

ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: EVOLUÇÃO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Wind Energy In Brazil: Evolution, Challenges And Perspectives

Rodrigo Jambeiro Pinto, Vivianni Marques Leite dos Santos

Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Brasil

E-mail:rodrigojambeiropinto@gmail.com, vivianni.santos@gmail.com

Abstract: The significant concentration of the world energy matrix in polluting sources and prices subject to instabilities, such as fossil fuels, has raised the search for countries by technologies and alternative sources, among them wind energy, as a way to increase security in energy supply and reduce the emission of gases responsible for the greenhouse effect. Thus, through a bibliographical research, the objective of this work is to systematize the potential of wind energy, through a study of evolution, challenges and perspectives, consolidate in the Brazilian energy matrix and contribute, in the long run, to a greater decentralization of and less dependence on non-renewable sources. In this sense, Brazil, benefited by natural factors and the development of the national industry, has favorable conditions for the exploration of this form of energy and has experienced great evolution, with wind energy being among the fastest growing in Brazil and being the second most competitive source of energy Brazilian energy matrix. However, the need to improve the logistics infrastructure, expand transmission lines, improvement in the planning of the start-up dates of wind power plants, as well as create a new policy to encourage renewable energies and make greater investments in research and development appear as important goals to be achieved so that wind energy can in fact consolidate in the national scenario.

Key words: Energy matrix; Renewable energy; Sustainability.

RECEBIDO EM: 22/03/2017

ACEITO EM: 01/03/2019

ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: EVOLUÇÃO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Wind Energy In Brazil: Evolution, Challenges And Perspectives

Rodrigo Jambeiro Pinto, Vivianni Marques Leite dos Santos

Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Brasil

E-mail:rodrigojambeirpinto@gmail.com, vivianni.santos@gmail.com

Resumo: A significativa concentração da matriz energética mundial em fontes poluentes e com preços sujeitos a instabilidades, como os combustíveis fósseis, tem elevado a busca dos países por tecnologias e fontes alternativas, entre elas a energia eólica, como forma de aumentar a segurança no fornecimento de energia e reduzir a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa. Sendo assim, por meio de pesquisa bibliográfica, o objetivo deste trabalho consiste em sistematizar o potencial da energia eólica, mediante estudo da evolução, desafios e perspectivas, consolidar-se na matriz energética brasileira e contribuir, no longo prazo, para uma maior descentralização da produção de energia e menor dependência de fontes não renováveis. Nesse sentido, o Brasil, beneficiado por fatores naturais e pelo desenvolvimento da indústria nacional, reúne condições favoráveis à exploração dessa forma de energia e experimenta grande evolução, estando a energia eólica entre as que mais crescem no país e sendo a segunda fonte mais competitiva da matriz energética brasileira. No entanto, a necessidade de aperfeiçoamento da infraestrutura logística, de expansão das linhas de transmissão, de melhoria no planejamento das datas de entrada em operação das usinas eólicas, além de criação de nova política de incentivo as energias renováveis e realização de maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento aparecem como importantes objetivos a serem alcançados de maneira que a energia eólica possa, de fato, consolidar-se no cenário nacional.

Palavras-Chave: Matriz energética; Energia renovável; Sustentabilidade.

RECEBIDO EM: 22/03/2017

ACEITO EM: 01/03/2019

INTRODUÇÃO

A produção e a disseminação de energia estão historicamente no centro das questões ligadas ao desenvolvimento econômico, como por exemplo: a primeira e segunda revoluções industriais (Nascimento, Mendonça & Cunha, 2012). No entanto, conforme Santos (2013), sua importância vai ainda mais além, sendo a energia essencial não só no intuito de criar condições para o desenvolvimento econômico de um país, como também, através do abastecimento energético as diferentes regiões, proporcionar melhores condições sociais e qualidade de vida para a população.

O grande problema, porém, está no fato de que a matriz energética mundial tem se concentrado na exploração e utilização de combustíveis fósseis (caracterizados por serem não renováveis e grandes emissores de CO₂, gás contribuinte ao efeito estufa), os quais tiveram uma participação de 85% na matriz energética mundial em 1980 (Ventura Filho, 2009) e pouco menos na primeira década do século XXI, cerca de 80% (Mota & Monteiro, 2013).

Esses números, combinados as lições e impactos da crise do petróleo na década de 70, bem como a intensificação das preocupações mundiais com os problemas ambientais na década de 90, elevaram as buscas por tecnologias que aumentassem a segurança no fornecimento energético e permitissem colaborar com questões como os esforços para reduzir as emissões dos gases do efeito estufa (Simas, 2012).

Nesse sentido, Lucon e Goldemberg (2009) argumentam que as energias alternativas (como solar, eólica, geotérmica, biocombustíveis, entre outras), despontaram como opções interessantes, já que, além de menos poluentes, dado a possibilidade de proporcionarem a descentralização da produção de energia, podem contribuir para um maior equilíbrio e segurança no atendimento da demanda energética.

A energia eólica, por exemplo, aparece como uma das principais delas. Entendida como a energia cinética das massas de ar em movimento (Brasil, n.d.), e, portanto, dependente apenas da exploração de um recurso renovável, limpo e abundante como o vento (Moreira Junior, 2009), este tipo energético, conforme o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2011) e Simas (2012), tem um potencial técnico de aproveitamento bem maior que a produção de eletricidade no mundo, de maneira que poderia atender cerca de 20% da demanda mundial de energia elétrica até 2050.

Diante disso, o Brasil, particularmente, se insere como um país cada vez mais favorável à exploração desse tipo de energia, uma vez que, além de recentes instabilidades no setor energético ligadas a escassez de chuvas e diminuição dos níveis de água nos reservatórios de algumas hidrelétricas, a população brasileira (mais de 205 milhões de habitantes em 2015), assim como a demanda total por energia (cerca de 308.516.000 toneladas equivalente de petróleo em 2015) e a concentração da oferta interna de energia em fontes não renováveis (58,8% em 2015) registraram valores substanciais no decorrer dos últimos anos (Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2016; Gannoum, 2014; Brasil, 2015a).

Por outro lado, beneficiada por perspectivas de mudanças na matriz energética brasileira (as energias renováveis têm previsão de um crescimento de 45,2% na oferta interna de energia até 2024), pelo regime de ventos regulares e intensos, bem como pelo fato da cadeia produtiva nacional encontrar-se em desenvolvimento, a fonte eólica destaca-se entre as opções de energia limpa do país, abrindo portas para um futuro promissor (Fundo Mundial para a Natureza [WWF-Brasil], 2015; Brasil, 2015b).

Portanto, considerado esse cenário, torna-se importante a realização de pesquisas que, ao reunir e sintetizar variados dados e publicações científicas disponíveis, possibilitem um foco e maior aprofundamento a respeito do progresso, situação atual e capacidade da fonte eólica colaborar para um atendimento mais seguro e sustentável da demanda por energia no Brasil.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho consiste em sistematizar o potencial da energia eólica, mediante estudo da evolução, desafios e perspectivas, consolidar-se na matriz energética brasileira e contribuir, no longo prazo, para uma maior descentralização da produção de energia e menor dependência de fontes não renováveis.

METODOLOGIA

As pesquisas destinadas ao desenvolvimento de trabalhos científicos, de acordo com Vergara (2016), podem ser classificadas quanto aos fins a que se propõem estudar e quanto aos meios de investigação que pretendem utilizar.

Dessa maneira, observando que este se trata de um trabalho teórico e que procura explorar e descrever um fenômeno a fim de avaliar seu potencial no longo prazo (qualitativamente, mas também quantitativamente através de gráficos e tabelas que demonstrem a situação atual e a evolução do problema estudado); quanto aos fins, esta pesquisa pode ser classificada como do tipo exploratória-descritiva. Quanto aos meios de investigação, por sua vez, o procedimento adotado foi de pesquisa bibliográfica, do tipo revisão sistemática da literatura.

A revisão sistemática da literatura, conforme Sampaio e Mancini (2007), caracteriza-se por exigir uma apreciação mais crítica e síntese da informação coletada, o que possibilita incorporar uma maior gama de resultados, não permitindo chegar a conclusões com base na análise de material insuficiente ou pouco relevante.

Assim, como forma de seleção, pode-se empregar critérios específicos de inclusão e exclusão de estudos. No caso deste artigo, por trabalhar com a análise de dados de um setor energético complexo como o brasileiro, as informações a serem utilizadas deviam ser suficientemente dignas de confiança. Um dos critérios de seleção, portanto, foi usar informações e reportagens de fontes governamentais ou instituições e companhias de renome, além de artigos publicados em periódicos ou anais de congressos nacionais, livros de autores/editores reconhecidos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado ou teses de doutorado acessadas através dos portais Capes e Scielo.

Considerando, no entanto, que existe uma gama diversificada de informações e a perspectiva está em realizar um estudo com foco específico e caráter atualizado, outro critério de inclusão/exclusão adotado foi a prioridade a utilização de material relevante publicado a partir do ano de 2000.

Seguindo esses dois critérios e realizando a leitura e apreciação cuidadosa dos trabalhos pesquisados, chegou-se a um total de 44 artigos, monografias, dissertações, reportagens, livros ou relatórios que contribuíam para análise do tema e possibilitaram toda a revisão teórica realizada.

Dentre as informações obtidas, vale ressaltar que os dados numéricos a respeito da produção e situação das fontes energéticas no Brasil (em especial a energia eólica), demanda total por energia, tamanho da população e composição da matriz energética nacional vieram, sobretudo, de fontes oficiais, como as governamentais ou associações consideradas importantes no país.

Nesse sentido, as mais utilizadas, por exemplo, foram: relatórios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), boletins da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA) e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), além de estudos realizados ou com participação do Ministério de Minas e Energia (MME) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), como o Plano Nacional de Energia até 2030, o Plano Decenal de Expansão de Energia até 2024, o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro e o Balanço Energético Nacional de 2016.

Esses dados e informações permitiram organizar gráficos e tabelas e montar um panorama que se constitui a base de análise da situação da energia eólica no Brasil do momento de sua implantação até os anos mais atuais. Além disso, expõem ainda os avanços, entraves e perspectivas ao uso desse tipo de energia no país, tornando possível delinear seu potencial no longo prazo como fonte de energia capaz de contribuir para a formação de uma matriz energética nacional mais sustentável, robusta e descentralizada.

PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Diante dos avanços registrados em outros países do mundo ao longo do século XX, como aplicações na Segunda Guerra Mundial e o desenvolvimento das primeiras turbinas eólicas de médio e grande porte (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica [CEPEL], 2008; Salino, 2011), o potencial eólico brasileiro se tornou alvo de estudo já na década de 70.

Segundo Amarante et al. (2001), entre 1976 e 1977, foi realizado, no Instituto de Atividades Especiais, um processamento de dados anemométricos colhidos em aeroportos brasileiros. Os resultados indicaram viabilidade técnica para máquinas eólicas de pequeno porte no litoral do Nordeste e no arquipélago de Fernando de Noronha.

Dessa forma, em 1992, foi dado o primeiro passo prático do Brasil no contexto da energia eólica. No arquipélago de Fernando de Noronha, realizou-se a instalação de uma pequena unidade de teste, a qual gerava o equivalente a 1 MW. Os resultados desse teste abriram as portas para pesquisas mais

aprofundadas a respeito do potencial eólico brasileiro e para a instalação de uma quantidade cada vez maior de turbinas eólicas (Brasil, n.d.; WWF-Brasil, 2015).

Assim, no período entre a década de 90 e o ano de 2001, com a implantação das primeiras usinas eólicas no país, novos estudos realizados em torres com alturas de 50 a 70 metros, trouxeram resultados animadores: o estado do Ceará, por exemplo, revelou um potencial aproveitável de 12,0 TW/h na altura de 50 metros e de 51,9 TW/h na altura de 70 metros, com ventos médios anuais superiores a 7 m/s (Amarante et al., 2001).

Considerando esse potencial natural e dificuldades como a crise energética nacional de 2001 - entre o fim da década de 90 e o ano de 2000, o consumo de energia e o PIB cresceram em taxas significativas, enquanto que a capacidade instalada para geração de energia pouco aumentou - o Governo brasileiro passou a investir em programas que incentivassem mais a produção de energia elétrica vinda de outras fontes limpas além da hidráulica (Pêgo Filho, Mota, Carvalho & Pinheiro, 2001; Tolmasquim, 2000).

Mediante esse cenário, em julho de 2001, a câmara de gestão da crise de energia elétrica criou o PROEÓLICA (Programa Emergencial de Energia Eólica), que determinou a implantação, até o final de 2003, de 1050 MW de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica (Ferreira, 2008).

Pouco depois, em abril de 2002, foi criado o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), que, contando com um financiamento de até 80% do BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), estabeleceu a instalação de 3300 MW de energia elétrica produzida a partir das fontes limpas, bem como um índice de nacionalização entre 60 e 90% dos equipamentos e serviços empregados na produção da energia (Ferreira, 2008; Salino 2011).

Não se atendo somente a criação de programas, em 2004, por meio da Lei nº 10.848/2004, o Governo Federal definiu que a contratação de energia elétrica para cobertura do consumo no mercado regulado e formação de reserva deveria ser feita através de leilões públicos. Assim, entre 2009 e 2015, o Brasil realizou uma série de leilões com participação da energia dos ventos, onde foram contratados um significativo total de 16,6 GW de potência eólica da cadeia produtiva nacional (Brasil, 2016; Salino, 2011).

Além disso, os investimentos no setor também aumentaram. Conforme a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA) (2016), em 2015, o montante investido em energia eólica foi cerca de US\$4,93 bilhões, valor equivalente a 66% do total aplicado em fontes renováveis pelo Brasil no mesmo ano.

Quando considerado o período entre 2006 e 2015, por sua vez, ainda segundo a ABEEÓLICA, o investimento acumulado foi de aproximadamente US\$28,13 bilhões, fator que aqueceu o mercado e contribuiu para que essa opção energética, antigamente a mais cara e menos desenvolvida daquelas incentivadas pelo PROINFA, passasse a figurar entre as principais opções (Brasil, 2016).

A situação atual

O avanço da energia eólica no Brasil tem sido rápido e importante. Por exemplo, de acordo com Gannoum (2014), desde o ano de 2009, a indústria eólica vem crescendo a uma taxa média anual de 2,3 GW, o que, em termos de geração eólica total, levou o país a atingir cerca de 21.626 GWh em 2015 (Figura 1), um valor quase 90 vezes maior que aquele registrado em 2006 (237 GWh).

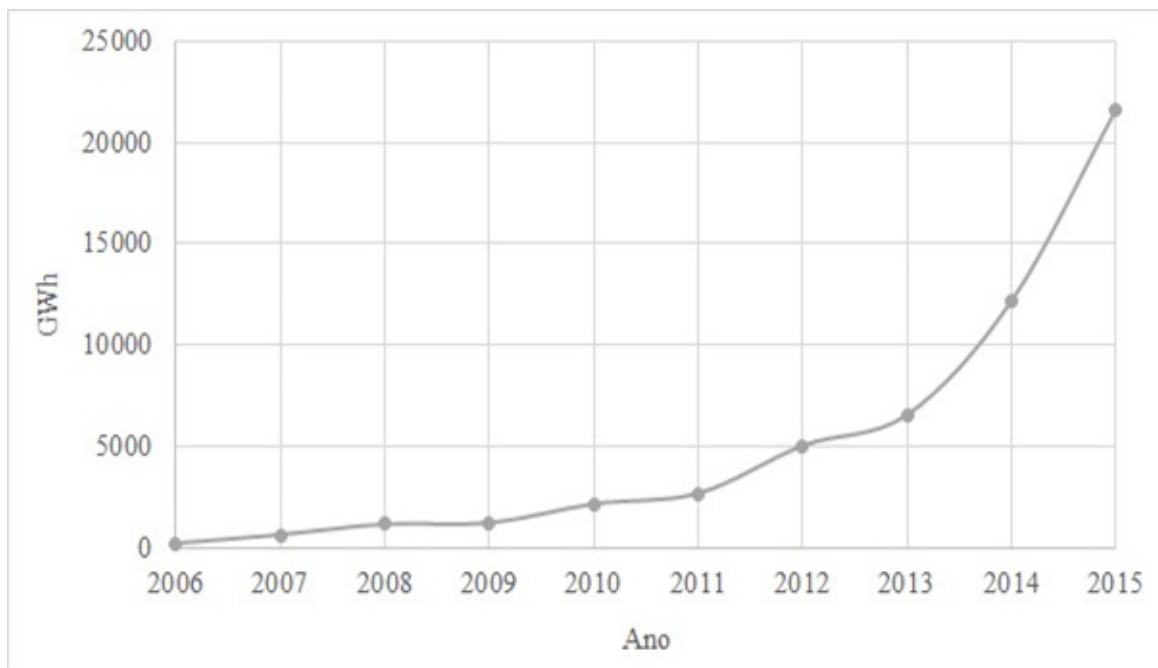


Figura 1: Evolução da geração total de energia eólica no Brasil entre 2006 e 2015.
Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados de EPE (2016).

Em termos de sua principal aplicação (a geração de energia elétrica), a fonte eólica também ganha destaque. A Figura 2, por exemplo, mostra que a oferta interna de energia elétrica em 2015 foi predominantemente composta por fontes renováveis, as quais, juntas, contribuíram com cerca de 75,5%. Desse total, a energia eólica respondeu por 3,5%, o que representa um crescimento superior a 77% em relação ao ano anterior (EPE, 2016).

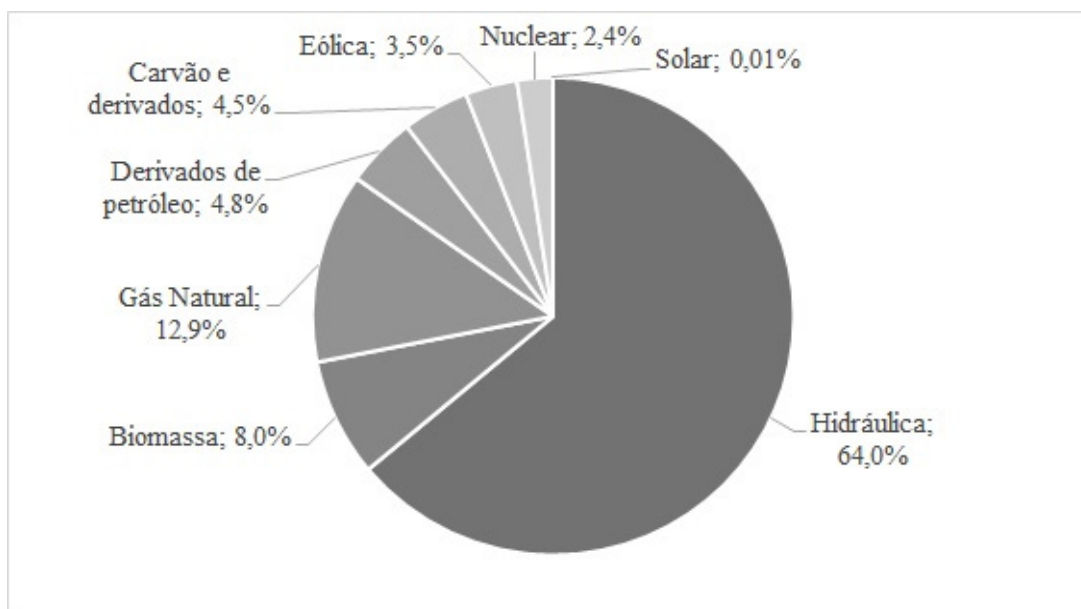


Figura 2: Oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil em 2015.
Fonte: Adaptada de EPE (2016).

A importância da fonte eólica para geração de energia elétrica fica ainda mais evidente quando se leva em conta a capacidade total instalada para geração de energia elétrica no Brasil. De acordo com a EPE (2016), em 2015, essa capacidade alcançou 140.858 MW, sendo a energia eólica a maior contribuinte, uma vez que registrou 39,5% de participação, ficando até mesmo a frente da tradicional fonte hidráulica (Figura 3).

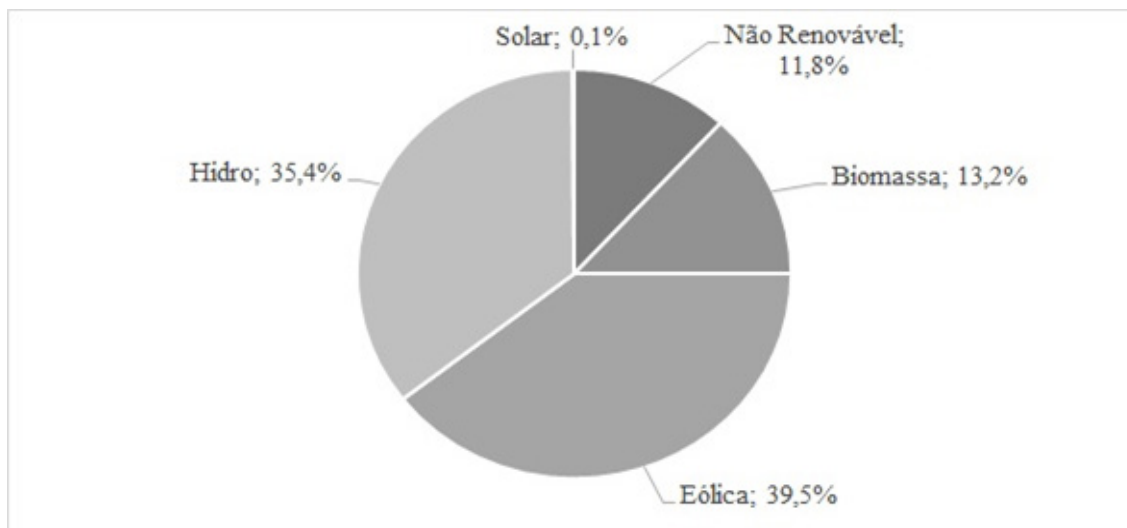


Figura 3: Participação das fontes na expansão da capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil em 2015.

Fonte: Adaptada de EPE (2016).

Diante desses resultados, no mesmo ano, o Brasil foi classificado como o oitavo país que mais gera energia eólica, o quarto que mais investe nesse tipo de energia e entrou na lista das 10 nações com maior capacidade eólica instalada nova (Brasil, 2016; ABEEÓLICA, 2015).

Além disso, ao registrar um total de 8,72 GW de capacidade acumulada, apareceu como o décimo país com maior potência eólica instalada do mundo; ranking pelo qual mantêm-se boas expectativas, já que, até 2024, a previsão é que essa capacidade atinja 24 GW, levando a fonte eólica a responder por 11,4% do total da matriz elétrica nacional (Brasil, 2015b; ABEEÓLICA, 2015).

Nesse sentido, vale lembrar que um dos principais motivos para essa sequência de resultados positivos do país está em seu fator de capacidade (FC) eólico, entendido como a razão entre a geração efetiva de uma usina eólica em determinado período de tempo e a sua capacidade máxima no mesmo período (ABEEÓLICA, 2015).

Por exemplo, o valor médio do FC registrado no Brasil em 2015 foi de 38,1%, um percentual significativo, indicando a importante evolução para a consolidação desse tipo de energia em território brasileiro (ABEEÓLICA, 2015), bem como a notável competitividade em relação a outras nações, uma vez que trata-se do maior fator de capacidade eólico do mundo, superando em 60% o FC mundial (Brasil, 2016).

Dentre os estados contribuintes, ainda de acordo com a ABEEÓLICA (2015), os principais representantes estão localizados no Nordeste, Sudeste e Sul, sendo que o Nordeste foi a região que mais contribuiu para o FC nacional, pois apresentou os quatro estados com maior fator de capacidade médio em 2015: Bahia (46,0%), Pernambuco (44,0%), Piauí (43,8%) e Ceará (42,7%).

Essas regiões (Nordeste, Sudeste e Sul), cabe ressaltar, em especial no trecho litorâneo, são vistas como as de maior potencial de geração eólica do Brasil, tendo o Nordeste um potencial medido de 144,29 TWh/ano, o Sudeste de 54,93 TWh/ano e a região Sul de 41,11 TWh/ano (Silva, Silva, Barbosa, Santos & Rocha, 2015).

Parques eólicos e suas principais localidades

De acordo com o Centro de Energia Eólica (CE-EÓLICA) (n.d.) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, os parques eólicos (também chamados de usinas eólicas) são espaços onde estão reunidas várias turbinas para transformar energia eólica em elétrica.

No Brasil, conforme a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (2014), esses parques, normalmente, são administrados por empresas particulares, as quais possuem sua concessão para exploração e produção de energia, de acordo com o estabelecido em contrato para o mercado regulado, por períodos de 20 a 35 anos.

Portanto, considerando que se tratam da indústria aproveitadora e transformadora da energia do vento (ABDI, 2014), o rápido crescimento dessa fonte no Brasil pode ser visualizado também no

avanço do número de parques eólicos instalados em território nacional: em pouco mais de dez anos (2003 a 2014), o número passou de apenas 6 para cerca de 152 empreendimentos eólicos em operação comercial, disponibilizando 3.424,611 MW de potência instalada (Brasil, n.d.; Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia [CERNE], 2014).

Dentre as regiões mais participativas nessa oferta, o grande destaque é o Nordeste, que possui o maior número de parques em operação e, conseqüentemente, a maior capacidade de geração do país; algo que fica evidente em estudo realizado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) entre dezembro de 2013 e dezembro de 2014, com o Nordeste respondendo por 81% da geração média (em MW) das usinas eólicas (Figura 4).

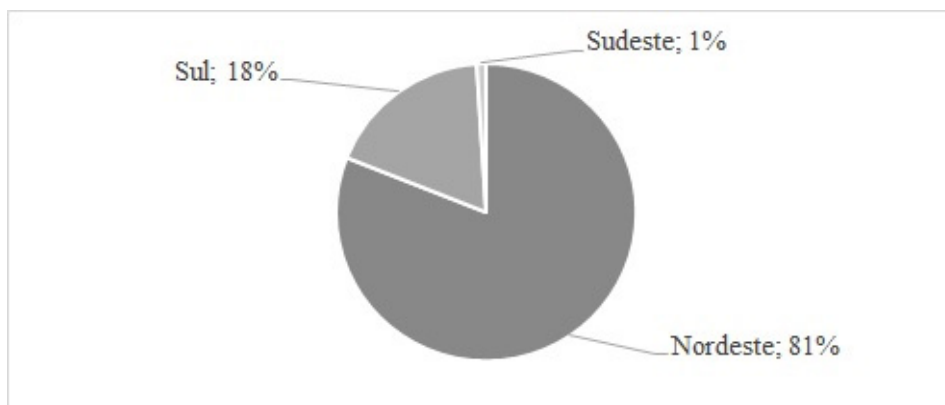


Figura 4: Geração média das usinas eólicas de dez/2013 a dez/2014 por região brasileira.
Fonte: Adaptada de CCEE (2014).

Já em relação a geração média (em MW) das usinas eólicas por estado, entre dezembro de 2013 e dezembro de 2014, beneficiados pela grande quantidade de usinas em seu território, os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Rio Grande do Sul e Santa Catarina foram os campeões em geração, sendo responsáveis por cerca de 94% do total médio gerado pelas usinas eólicas do país (Figura 5).

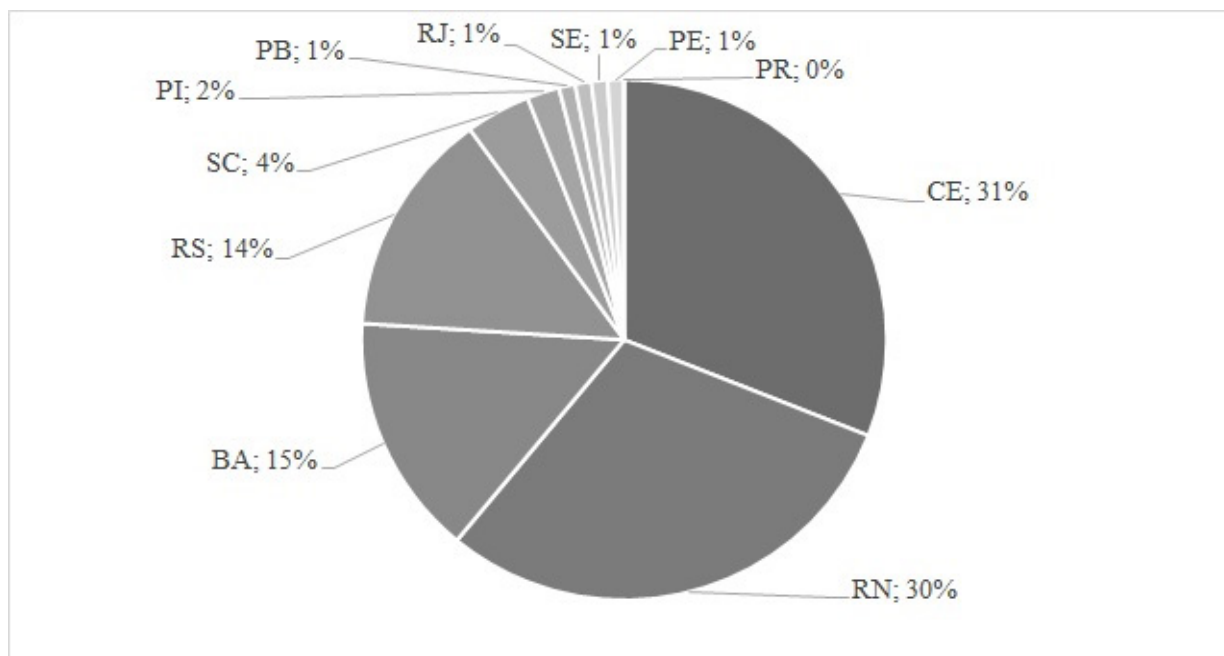


Figura 5: Geração média das usinas eólicas de dez/2013 a dez/2014 por estado brasileiro.
Fonte: Adaptada de CCEE (2014).

O número de usinas aproveitadoras da energia dos ventos em território brasileiro, entretanto, continua em crescimento. Em 2015, esse total, considerando aquelas em operação comercial, em teste e aptas a operar, passou a ser de 349 usinas, o que disponibilizou uma potência eólica instalada de 8.725,88 MW. Já em 2016, até o fim do mês de novembro, a quantidade chegou a 424, disponibilizando uma potência instalada de aproximadamente 10.600 MW (ABEEÓLICA, 2015, 2016).

No que se refere aos parques eólicos em construção, por sua vez, o número total (considerando parques em efetiva construção e parques contratados, ou seja, aprovados, mas que ainda não tinham iniciado suas construções), segundo o boletim mensal da ABEEÓLICA de dezembro de 2016, era de 316, representando cerca de 7.350 MW de potência eólica a serem adicionadas futuramente.

Quanto as principais localidades contempladas com a construção de parques eólicos, no período de 2013 a 2015, ainda de acordo com a ABEEÓLICA (2013, 2014, 2015), Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco e Santa Catarina despontaram como os estados favorecidos; indicando que, ao longo dos últimos anos, baseado em fatores como o potencial natural e incentivos governamentais, firmaram-se como os mais atrativos centros de investimentos eólicos do país.

Viabilidade técnica e custos para o aproveitamento

A turbina eólica, também conhecida como aerogerador, sendo a responsável por converter a energia cinética dos ventos em energia mecânica de rotação (posteriormente convertida em energia elétrica por um gerador), é o principal componente de um sistema eólico para o aproveitamento da energia dos ventos (Morelli, 2012).

Nesse contexto, levando em consideração que as hélices dos aerogeradores são movimentadas graças a força dos ventos e que os modelos a serem utilizados em determinado empreendimento são definidos em função do potencial eólico do local de implantação, pode-se dizer, portanto, que o regime de ventos é o que mais determina se o aproveitamento da fonte eólica é atrativo ou não (Confederação Nacional da Indústria [CNI], 2009; Epalanga, 2013; Morelli, 2012).

Assim, é importante ressaltar que, para ser tecnicamente aproveitável, a energia eólica deve possuir densidade igual ou superior a 500 W/m², em altura de pelo menos 50 metros, e, principalmente, apresentar velocidades de vento de no mínimo 4 e até 25 m/s, para viabilizar gerações de pequena a larga escala, a depender do porte da turbina utilizada (Brasil, n.d.; Morelli, 2012; Salino, 2011; Global Wind Energy Council [GWEC], 2008).

No caso de gerações limitadas, como visando somente atender a subsistência de fazendas ou residências, pode-se utilizar turbinas pequenas, entendidas como aquelas com potência nominal de até 500 kW. Já para gerações maiores, como nos parques eólicos, pode-se usar turbinas classificadas como de médias, com potência entre 500 e 1000 kW, a grandes, com potência superior a 1000 kW (Morelli, 2012).

No entanto, ainda no que diz respeito ao regime de ventos necessário para o aproveitamento eólico, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica, estimativas realizadas pela Organização Mundial de Meteorologia apontam que são poucos os locais privilegiados com velocidades mais fortes, como apenas 13% da superfície terrestre possuindo ventos com velocidades médias iguais ou superiores a 7 m/s, em alturas de 50 metros (Brasil, n.d.).

Dessa forma, o Brasil, beneficiado por fatores naturais, se destaca em relação a outros países ao dispor de amplas condições favoráveis ao aproveitamento: é o quinto maior país do mundo em termos de área territorial, possui extensas planícies e relevos, bem como climas quentes e úmidos que colaboram para a ocorrência de ventos fortes - velocidades médias anuais de até 8,5 m/s em estados do Nordeste e acima de 7 m/s no Rio Grande do Sul - regulares e de grande estabilidade em sua direção, gerando um potencial eólico-elétrico estimado, pelo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, em 143 GW (Amarante et al., 2001; WWF-Brasil, 2015; Brasil, 2007; Silva et al., 2015).

Além disso, cabe lembrar que a geração de energia eólica no território brasileiro, em especial no quesito grande escala, também tem se beneficiado substancialmente do desenvolvimento da cadeia produtiva nacional e da rápida evolução tecnológica experimentada pelo setor.

Por exemplo, segundo Brasil (2016), do ponto de vista da indústria nacional, é válido destacar que esta tem se fortalecido, reduzido a dependência de importação e as dificuldades para a manutenção de equipamentos ao já possuir 9 fabricantes de turbinas eólicas (com capacidade de produção anual de 4.200 MW), 4 fabricantes de pás (com capacidade de produção anual de 10.400 unidades) e 12 fabricantes de torres (com capacidade produtiva de 2.430 unidades por ano) distribuídos, principalmente, em estados que já registram presença significativa de parques eólicos, como o Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Quanto ao desenvolvimento tecnológico, por sua vez, o aumento da potência, da altura e do comprimento das pás e diâmetro dos rotores das turbinas, aliados aos ventos fortes e regulares, levaram o país a não só obter vantagem competitiva no cenário internacional, como já estimar o alcance de 350 GW de potencial eólico-elétrico nos próximos anos (Gannoum, 2014; Morelli, 2012; Brasil, 2016); um fator animador e que, conseqüentemente, também impacta nos custos da fonte eólica em território brasileiro.

Esses custos, de acordo com Salino (2011), são, normalmente, bastante variados, pois dependem de fatores como o regime de ventos no local da instalação, do tamanho e quantidade de turbinas a serem utilizadas e de políticas específicas ou subsídios do governo.

Todavia, ainda conforme o autor, a energia eólica possuiu como vantagem o fato de seu sistema de aproveitamento não depender de combustíveis fósseis e, portanto, estar menos sujeita as variações de preço desses combustíveis no mercado.

Dessa forma, escolhido um local com características naturais favoráveis, segundo Braciani (2011), o investimento para construção de um parque eólico está associado, em sua maioria, a custos iniciais, como os de projeto, financeiros, infraestrutura, linhas de transmissão e, principalmente, aquisição de equipamentos, como as turbinas.

O Brasil, porém, vem apresentando uma progressiva queda nos preços de seus parques eólicos (Braciani, 2011; Salino, 2011). A Tabela 1, por exemplo, registra o decréscimo ocorrido entre os anos de 2006 e 2010, com o valor total por kW instalado caindo cerca de 42,5% em apenas 4 anos.

Tabela 1: Custo do kW instalado de um parque eólico no Brasil (em R\$).

Ano	2006	2009	2010
R\$/kW instalado	7.497,00	4.913,00	4.313,00

Fonte: Adaptada de Riscoti (2011) e Braciani (2011).

Esses importantes resultados para a fonte eólica no Brasil podem ser atribuídos a fatores como políticas governamentais de incentivo e maiores investimentos no desenvolvimento tecnológico, o que resultou em ganhos de escala devido ao uso de turbinas maiores e mais eficientes, bem como redução dos custos de operação e manutenção (Braciani, 2011; Salino, 2011).

As políticas do governo brasileiro como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), particularmente, promovendo investimentos de R\$4 bilhões para diversificar a matriz elétrica com fontes limpa de energia, aliadas a leis que determinaram a contratação de energia elétrica para cobertura do consumo e formação de reserva por meio de leilões públicos, foram de grande importância no incentivo a concorrência e conseqüente queda das despesas ligadas a fonte eólica (Morelli, 2012).

A Figura 6, por exemplo, permite visualizar os preços da energia eólica em leilões para contratação de energia elétrica advindas dessa fonte. Por meio dela é possível perceber que, após expressiva diminuição nos primeiros anos, o preço, na moeda nacional, passou a subir mais significativamente nos leilões de 2015, fato que pode ser explicado pela desvalorização do Real mediante a crise econômica brasileira nesse ano (Brasil, 2016).

Entretanto, de maneira geral, os resultados foram satisfatórios, uma vez que o valor caiu em torno de R\$167 por Megawatt/hora e em mais da metade quando considerada a compra em Dólar por Megawatt/hora, no período entre 2004 (ano em que ocorreu a primeira contratação de energia eólica pelo PROINFA) e 2015.

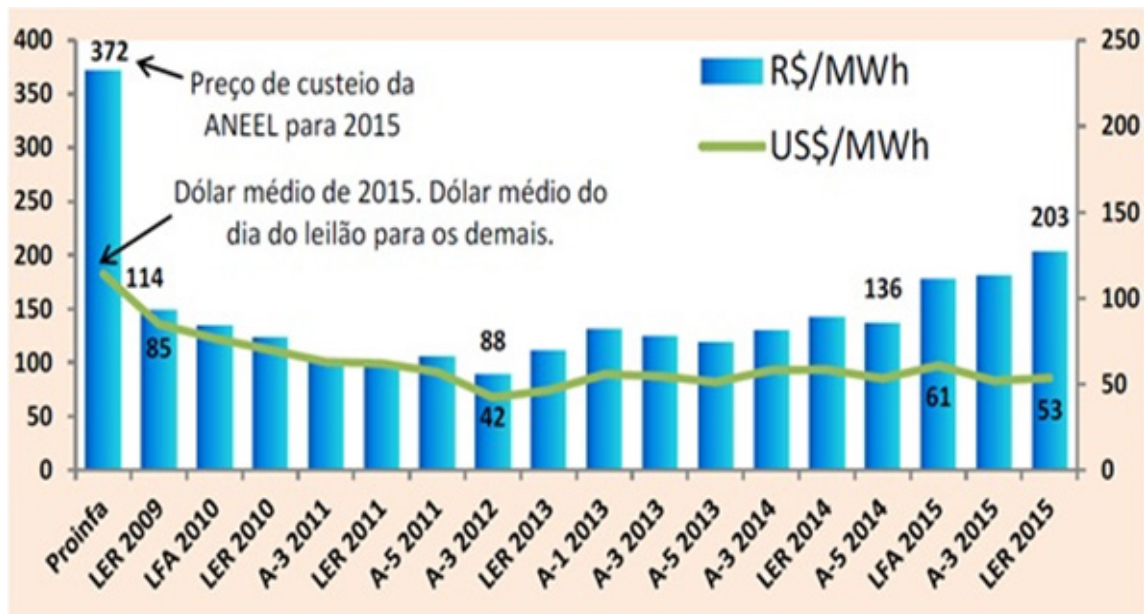


Figura 6: Preço da energia eólica (R\$/MWh) em leilões entre 2004 e 2015.

Fonte: Brasil (2016).

Além disso, no que se refere aos incentivos fiscais governamentais, a concessão de benefícios nas esferas estadual e federal, como desoneração do ICMS incidente sobre equipamentos, redução de 50% das tarifas de transmissão e distribuição (TUST e TUSD) para usinas eólicas com capacidade de até 30 MW e o adiantamento de créditos PIS-COFINS para abatimento na compra de equipamentos à vista, contribuiu para que o Brasil, no referente a fonte eólica, se tornasse um dos países com tarifas mais atraentes do mundo; favorecendo a instalação de novas empresas, em especial as estrangeiras, que realizaram mais investimentos, ampliando e melhorando as operações da cadeia produtiva eólica nacional (WWF-Brasil, 2015).

Assim, como consequência desse conjunto de fatores, conforme Elbia Silva Gannoum (presidente executiva da Associação Brasileira de Energia Eólica), o custo médio da instalação de uma usina eólica no Brasil, em 2015, foi de aproximadamente R\$4,5 milhões por Megawatt eólico instalado, um valor que a tornou a segunda fonte mais competitiva da matriz energética nacional, ficando atrás apenas das grandes usinas hidrelétricas, cujo custo está estimado em R\$3,8 milhões por Megawatt instalado (Marinho, 2015).

Esse resultado, no entanto, expõe consideravelmente a relevância e os avanços obtidos pela fonte eólica no país, principalmente se observado que a energia hidráulica (a principal energia renovável explorada em território nacional) possui uma cadeia de produção consolidada há décadas no Brasil, enquanto que a tecnologia eólica passou a ser explorada em larga escala somente a partir da década de 90, ou seja, há apenas cerca de 20 anos atrás.

Oportunidades ao desenvolvimento sustentável no Brasil

O aproveitamento da energia eólica para geração de eletricidade, pode trazer uma série de benefícios, mas não deixa de possuir riscos ao meio ambiente, de maneira que sua exploração eficiente e o desenvolvimento nacional sustentável também está atrelado ao planejamento e gestão adequada do empreendimento eólico (Ferreira, 2008).

Do ponto de vista dos impactos ambientais, cabe lembrar que a construção e operação de um parque eólico envolve uma série de atividades em terrenos com presença de fauna e flora e eventualmente próximos a zonas ou atividades humanas. Dessa forma, consequências como ruído, danos ecológicos, interferências eletromagnéticas e impactos visuais são possíveis e devem ser minimizadas o máximo possível (Salino, 2011).

O ruído emitido pelas turbinas, particularmente, pode causar incômodos a audição, concentração e a comunicação (Salino, 2011). Nesse sentido, ressalta-se que o desenvolvimento tecnológico ao longo dos últimos anos, resultando em turbinas mais modernas e equipadas, tem promovido a redução dos níveis de ruídos gerados. Porém, a instalação dos parques em distâncias relativamente significativas

de zonas urbanas também pode ser uma medida importante para a redução de eventuais incômodos sonoros gerados (Ferreira, 2008; Salino, 2011).

Já no que se refere aos danos ecológicos, o principal impacto, de acordo com Salino (2011), diz respeito a fauna, em especial com relação aos pássaros, que podem sofrer com problemas como perda do habitat (a depender do local da construção da usina eólica), deslocamento forçado devido ao desenvolvimento de distúrbios (como na alimentação e procriação) e mortes (devido a eventuais colisões com as turbinas).

Diante disso, uma forma de prevenção viável, é, por exemplo, estabelecer um programa contínuo de monitoramento ambiental e, antes da instalação do parque eólico, realizar uma avaliação cuidadosa das características do local escolhido, evitando instalar grandes quantidades de turbinas onde hajam rotas migratórias e espécies consideradas sensíveis (Salino, 2011).

No que diz respeito a possibilidade de interferência eletromagnética nos sistemas de telecomunicações e impactos visuais a paisagem, por sua vez, medidas como realocar antenas pra localidades mais afastadas dos parques eólicos e considerar as características da paisagem no desenho das turbinas - pintando-as com cor uniforme para ajusta-las a cor da paisagem - podem ser importantes na mitigação desses impactos (Ferreira, 2008; Salino, 2011).

Por outro lado, é importante lembrar que os fatores positivos da utilização da energia eólica são diversos, o que, aliado ao fato dos impactos negativos poderem ser contornados, oferece uma gama de oportunidades interessantes ao desenvolvimento socioeconômico responsável de países com grande potencial a exploração desse tipo de energia, como o caso do Brasil.

Um dos benefícios está, ao ter mais independência quanto a localização dos seus sistemas geradores (os parques eólicos podem ser instalados em locais afastados ou de difícil acesso às tradicionais redes de fornecimento de energia) e diversificar a forma de geração de energia elétrica, na possibilidade de promover a universalização e amplo abastecimento elétrico residencial, atendendo, inclusive, comunidades mais isoladas (Santos, 2011).

Por exemplo, conforme levantamento da ABEEÓLICA (2015), a média de residências brasileiras atendidas em 2015 com eletricidade advinda da geração eólica foi de 11 milhões por mês, um número que equivale a 33 milhões de habitantes e que representa não só praticamente o dobro do fornecimento energético realizado por essa fonte em 2014, mas também uma quantidade total atendida similar ao tamanho populacional da região Sul em 2014.

Do ponto de vista da redução da poluição ambiental, a energia eólica também aparece como fator fortemente relevante. Conforme a ABEEÓLICA (2015) e Ferreira (2008), tratando-se de uma fonte geradora de energia elétrica que se baseia apenas na exploração da força dos ventos, esta tecnologia desponta como uma das mais importantes na pouca emissão de CO₂, gás considerado determinante ao aquecimento global e efeito estufa (Hollnagel, Araújo & Bueno, 2016).

No Brasil, particularmente, a estimativa da quantidade de CO₂ evitada em 2015 com o uso da energia eólica na geração de eletricidade foi de aproximadamente 10,42 milhões de toneladas, uma quantidade significativa ao combate do aquecimento global, equivalendo a emissão anual de cerca de 7 milhões de automóveis (ABEEÓLICA (2015).

Por fim, no que se refere as contribuições ao desenvolvimento socioeconômico do Brasil, a energia eólica também tem tido um papel importante. Segundo levantamento da ABEEÓLICA em 2015, além de contribuir, nesse ano, com a geração de cerca de 40 mil empregos, a energia dos ventos, mediante o desenvolvimento tecnológico obtido nos últimos anos e consequente redução dos preços, também poderia se constituir opção viável para a utilização em cenários de crises da tradicional fonte hidráulica, contribuindo para o atendimento da demanda por eletricidade a um menor custo.

Por exemplo, diante do momento de escassez de chuvas ocorrido em algumas regiões do Brasil e que resultou em baixos níveis de água nos reservatórios de diversas hidrelétricas, o país, por razões de segurança, colocou em operação as usinas termelétricas (ABEEÓLICA, 2015).

Uma simulação realizada pela ABEEÓLICA, entretanto, mostrou que em um cenário com inserção da geração eólica, resultando na diminuição da quantidade de energia elétrica despachada por usinas termelétricas, o custo para o atendimento da demanda seria reduzido em um total de R\$5.397 milhões (Tabela 2).

Tabela 2: Simulação de custo do despacho de usinas termelétricas em 2015 com inserção ou não da geração eólica.

Descrição	Custo com despacho de usinas termelétricas em 2015 (R\$ milhões)
Cenário sem inserção da geração eólica	31.407
Cenário com inserção da geração eólica	25.010
Economia com a inserção da geração eólica	5.397

Fonte: Adaptada de ABEEÓLICA (2015).

Dessa forma, considerada essa economia, bem como o fato de que a despesa total com o pagamento de usinas eólicas contribuintes com a produção de energia elétrica em 2015 foi de cerca de R\$4.753 milhões, o benefício líquido da fonte eólica para o sistema nesse ano ficaria em torno de R\$645 milhões (ABEEÓLICA, 2015), um valor considerável e que demonstra ainda mais a possibilidade de bom custo benefício associado a uma maior utilização da tecnologia de geração eólica no país.

Desafios e entraves para a consolidação da energia eólica no Brasil

Embora o Brasil apresente avanços em relação a energia eólica - visto o crescimento do número de parques eólicos instalados, o aumento da capacidade de geração e a redução dos custos de produção – ainda é necessário que o país supere uma série de desafios e entraves para que a energia dos ventos se consolide, de fato, na matriz energética nacional.

Nesse contexto, cabe destacar que a indústria eólica brasileira, ampliada com o estabelecimento de novas empresas de turbinas, pás e torres ao longo dos últimos anos, tem registrado significativa evolução. Porém, o setor, caracterizado por infraestrutura complexa, ainda se encontra em desenvolvimento, de maneira que sua solidificação e robustez, exige cautela, responsabilidade e barreiras a serem vencidas.

Um dos principais desafios, atualmente, está no fato de que muitos desses fabricantes atuantes no país não têm suas unidades completamente instaladas e, portanto, não operam no nível desejado. Por exemplo, entre as produtoras de turbinas eólicas, algumas não possuem ou tiveram suspenso seu credenciamento no programa de financiamento de máquinas e equipamentos do BNDES (o Finame), cuja nova metodologia passou a exigir das empresas, muitas delas multinacionais, maior nacionalização da produção dos equipamentos e insumos com alto conteúdo tecnológico (WWF-Brasil, 2015; ABDI, 2014; Melo, 2013).

Consequentemente, considerando que se leva tempo para adaptação a essas regras e que os valores do financiamento estão em torno de 4 pontos percentuais, essas empresas não credenciadas ou em processo de credenciamento perdem mercado ou tem maior dificuldade para manter-se competitivas (Melo, 2013), deixando claro que a consolidação da cadeia produtiva da energia eólica no país, com total capacidade de operação, qualificação e transferência de tecnologia, é um processo lento e a ser cumprido no longo prazo.

Conforme destacado pelo WWF-Brasil (2015), há também o problema da falta de escalonamento mais eficiente das datas de início de operação de usinas eólicas leiloadas em um determinado ano com aquelas que, necessariamente, precisam entrar em operação em janeiro do ano seguinte. Assim, muitas vezes, ocorre um desequilíbrio na cadeia de suprimentos, chegando grande quantidade de pedidos ao mesmo tempo ou havendo períodos de ociosidade nas unidades dos fabricantes de equipamentos eólicos.

Outras demandas significativas, no âmbito da indústria eólica nacional, dizem respeito a logística de distribuição dos equipamentos e insumos, bem como a expansão e aperfeiçoamento do sistema de transmissão da energia gerada nas usinas eólicas instaladas no país (Gannoum, 2014).

Por exemplo, no que se refere a logística, as empresas encontram dificuldades e elevam seus custos ao dependerem excessivamente de uma malha rodoviária (alternativas como a navegação de cabotagem não são utilizadas ou tem pouco investimento) que não foi projetada para o transporte dos gigantes

equipamentos eólicos e cujas condições foram avaliadas, em 2016, como cerca de 58,2% apresentando algum tipo de problema na pavimentação, sinalização ou geometria das vias (Confederação Nacional do Transporte [CNT], 2016; WWF-Brasil, 2015; Morelli, 2012).

Além disso, há ainda a questão do excesso de normas - combinado a deficiências na capacidade das operações governamentais e de empresas particulares de logística - exigidas ao deslocamento dos equipamentos eólicos pelas estradas do país, uma vez que o transporte de pás e turbinas demandam a utilização de caminhões de grande comprimento, que, para trafegar, necessitam de escoltas e autorização de órgãos estaduais/federais (WWF-Brasil, 2015; Morelli, 2012).

Dessa forma, segundo os mesmos autores, devido a restrita quantidade de caminhões adaptados ao tamanho e peso dos equipamentos, a dependência da disponibilidade de viaturas para realização das escoltas e dificuldades ligadas a falta de contingente das Polícias Rodoviárias, acabam ocorrendo problemas como maior lentidão para as entregas e impossibilidade de trafegar em períodos de grande movimentação nas estradas.

Do ponto de vista do sistema de transmissão da energia gerada via fonte eólica, por sua vez, a falta de investidores e financiamento de linhas de transmissão suficientes para atender a demanda das geradoras é uma dificuldade que pode ser vista como significativamente grave, já que o número de parques eólicos em operação (assim como a capacidade de geração) tem crescido, mas, muitas vezes, acabam ficando ilhados ao não poderem despachar a energia gerada (Agência Ambiente Energia, 2016; WWF-Brasil, 2015; Gannoum, 2014).

Já na questão dos investimentos visando o desenvolvimento do setor eólico, vale lembrar que a possibilidade de constituir uma indústria mais robusta e com progressivos menores custos, está, em grande parte, associada a incentivos a pesquisa, desenvolvimento e inovação (Melo, 2013). Entretanto, o problema no Brasil está nos ainda insuficientes esforços realizados nesses quesitos, com os investimentos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e da empresa pública brasileira Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), ao longo da última década, totalizando apenas R\$60 milhões e os grupos de pesquisas empenhados na área sofrendo carências como pequena quantidade de membros (ABDI, 2014).

Por fim, cabe ressaltar que o Brasil também carece de uma política mais específica de fontes renováveis, uma vez que, conforme Gannoum (2014), o PROINFA, apesar de importante, foi um programa de contratação de energia elétrica (gerada a partir de tecnologias limpas e renováveis) pontual e implantado a mais de 10 anos atrás.

Assim, ainda de acordo com o autor, devido ao recente cenário de instabilidades no atendimento da demanda energética (em razão de crises hídricas e diminuição dos níveis de água dos reservatórios das hidrelétricas em diferentes pontos do país), existe a necessidade de uma nova política que valorize os diversos recursos energéticos ofertados e procure diversificar a matriz elétrica nacional, principalmente com mais energias renováveis, entre as quais, está a energia eólica.

Essa série de dificuldades e problemas, portanto, deixam evidente a necessidade de um reposicionamento nas políticas de investimento e planejamento para o setor eólico, já que seus efeitos acabam contribuindo para que o país, mesmo apresentando crescimento substancial nos últimos 15 anos, acabe não possuindo, conforme demonstra dados de Brasil (2016), uma geração e aproveitamento tão expressivo quanto alguns países norte-americanos e europeus (como Estados Unidos, Canadá, Espanha e Alemanha) que possuem ventos e fatores de capacidade eólico menos favoráveis que o brasileiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia, definitivamente, é um dos recursos mais importantes para o desenvolvimento de um país e garantia da qualidade de vida da população. Por meio dela, a humanidade pode atender suas mais diversas necessidades e os países podem alimentar seus sistemas comercial, industrial e de serviços, levando a geração de renda e crescimento econômico.

Entretanto, a concentração excessiva das matrizes energéticas nacionais na exploração de combustíveis fósseis e o aumento das preocupações com impactos ambientais, tornou essencial a busca por fontes de energias limpas e renováveis.

Nesse contexto, em especial no que diz respeito a fonte eólica, o Brasil, ainda que substancialmente

dependente de combustíveis como o petróleo e com presença de energias renováveis representadas sobretudo pela exploração da fonte hidráulica, é um país que pode se beneficiar bastante dos recursos e oportunidades que dispõe.

Por exemplo, do ponto de vista de recursos naturais, cabe destacar que o país reúne uma série de condições que favorecem a ocorrência de ventos com velocidades fortes e ideais para o aproveitamento da fonte eólica.

Quanto a viabilidade técnica, por sua vez, destaca-se por possuir o maior fator de capacidade eólico do mundo, bem como pelo crescimento de uma indústria nacional que resulta no desenvolvimento de tecnologias fundamentais a exploração da energia dos ventos.

Em termos de custos financeiros, apoiada no desenvolvimento industrial e tecnológico experimentado, bem como em políticas e legislações de incentivo financeiro e fiscal, a geração eólica nacional apresenta uma progressiva queda de custos, a ponto de já ser considerada a segunda fonte de energia mais competitiva da matriz energética brasileira.

Além disso, destaca-se também por ser um tipo de energia cujos impactos ambientais causados pela instalação e operação de suas usinas podem ser evitados/minimizados e pela possibilidade de proporcionar grandes condições ao desenvolvimento sustentável e socioeconômico do país, como geração de emprego e renda, ampliação do abastecimento elétrico residencial por meio de uma energia renovável, redução da emissão de CO₂ na geração de eletricidade e eventual colaboração e diminuição dos custos no atendimento da demanda energética em momentos de crise das hidrelétricas.

No entanto, atualmente, ainda que estejam ocorrendo avanços, muitas dessas vantagens e potencial acabam prejudicados, retardados e não totalmente aproveitados, em razão de uma série de problemas (como na logística de equipamentos e insumos, no sistema de transmissão da energia gerada, na dificuldade dos fabricantes em aderir a programas de financiamento do governo, no planejamento de entrada em operação de usinas eólicas a cada ano, no desenvolvimento de política de incentivo as energias renováveis compatível com o cenário atual e em necessidade de mais pesquisa e desenvolvimento) que, embora não sejam simples, podem ser resolvidos ou reduzidos no longo prazo.

Sendo assim, caso haja maior empenho do governo (em suas diferentes esferas de poder) e da iniciativa privada em cooperar e atuar para a resolução dos entraves do setor eólico nacional, como através de apoio e mais tempo para adequação dos fabricantes as exigências de financiamento do BNDES, criação de nova política específica que valorize mais os diversos recursos energéticos renováveis do país e maior investimento e planejamento no setor de logística (incluindo avanços nos estudos de alternativas como, por exemplo, a navegação de cabotagem), sistemas de transmissão (realização dos leilões de transmissão antes dos leilões de parques eólicos para garantir, antecipadamente, a capacidade de escoamento da energia produzida) e pesquisa e desenvolvimento, o Brasil tem grandes condições de consolidar efetivamente a fonte eólica em sua matriz energética, tornando-a ainda mais robusta, descentralizada e contribuinte ao desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

Agência Ambiente Energia. (2016). Construção de linhas de transmissão ainda são desafio para energia eólica. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2016/01/construcao-de-linhas-de-transmissao-ainda-sao-desafio-para-energia-eolica/27849>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. (2014). Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Mapeamento%20da%20Cadeia%20Produtiva%20da%20Ind%20%C3%BAstria%20E%20%C3%B3lica%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

Amarante, O. A. C., Brower, M., Zack, J., & Sá, A. L. (2001). Atlas do potencial eólico brasileiro. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Associação Brasileira de Energia Eólica. (2013). Boletim anual de geração eólica 2013. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2016/08/BoletimdeGeracaoEolica-2013.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

Associação Brasileira de Energia Eólica. (2014). Boletim anual de geração eólica 2014. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2016/08/Boletim-Anual-de-Geracao-Eolica-2014.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

Associação Brasileira de Energia Eólica. (2015). Boletim anual de geração eólica 2015. Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/pdf-encontro/Abeeolica_BOLETIM-2015_low.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2016.

Associação Brasileira de Energia Eólica. (2016). Dados mensais dezembro de 2016. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2016/12/Dados-Mensais-ABEEolica-Dezembro-2016.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

Braciani, U. (2011). Estrutura de custos para implantação das usinas de geração de energia elétrica no Brasil. 84f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. (n.d.). Energia eólica. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. (2007). Matriz Energética Nacional 2030. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/matriz-energetica-nacional-2030>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015a). Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2015. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_dou_2015_20150915.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2016.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. (2015b). Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432059/PDE+2024+RELATORIO+FINAL.pdf/2182125c-dbbd-4478-ac1c-ac40a2c8c38b?version=1.0>>. Acesso em: 15 set. 2016.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. (2016). Energia eólica no Brasil e no mundo ano de referência – 2015. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%20%C3%B3lica++ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%20%C3%B3lica++ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2)>. Acesso em: 10 nov. 2016.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. (2014). Boletim das usinas eólicas N° 013 – Fevereiro/2014. Disponível em: <www.ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_347310>. Acesso em: 04 nov. 2016.

Centro de Energia Eólica. (n.d.). Perguntas frequentes sobre energia eólica. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=4#4>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia. (2014). A indústria dos ventos e o Rio Grande do Norte Brasil – 2014. Disponível em: <<http://cerne.org.br/pdfs/CartilhaEolicaCERNE2014.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. (2008). Energia eólica, princípios e tecnologias. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/downloads/energia-eolica-principios-tecnologias.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Confederação Nacional da Indústria. (2009). Energia eólica - panorama mundial e perspectivas no Brasil. Disponível em: <<http://admin.cni.org.br/portal/data/files/00/FF8080812300E36F0123061CD01C4D15/Energia%20E%C3%B3lica.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

Confederação Nacional do Transporte. (2016). Pesquisa CNT de rodovias 2016. Disponível em: <[http://pesquisarodoviascnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2016.

Empresa de Pesquisa Energética. (2016). Balanço Energético Nacional 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

Epalanga, O. Â. S. (2013). Energia eólica – viabilidade técnica de projeto eólico na região de Urubici. 92f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Ferreira, H. T. (2008). Energia eólica: barreiras a sua participação no setor elétrico brasileiro. 97 f. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Fundo Mundial para a Natureza. (2015). Desafios e oportunidades para a energia eólica no Brasil: recomendações para políticas públicas. Disponível em: <<http://data.novo.gessulli.com.br/file/2015/09/10/E142912-F00001-U138.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

Gannoum, E. S. (2014). O desenvolvimento da indústria de energia eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade. Cadernos Adenauer, n. 3, p. 57-71. Disponível em: <<http://www.kas.de/wf/doc/15613-1442-5-30.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

Global Wind Energy Council. (2008). Global Wind Energy Outlook 2008. Disponível em: <http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/08/GWEO_2008_final.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

Hollnagel, H. C., Araújo, L. J. S., & Bueno, R. L. P. (2016). Analysis of the contribution of small residential care centers for the elderly to reduce the socio environmental impact and foster entrepreneurship in brazilian megacities (São Paulo). RISUS – Journal on Innovation and Sustainability, v. 7, n. 3, p. 3-16.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2011). Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Summary for Policymakers. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Lucon, O., & Goldemberg, J. (2009). Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 23, n. 65, p. 121-130.

Marinho, A. F. (2015). Energia eólica: um potencial cada vez mais explorado. Canal Jornal da Bioenergia. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/energia-eolica-um-potencial-cada-vez-mais-explorado/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

Melo, E. (2013). Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. *Estudos Avançados*, v. 27, n. 77, p. 125-142.

Moreira Júnior, F. D. (2009). Viabilidade técnica/econômica para produção de energia eólica, em grande escala, no nordeste brasileiro. 41 f. Monografia (Pós-graduação em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Morelli, F. S. (2012). Panorama Geral da Energia Eólica no Brasil. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Mota, C. J. A., & Monteiro, R. S. (2013). Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. *Química Nova*, v. 36, n. 10, p. 1483-1490.

Nascimento, T. C., Mendonça, A. T. B. B., & Cunha, S. K. (2012). Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. *Cadernos EBAPE.BR*, v. 10, n. 3, p.630-651.

Pêgo Filho, B., Mota, J. A., Carvalho, J. C. J., & Pinheiro, M. M. S. (2001). Impactos fiscais da crise de energia elétrica: 2001 e 2002. Brasília: IPEA (Texto para Discussão, 680). Disponível em: <http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0816.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Riscoti, J. F. C. (2011). Inserção de energia eólica no sistema hidrotérmico brasileiro. 211f. Dissertação (Mestrado do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Salino, P. J. (2011). Energia eólica no Brasil: uma comparação do PROINFA e dos novos leilões. 113 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Sampaio, R. F., & Mancini, M. C. (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 11, n. 1, p. 83-89.

Santos, W. B. B. (2011). Gestão de processos de produção energética para a eficiência ambiental. In: Anais eletrônicos do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/>>. Acesso em: 12 set. 2016.

Silva, L. C., Silva, A. R. M., Barbosa, A. S., Santos, D. K. A., & Rocha, F. B. A. (2015). Implantação de parques eólico no Brasil. In: Anais eletrônicos do XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/>>. Acesso em: 15 set. 2016.

Simas, M. S. (2012). Energia e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. 220f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Tolmasquim, M. T. (2000). As Origens da Crise Energética Brasileira. *Ambiente & Sociedade*, n. 6-7, p. 179-183.

Ventura Filho, A. (2009). O Brasil no contexto energético mundial (Vol. 6). NAIPE USP – Núcleo de Análise Interdisciplinar de Políticas e Estratégias da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.naipe.fm.usp.br/arquivos/livros/Livro_Naipe_Vol6.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Vergara, S. C. (2016). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 16 ed. São Paulo: Atlas. 104 p.