais de 5 MW, hoje a ANEEL registra 556 empreendimentos que já possuem o despacho de registro de recebimento de requerimento de outorga (DRO), sugerindo assim a contínua intenção de participação de novos empreendimentos para os próximos leilões. Para o ano de 2016 estavam marcados os leilões federais para as datas de 29 de julho e 28 de outubro. Porém os leilões de energia renovável de 2016 foram remarcados para 23 de setembro e 16 de dezembro. O primeiro leilão de 2016 a ser realizado setembro contará apenas por projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e centrais geradoras hidrelétricas (CGH). Este leilão contou com 133 projetos cadastrados, sendo destes 64 habilitados.

O segundo leilão de 2016 referente a dezembro contará com projetos de usinas solares fotovoltaicas e eólicas tendo sido cadastrados 841 projetos eólicos e 419 projetos fotovoltaicos totalizando 35.147 MW de potência instalada.

Destaca-se que este é o primeiro leilão a ser realizado com a exigência de medições local dos índices de irradiação dentro de um raio de 10 km do empreendimento compreendendo no mínimo 01 ano de medição.

O fomento e o incentivo ao aumento contínuo da geração fotovoltaica, tanto de forma distribuída ou centralizada, depende fortemente de políticas públicas que tenham como objetivo o desenvolvimento do setor fotovoltaico. Estas projeções descritas dependem de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e na capacitação de mão-de-obra para que assim se permita uma contribuição para o desenvolvimento sócio econômico a partir da geração de

empregos tanto nos locais das instalações como em toda a cadeia produtiva promovendo a circulação de capital por meio da arrecadação de impostos, do desenvolvimento comercial da região, do estímulo da produção industrial, dentre outros. Estima-se uma geração de cerca de 22.700 empregos diretos durante a fase de implantação e operação até 2024 [3].

A construção de usinas fotovoltaicas tem como vantagem, quando comparadas com outras fontes de energia como a de hidroelétricas, o curto prazo de implantação o que permite uma resposta relativamente rápida ao crescimento da demanda por energia.

O histórico dos resultados dos leilões realizados até o momento mostrou que a maioria das inabilitações técnicas foram referentes a falta de licença ambiental e principalmente em relação a parecer de acesso ao ponto de conexão desejado, o que sugere, além da curva de aprendizado tanto por parte dos empreendedores quanto por parte do governo em lidar com estas questões, uma necessidade latente de investimento no sistema de transmissão uma vez que boa parte dos projetos fotovoltaicos se concentram na região do Nordeste onde carece de investimento em infraestrutura principalmente deste setor.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Guilherme de Oliveira Carminati, P. Roberto Scalco, “Relações de causalidade entre energia e crescimento econômico no Brasil”, *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 19, N°. 2, p. 355-374, 2º Sem. 2013.
- [2] G. De Martino Jannuzzi, “Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado”, Autores Associados, Campinas, São Paulo, 2000.
- [3] Empresa de Pesquisa Energética, “Demanda de Energia – 2050, série Estudos da demanda de energia, nota técnica DEA 13/15, p. 257, Janeiro de 2016.
- [4] Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, “Expansão da Geração 2º Leilão de Energia de Reserva de 2015 - Participação dos Empreendimentos Solares Fotovoltaicos: Visão Geral”, EPE-DEE-NT-023/2016-r0, p. 28, 24 de Fevereiro de 2016.
- [5] Empresa de Pesquisa Energética, “Balanço Energético Nacional 2015 – ano base 2014”, p. 155, 2015.
- [6] Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebras il.cfm>>. Acesso em 12/09/2016.
- [7] L. Cardoso De Moraes, “Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras”, Unesp – Faculdade de Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, p. 136, Bauru, São Paulo, 2015.
- [8] Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – “Propostas para a inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira”, p. 176, Junho de 2012.
- [9] Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, “Leilão de Energia de Reserva de 2014 Participação dos Empreendimentos Solares Fotovoltaicos: Visão Geral”, EPE-DEE-NT-150/2014-r0, p. 22, 21 de Novembro de 2014.
- [10] Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia “Expansão da Geração 1º Leilão de Energia de Reserva de 2015 Participação dos Empreendimentos Solares Fotovoltaicos: Visão Geral”, EPE-DEE-NT-127/2015-r0, p. 26, 24 de Setembro de 2015.
- [11] Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia , “Plano Decenal de Expansão de Energia 2024”, p.467, 2015.
- [12] Renewable Energy Policy Network for the 21st century, “Renewable 2014 – The First Decade: 2004”, p. 216, 2014.
- [13] G. Máximo Tiepolo, “Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná”. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, p.229, 2015.