

Potencialidades da Energia Eólica no Nordeste

Francisco Diniz Bezerra

Engenheiro Civil. Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Coordenador de Estudos e Pesquisas do BNB/ETENE
diniz@bnb.gov.br

Lucas Sousa dos Santos

Graduando em Engenharia Mecânica
Jovem Aprendiz - Banco do Nordeste /CIEE

1 INTRODUÇÃO

No cenário mundial, o Brasil se destaca por ter sua matriz de geração de energia elétrica fortemente baseada em fontes renováveis, com preponderância da hidroeletricidade e da biomassa proveniente da cana-de-açúcar. Além dessas, outras fontes renováveis compõem a matriz de geração elétrica do País, a exemplo da energia eólica, inserida mais recentemente.

Como se depreende dos resultados dos leilões de compra e venda de energia, promovidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a fonte eólica se mostra competitiva no Brasil, tendo os seus projetos sido aprovados em diversos certames realizados nos últimos anos. Neste contexto, o Nordeste se destaca, em razão de seu elevado potencial eólico e por dispor de inúmeros sítios com velocidades médias de vento dentre as maiores do País. Este cenário se mostra promissor para vultosos investimentos na Região nordestina em geração eólica, como inclusive já se observa atualmente.

Esta análise setorial teve como objetivo disponibilizar informações sobre a geração de energia elétrica no Brasil a partir da fonte eólica, com ênfase no Nordeste. É constituída por oito tópicos, sendo o primeiro esta introdução. No segundo tópico, faz-se uma contextualização sobre a cadeia produtiva da energia elétrica no Brasil e a inserção da fonte eólica, particularizando o Nordeste. No terceiro tópico, caracteriza-se a atividade de geração eólica, conforme definições normativas vigentes. No quarto tópico, são apresentados aspectos tecnológicos da geração eolielétrica, embora de forma superficial. No quinto, são discutidas as potencialidades e as perspectivas do mercado da geração eólica no Brasil, em particular no Nordeste. No sexto, são tecidas algumas considerações sobre a competitividade da fonte eólica no Brasil, em particular no Nordeste. No sétimo, expõem-se os principais instrumentos legais brasileiros nos quais se insere a geração eólica, inclusive no âmbito da geração distribuída. Por último, no oitavo tópico, são feitas algumas considerações finais.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE A CADEIA PRODUTIVA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL E A INSERÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA

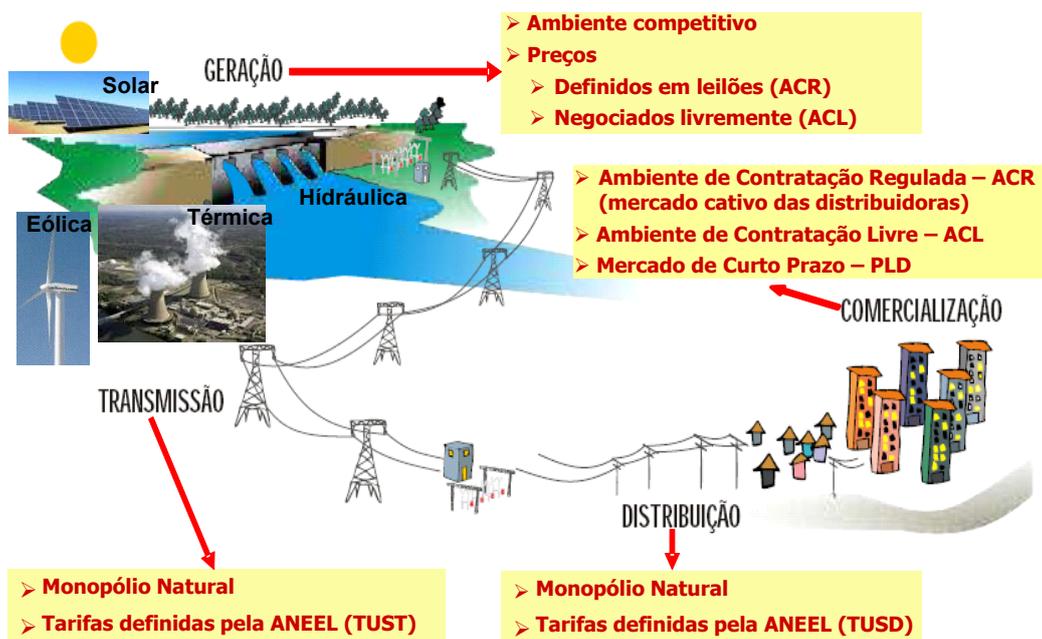
A geração de energia a partir da fonte eólica integra a Cadeia Produtiva da Energia Elétrica. Para a adequada compreensão dessa atividade, considera-se fundamental o conhecimento prévio da cadeia produtiva na qual ela está inserida e de sua interação com os demais elos, tarefa empreendida neste tópico.

Da produção até o consumo, o setor de energia elétrica engloba as seguintes atividades: geração, transmissão e distribuição. Nessa cadeia, reveste-se também de importância singular o processo de comercialização da energia elétrica (Figura 1).

Transmissão e distribuição constituem monopólios naturais, haja vista ser antieconômica a instalação de dois ou mais sistemas paralelos para atender o mesmo conjunto de consumidores. Por meio da rede básica de transmissão, a energia chega às redes de distribuição, operadas por uma ou mais empresas concessionárias ou permissionárias privadas ou estatais em cada estado. A remuneração do serviço de transmissão é realizada por meio da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão – TUST, enquanto a remuneração do serviço de distribuição é efetuada mediante pagamento de Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD, ambas reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Por outro lado, a geração ocorre em ambiente concorrencial, realizada por meio de leilões ou de livre negociação.

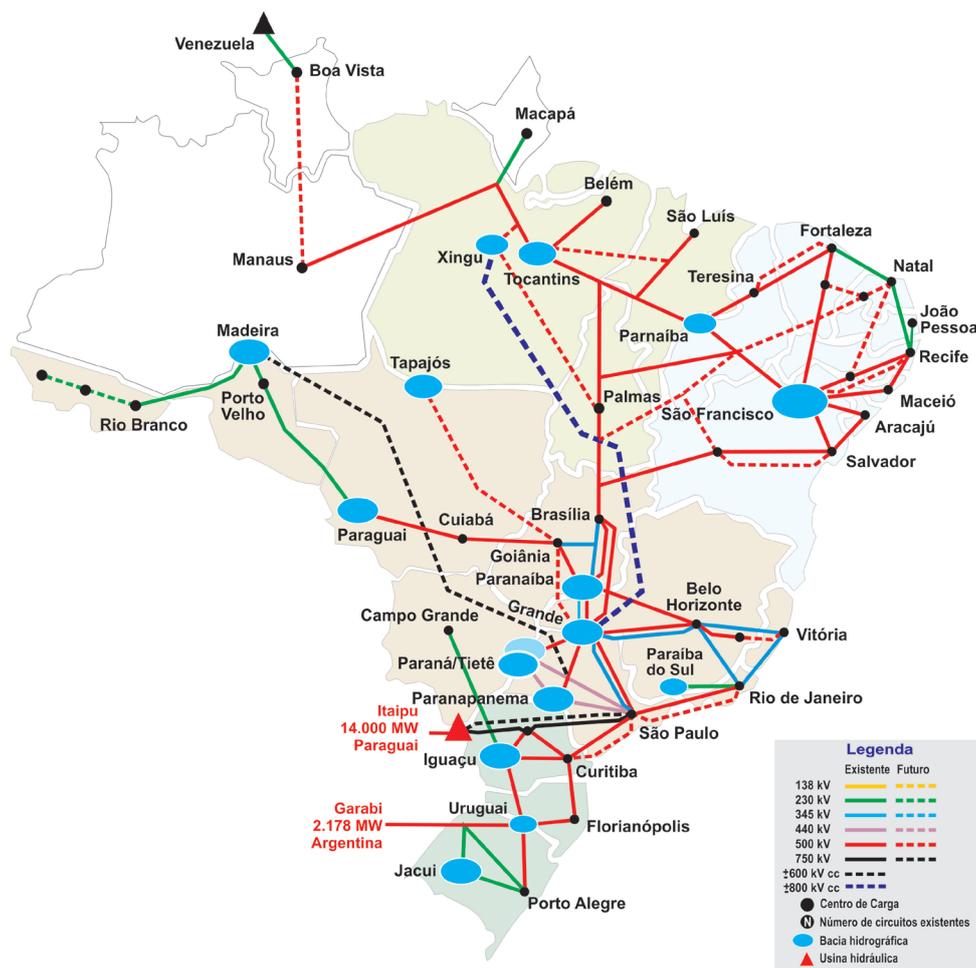
A transmissão de energia elétrica no Brasil é realizada por meio do Sistema Interligado Nacional – SIN, que é formado pelos subsistemas Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), Sudeste-Centro-Oeste (todos estados do Sudeste e do Centro-Oeste, Rondônia e Acre), Nordeste (estados do Nordeste, exceto Maranhão) e Norte (Maranhão, Pará e Tocantins). Outros subsistemas existentes no País, não conectados ao SIN, são chamados “subsistemas isolados” (Figura 2).

Figura 1 - Cadeia Produtiva da Energia Elétrica no Brasil



Fonte: adaptado de ANEEL (2016) por BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Figura 2 - Integração Eletroenergética no Sistema Interligado Nacional (SIN)



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2017a).

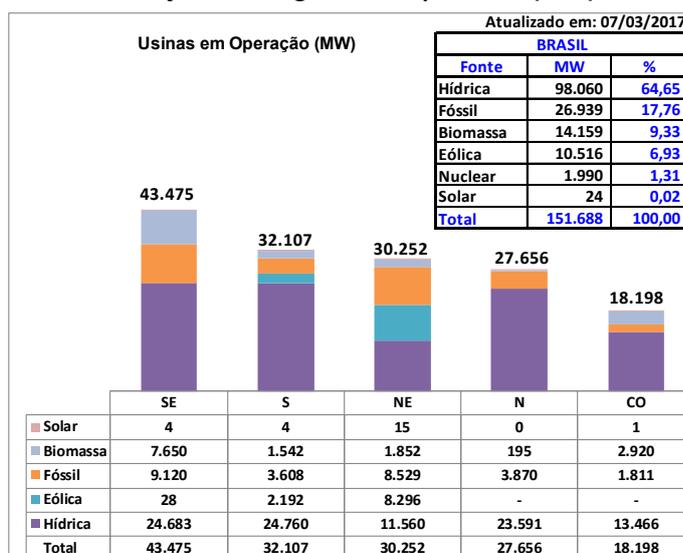
A integração eletroenergética existente no Brasil, constituída por extensas redes de transmissão, aliada ao fato das usinas localizarem-se em bacias hidrográficas distintas¹, confere maior segurança ao Sistema Interligado Nacional. De fato, essa característica torna o abastecimento do País menos vulnerável, pois é mais remota a probabilidade de ocorrer escassez de chuvas em todas as bacias simultaneamente. Assim, a insuficiência de água para geração elétrica no Nordeste pode ser compensada pelas usinas do Norte do País e vice-versa. Idem entre o Sul e o Sudeste ou entre o Norte e o Sul. Além disso, qualquer central geradora ligada ao SIN, independentemente da fonte de energia que utiliza e de sua localização, contribui para atender a carga de energia de todo o sistema.

Cabe destacar que a matriz elétrica brasileira possui características próprias que a distingue da existente na maioria dos países. Aqui predomina, historicamente, a geração de fontes renováveis, com destaque para a energia hidráulica. Caracteriza-se, também, pelo uso expressivo de biomassa e, mais recentemente, pela presença da geração eólica. Em conjunto, as fontes renováveis representam 80,9% da capacidade instalada de geração no Brasil, correspondente a 151,7 GW, em dados de 07/03/2017. No Nordeste, em particular, embora a fonte hídrica seja preponderante, seguida das térmicas movidas a combustíveis fósseis, a fonte eólica ganha destaque, representando, atualmente, 27,4% da capacidade instalada de geração elétrica da Região (Gráfico 1).

No que concerne à comercialização da energia elétrica no Brasil, existem três tipos de mercado: a) Ambiente de Contratação Regulada – ACR, efetivado por meio de leilões de compra e venda de energia elétrica, realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por delegação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Normalmente, os contratos celebrados no âmbito do ACR são de longo prazo, assegurando a compra da energia elétrica gerada a preços pré-definidos durante a sua vigência; b) Ambiente de Contratação Livre – ACL, no qual geradores e consumidores livres negociam a compra de energia, estabelecendo volumes, preços e prazos de suprimento; e c) Mercado de Curto Prazo, destinado à equalização de diferenças de medição dos montantes efetivamente produzidos/consumidos por cada agente. Nesse mercado, as diferenças apuradas, positivas ou negativas, são contabilizadas pela CCEE para posterior liquidação financeira, valoradas ao Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).

1 Atualmente, a hidroeletricidade representa aproximadamente 65% da capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil. Dado o seu peso na matriz elétrica nacional, a interligação eletroenergética de bacias é de suma importância para dar maior segurança ao SIN.

Gráfico 1 – Brasil e Regiões: potência instalada de geração de energia elétrica por fonte (MW)



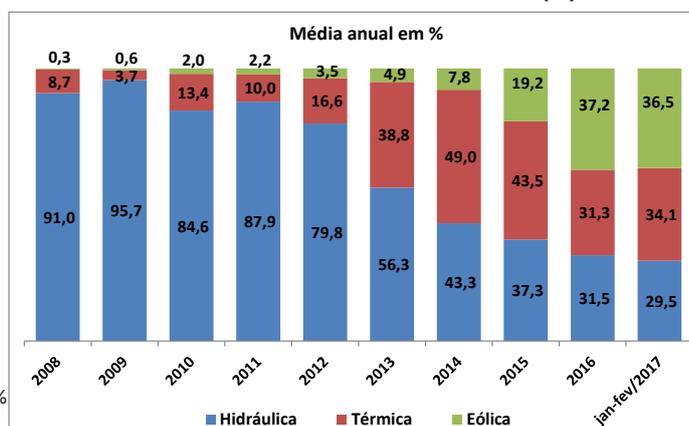
Fonte: ANEEL (2017).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

2.1 A geração eólica no Subsistema Nordeste do SIN

Até recentemente, a energia elétrica produzida no Nordeste brasileiro provinha basicamente da fonte hídrica, destacando-se o rio São Francisco como o seu principal provedor. Neste contexto, destaca-se a importância da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), principal empresa geradora de energia elétrica no Subsistema Nordeste, sendo proprietária das principais hidrelétricas existentes na Região. Este cenário de preponderância da fonte hídrica no Nordeste tem mudado nos últimos anos. De fato, a partir de 2013, as termelétricas e a fonte eólica têm crescido de forma expressiva na composição da geração de energia elétrica no Subsistema Nordeste, em razão da ocorrência de anos de baixa pluviometria e do aumento da capacidade instalada de geração eólica na Região (Gráfico 2 e Gráfico 3).

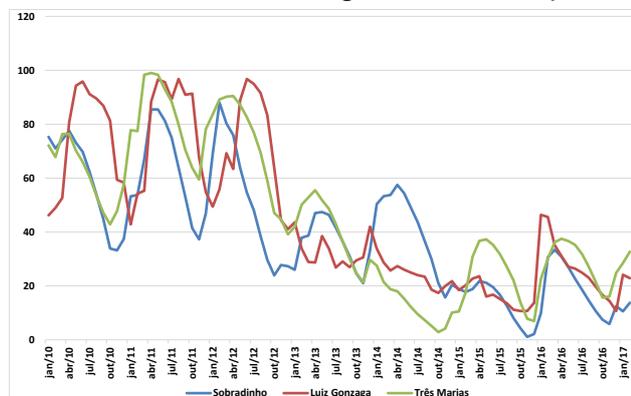
Gráfico 2 – Evolução da participação das fontes hidráulica, térmica e eólica na matriz de geração elétrica do Subsistema Nordeste (%)



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2017b).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais

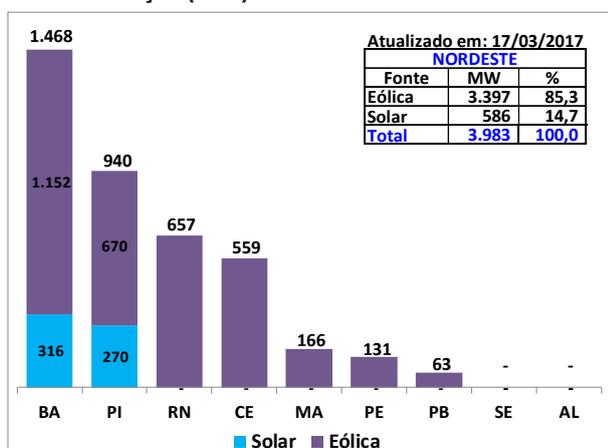
Gráfico 3 – Evolução mensal do volume útil dos três principais reservatórios utilizados para geração hidrelétrica no Subsistema Nordeste - Jan/2010-fev/2017 (% capacidade máxima de armazenamento de água do reservatório)



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2017b).
Elaboração: ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

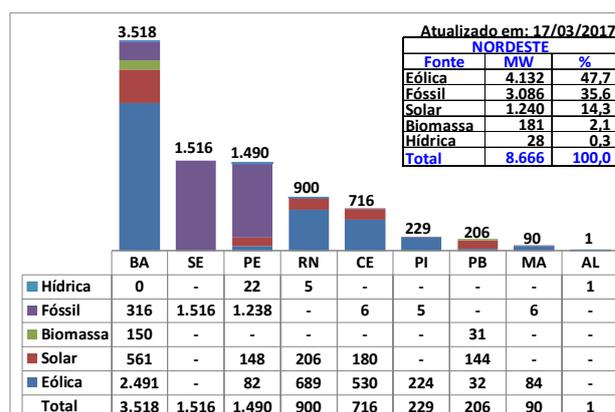
Considerando que o potencial hidrelétrico remanescente economicamente viável no Nordeste encontra-se próximo do seu esgotamento, a expansão dessa fonte de geração elétrica na Região está comprometida. Essa assertiva é corroborada pelo Plano Decenal de Expansão de Energia 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2015), já que nesse estudo não consta nenhum projeto de hidrelétrica previsto para o Nordeste no horizonte até 2024. Assim, a tendência é o incremento paulatino da participação da fonte eólica na matriz de geração de energia elétrica da Região nordestina, em razão desta ser, atualmente, a segunda alternativa mais competitiva, perdendo apenas para as grandes hidrelétricas, e também por ter dezenas de projetos já contemplados nos últimos leilões, previstos para entrar em operação nos próximos anos (Gráfico 4 e Gráfico 5).

Gráfico 4 - Nordeste: usinas de geração elétrica em construção (MW)



Fonte: ANEEL (2017).
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Gráfico 5 - Nordeste: usinas de geração elétrica sem construção iniciada (MW)

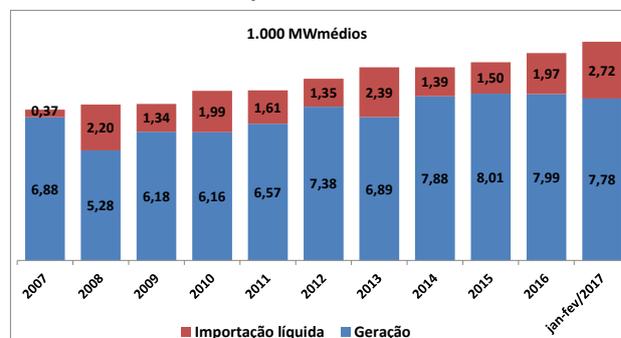


Fonte: ANEEL (2017).
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.
Nota: parcela hídrica refere-se a PCH.

Na Região Nordeste, os projetos eólicos em implantação e os projetados com construção ainda não iniciada totalizam 7,5 GW. Considerando o preço médio do investimento de R\$ 4,6 bilhões/MW, verificado no 8º. Leilão de Energia de Reserva (último com usinas eólicas aprovadas), estima-se que os projetos eólicos em andamento e previstos para o Nordeste demandarão recursos da ordem de R\$ 35 bilhões nos próximos anos, representando enormes oportunidades em toda a cadeia produtiva.

Ressalta-se que, historicamente, a crescente demanda de energia elétrica do Nordeste só tem sido plenamente atendida graças à importação de outras regiões, principalmente do Subsistema Norte. O Gráfico 6 apresenta a geração e a importação líquida de energia elétrica do Subsistema Nordeste a partir de 2007, demonstrando a sua dependência da produção de eletricidade em outras regiões do País. Contudo, graças ao elevado potencial eólico e solar do Nordeste, a Região tende a se tornar autossuficiente na geração de energia elétrica.

Gráfico 6 - Evolução da Geração e Importação Líquida de Energia Elétrica no Subsistema Nordeste – 2007-fev/2017



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2017).
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.
Nota: O Subsistema Nordeste integra o Sistema Interligado Nacional (SIN) e compreende todos os Estados da Região, exceto Maranhão.

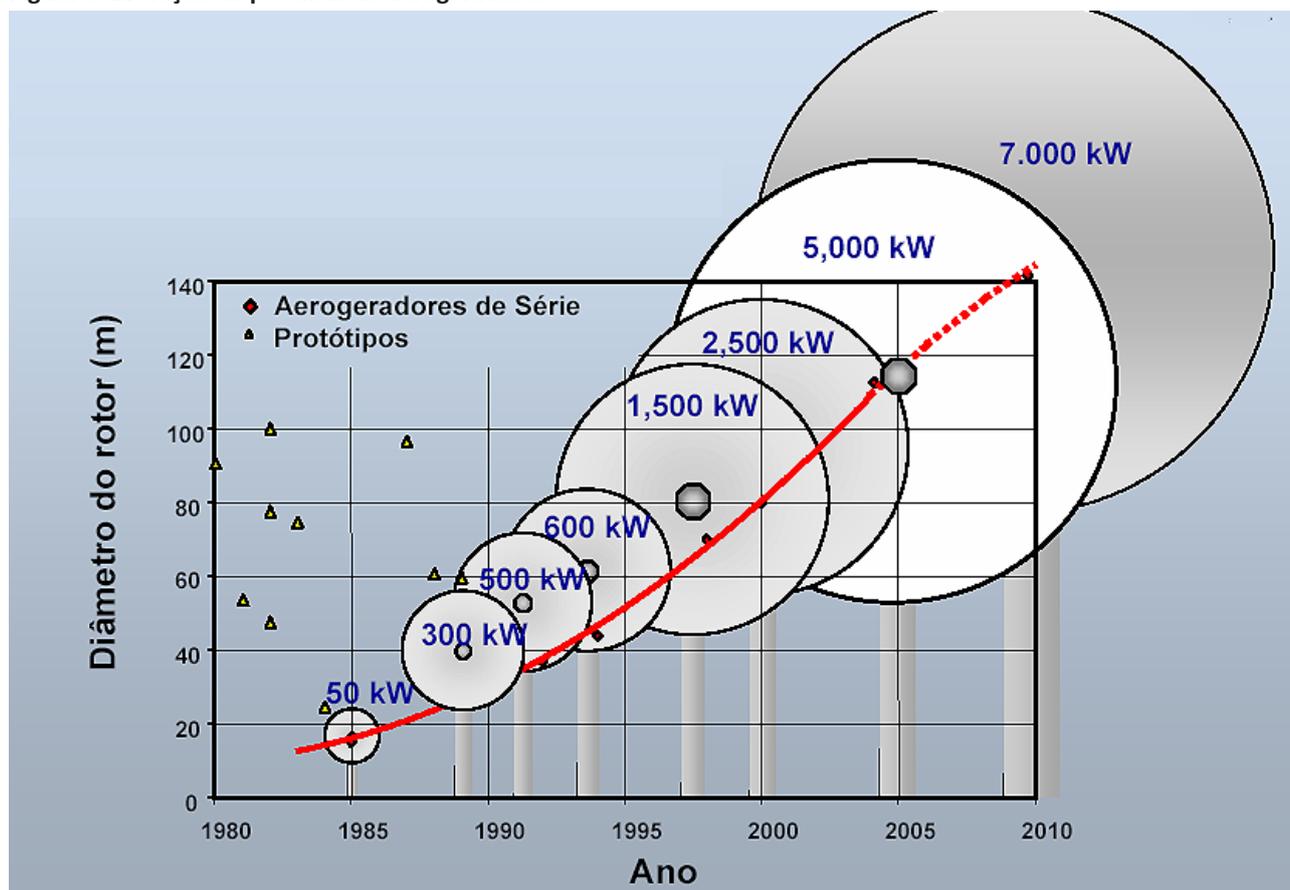
3 CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA FONTE EÓLICA

O vento constitui uma imensa fonte de energia natural e renovável, a partir da qual é possível gerar grande quantidade de energia elétrica. Para tanto, utilizam-se equipamentos denominados aerogeradores, que possuem potência nominal que varia de menos de 1 kW até

mais de 7 MW.

A tecnologia de geração eólica teve um desenvolvimento excepcional nas três últimas décadas, tendo elevado substancialmente o porte dos equipamentos e melhorado a sua eficiência e confiabilidade. A Figura 3 ilustra a evolução do porte dos equipamentos de geração eólica, desenvolvidos e fabricados pela indústria de aerogeradores.

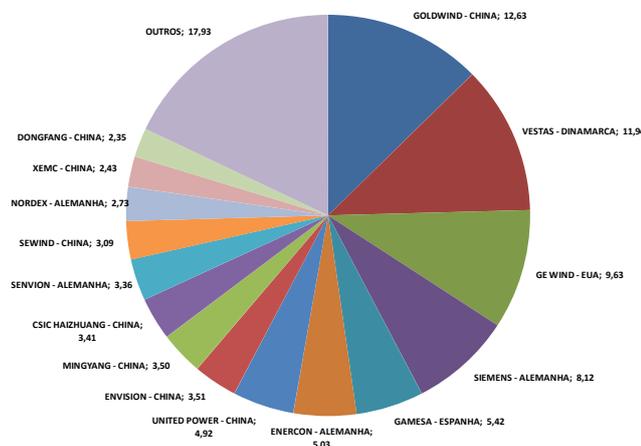
Figura 3- Evolução da potência de aerogeradores



Fonte: DEWI, 2006 apud Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL (2009).

A indústria de aerogeradores de grande porte é constituída por poucos fabricantes a nível mundial, o que caracteriza a sua estrutura de mercado como sendo um oligopólio. Os 15 maiores fabricantes de aerogeradores detêm 82% do mercado mundial. Desses, oito possuem sede na China, inclusive a atual líder, Goldwind (12,63%), que recentemente desbancou a dinamarquesa Vestas (11,94%), hoje vice-líder (dados de 2015). Observe-se que fabricantes de origem chinesa detêm mais de um terço do mercado mundial de aerogeradores, seguidos pelos alemães, com cerca de 20% do total (Gráfico 7).

Gráfico 7 – Participação dos 15 maiores fabricantes no mercado mundial de aerogeradores de grande porte – 2015



Fonte: Portal-Energia (2017).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

4 ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA GERAÇÃO EÓLICA

4.1 Características tecnológicas dos aerogeradores de grande porte

Os aerogeradores são classificados de diversas formas. Quanto ao porte, as turbinas eólicas se classificam em: *pequenas* – potência nominal menor que 500 kW; *médias* – potência nominal entre 500 kW e 1000 kW; e *grandes* – potência nominal maior que 1 MW (ANEEL, 2007).

No início da utilização da energia eólica, surgiram turbinas de vários tipos – eixo horizontal, eixo vertical, com apenas uma pá, com duas e três pás, gerador de indução, gerador síncrono etc. Com o passar do tempo,

consolidou-se o projeto de turbinas eólicas com as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução (assíncrono) e estrutura não-flexível (CBEE, 2000 apud ANEEL, 2007).

Concernente às características dos equipamentos, ressalta-se que este trabalho limitou-se apenas a apresentar os principais componentes dos aerogeradores de grande porte, visando a compreensão de seu funcionamento (para detalhes sobre a tecnologia eólica, sugere-se consultar o documento “Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil”, elaborado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, disponível em www.abdi.com.br). Neste sentido, a Figura 4 ilustra as partes componentes de um aerogerador.

Figura 4 - Partes constituintes de um aerogerador de médio ou grande porte.



Fonte: MME (2014).

4.2 Fator de capacidade

Fator de capacidade representa a relação entre a energia efetivamente produzida e a capacidade nominal de geração de uma instalação ou conjunto de instalações, em um determinado espaço de tempo.

Como forma de se ter uma ideia do desempenho dos aerogeradores implantados no Brasil, apresenta-se, no Anexo I, as informações disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS sobre o fator de capacidade dos parques eólicos nacionais, verificado para o ano de 2016. Ressalta-se que o fator de capacidade de um parque eólico pode apresentar variações entre dois ou mais anos, em razão principalmente das características de vento.

Conforme se observa, o fator de capacidade médio dos parques eólicos implantados no Nordeste (44,2%) supera a média da Região Sul (32,10%), razão pela qual a Região nordestina tem sido preferida pelos investidores,

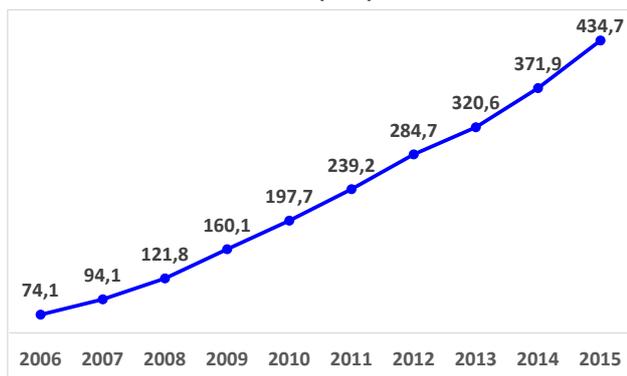
conforme já referido.

5 MERCADO DE GERAÇÃO EÓLICA: POTENCIAL, EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS

5.1 No Mundo

A geração eólica tem experimentado crescimento vertiginoso no mundo. Na década compreendida entre 2005 e 2015, a capacidade instalada de geração eólica evoluiu à taxa média de 22,1%a.a. Nos últimos cinco anos (2010-2015), o ritmo de crescimento diminuiu para 17,1%a.a, em média, embora ainda continue expressivo (Gráfico 8). Olhando para o futuro, as perspectivas para a fonte eólica continuam promissoras, em razão da melhoria da competitividade da tecnologia dos aerogeradores e da maior conscientização da humanidade sobre o impacto da queima de combustíveis fósseis sobre o clima, fator que vem contribuindo para uma maior pressão pelo uso de fontes mais limpas de energia.

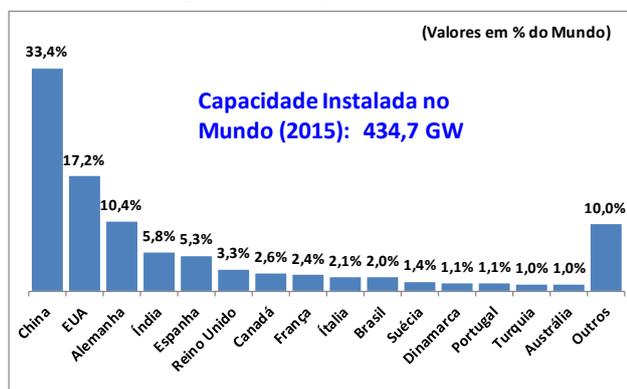
Gráfico 8 - Evolução da capacidade instalada de geração eólica no mundo (GW)



Fonte: BP (2016).
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

A capacidade mundial de geração de energia eólica, correspondente a 434,7 GW em 2015, é relativamente concentrada em apenas cinco países: China (33,4%), Estados Unidos (17,2%), Alemanha (10,4%), Índia (5,8%) e Espanha (5,3%). Em conjunto, representam 72% da capacidade instalada de geração eólica do planeta (Gráfico 9). O Brasil participa com menos de 1% do total mundial, no entanto, apresenta-se como um mercado muito promissor, em virtude da competitividade da fonte eólica nos leilões de compra e venda de energia aliado ao fato de o País apresentar excelentes “jazidas” de vento, principalmente no Nordeste.

Gráfico 9 - Capacidade instalada mundial de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica - 2015



Fonte: BP (2016).
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

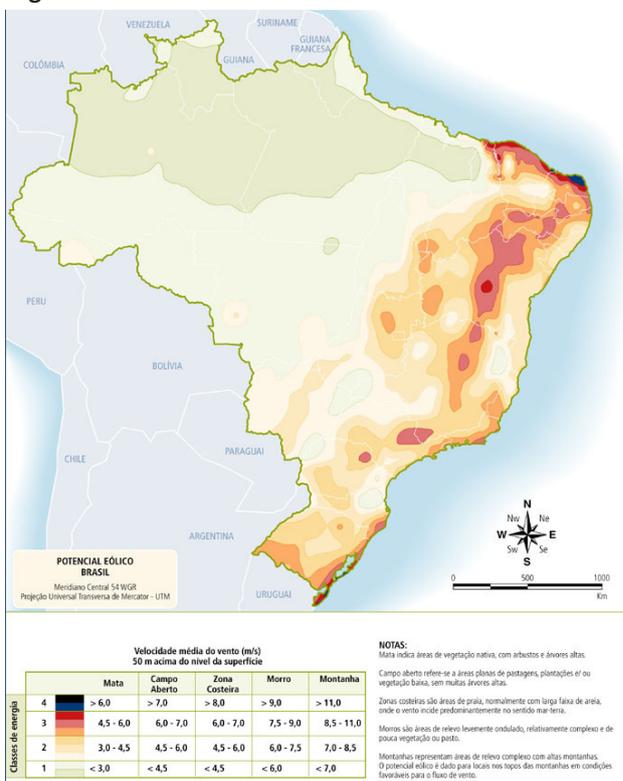
5.2 No Brasil, com ênfase no Nordeste
5.2.1 Potencial de geração eólica no Brasil

O Brasil possui potencial de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica superior à atual demanda desse insumo. Segundo o Atlas do Potencial Eólico do Brasil (FEITOSA et al., 2001), o potencial eólico do Brasil alcança 143 GW, dos quais cerca da metade no Nordeste. Esse montante foi estimado tendo por base velocidades médias de vento igual ou superior a 7 m/s a 50 metros

de altura. Considerando alturas maiores, com torres que normalmente ultrapassam 80 metros, estima-se que o potencial eólico do Brasil seja muito superior à atual capacidade instalada de geração de energia elétrica do País, de cerca de 150 GW. Com efeito, de acordo com estimativa do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-Clima²), considerando as novas tecnologias para produção de energia a partir do vento e, principalmente, a utilização de aerogeradores posicionados a 100 metros de altura, o potencial eólico brasileiro pode chegar a 880,5 GW, sendo que 522 GW são considerados tecnicamente viáveis.

Estão localizadas na Região nordestina as “jazidas” de vento que apresentam as melhores condições de aproveitamento para fins de geração de energia elétrica (Figura 5). Por esta razão, a maioria dos projetos que participaram dos leilões de energia da ANEEL está situada nessa Região.

Figura 5 – Potencial eólico do Brasil



Fonte: Feitosa et al. (2003).

O elevado potencial eólico do Brasil, associado à competitividade dessa fonte energética nos leilões de compra e venda de energia elétrica, atraiu diversos fabricantes de componentes de aerogeradores para o País, já tendo sido instaladas diversas fábricas em vários estados. A vinda de fabricantes desses equipamentos traz consigo *know-how* que poderá ser absorvido por profissionais brasileiros e possibilitar o surgimento de massa crítica

2 Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2016/10/potencial-eolico-onshore-brasileiro-pode-ser-de-880-gw-indica-estudo/>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

nesse campo no País, ainda incipiente. Além disso, a efervescência dessa indústria, cujo crescimento tem sido vertiginoso e sustentável nos últimos anos, ensejou a criação de cursos de capacitação nas universidades brasileiras e nordestinas, bem como a formação de grupos de pesquisa nessa área. Espera-se, assim, que o Brasil e a Região nordestina, em particular, possam, com o passar do tempo, gerar inovações no campo da geração eólica, consolidando o processo de internalização dessa tecnologia no País.

Estando no Nordeste as áreas mais propícias à geração eólica, alguns fabricantes de aerogeradores optaram por instalar suas fábricas nessa Região, além de diversos fabricantes de componentes (torres, pás, flanges etc.) (Quadro 1).

Quadro 1 – Principais fabricantes de componentes da indústria eólica no Brasil

Fabricantes	UF	Localização	Principais Produtos
Gamesa	BA	Camaçari	Nacele
Acciona Windpower	BA	Simões Filho	Cubos eólicos
	RN	Areia Branca	Torres de concreto
Vestas	CE	Aquiraz	Aerogeradores
Wöbber/Enercon	CE	Pecém	Pás
	BA	Juazeiro	Torres
	SP	Sorocaba	Aerogeradores, pás
WEG	SC	Jaraguá do Sul	Aerogeradores
GE	SP	Campinas	Nacele
TEN - Torres Eólicas do Nordeste	BA	Jacobina	Torres
Tecsis	BA	Camaçari	Pás
LM Wind Power	PE	Suape	Pás
Torrebras	BA	Camaçari	Torres
Aeris	CE	Pecém	Pás
Irieta	PE	Suape	Torres, flanges

Fonte: elaborado por BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Cabe registrar que os aerogeradores de grande porte até então instalados no Brasil são produzidos com tecnologia desenvolvida em seus países de origem e naturalmente se adequam melhor às condições para as quais foram projetados. Em razão de alguns fatores que interferem no desempenho dos equipamentos, como a velocidade média anual dos ventos, condições atmosféricas e climáticas, os aerogeradores precisam ser melhor adequados às características do Brasil, abrindo assim, *per se*, um leque de opções de pesquisas tecnológicas

para torná-los mais condizentes com a realidade do País. Sendo a tecnologia dos aerogeradores de grande porte relativamente recente, vislumbra-se enormes possibilidades de P&D no aperfeiçoamento de seus componentes (turbinas, rotores, naceles, pás, torres etc.), visando ao aumento da eficiência e da vida útil, além de equipamentos acessórios de medição de vento e da energia gerada, de controle da qualidade da geração e da ligação à rede, dentre outros. Ressalta-se que a inércia na estruturação da P,D&I nessa área tem inibido a possibilidade do desenvolvimento de uma tecnologia nacional, apesar do enorme potencial para a geração eólica existente no País.

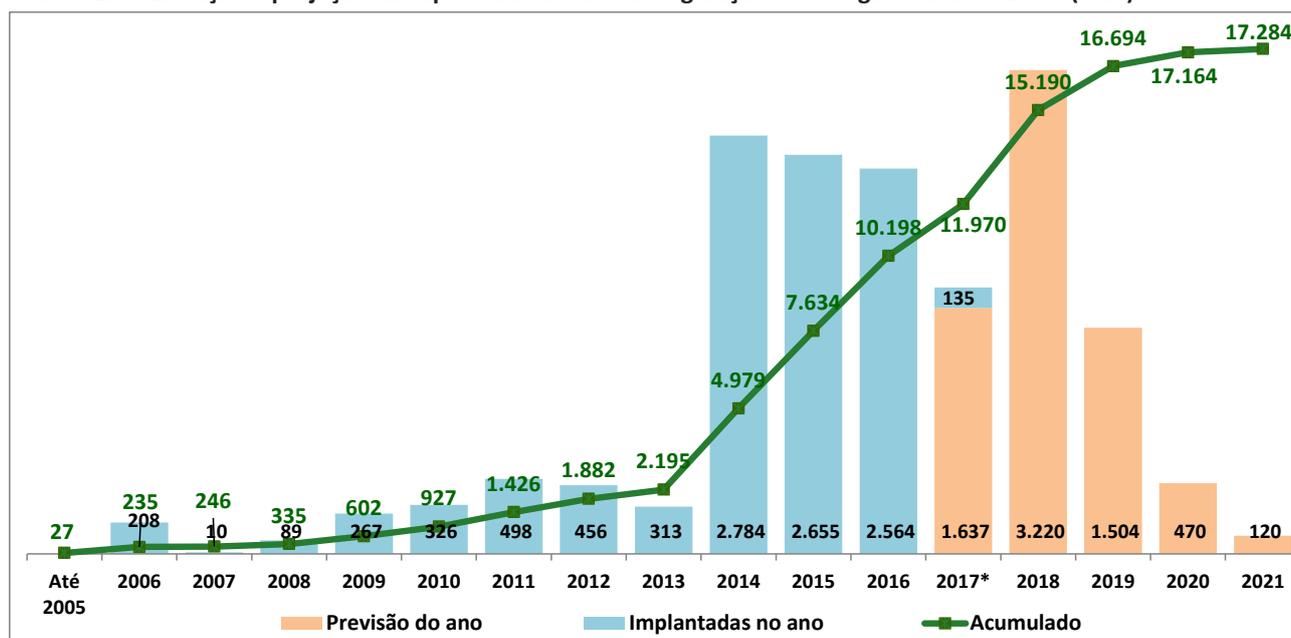
No que concerne aos aerogeradores de pequeno porte, existe um espaço enorme para crescimento, principalmente após os avanços observados na legislação brasileira, particularmente com o advento da Resolução Normativa ANEEL 482, de 17 de abril de 2012, que estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e criou o sistema de compensação de energia elétrica. Esse sistema possibilita a produção da própria energia elétrica por parte dos consumidores, inclusive pessoas físicas, e de seu intercâmbio com a rede de distribuição. No Brasil, já existe tecnologia nacional para fabricação de aerogeradores de pequeno porte, embora precise ser aprimorada para não perder espaço para fabricantes de outros países.

5.2.2 Evolução da geração eólica no Brasil, particularmente no Nordeste

O primeiro passo importante para a inserção da energia eólica no Brasil foi dado com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA (Lei nº 10.438/2002), iniciativa governamental destinada a diversificar a matriz energética nacional e fomentar o mercado interno para o uso dessa fonte, além de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e empreendimentos termelétricos a biomassa. Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2017), por meio do PROINFA, foram instalados no País 53 parques eólicos, totalizando 1.303,1 MW de potência.

No entanto, foi somente a partir de 2014 que o Brasil iniciou um processo mais acelerado de expansão do uso da fonte eólica na sua matriz elétrica, com incremento anual acima de 1 GW. Isto ocorreu graças à criação por parte do Governo Federal de leilões de comercialização de energia específicos para esta fonte e também ao aumento de sua competitividade ante outras opções de geração (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Evolução e projeção da capacidade instalada de geração de energia eólica no Brasil (MW)



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica – (ANEEL, 2017).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Notas: Valores anuais e acumulados em escalas distintas;

* Em 2017, usinas implantadas até o mês de março; dados de abril/2017 a 2021 referem-se a projetos previstos para entrar em operação sem restrições ou que apresentam restrições não graves.

Desde 2009 até 2016, foram contemplados nos leilões de comercialização de energia elétrica promovidos pela ANEEL 511 parques de geração eólica, totalizando 12.678,2 MW de potência. Desse montante, 11.212,7 MW (88,4% do total) estão no Nordeste. Dos nove estados brasileiros com parques eólicos contemplados em leilões, oito são nordestinos. Fora da Região, apenas o Rio Grande do Sul (1.465,5 MW) (Tabela 1). Além do PROINFA e dos leilões, parte da energia gerada nas centrais eólicas é comercializada no Ambiente de Contratação Livre (ACL), onde as condições contratuais são livremente negociadas.

Conforme se depreende do Gráfico 10, existem 6.951MW³ de potência em geração eólica previstos para ser implantados de abril de 2017 até 2021. Conforme já evidenciado anteriormente, esses empreendimentos representam excelentes oportunidades de investimento para os próximos anos.

O primeiro leilão no qual a fonte eólica aprovou projetos ocorreu em 14/12/2009. Trata-se do 2º. Leilão de Energia de Reserva (LER). Nesse certame, foram aprovados 71 parques, totalizando 1.805,7 MW de potência, ao preço médio de R\$ 236,52/MWh, em valor atualizado pelo IPCA para fevereiro/2017. Em seguida, no 3º. LER, realizado em 26/08/2010, foram aprovados 528,2 MW em 20 parques, com preço médio de R\$ 189,60/MWh. Dos 14 leilões onde a fonte eólica aprovou projetos, cabe destaque ao 15º. Leilão de Energia Nova – LEN (14/12/2012), no qual o MWh foi comercializado, em mé-

dia, a R\$ 117,41, em preços atualizados pelo IPCA para fevereiro de 2017, o menor valor já alcançado para esta fonte. Também cabe destaque ao 18º. LEN (13/12/2013), no qual foram contemplados 2,3 GW da fonte eólica, em 97 parques. A Tabela 1 detalha o resultado dos leilões realizados pela ANEEL, por meio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE.

³ Ressalta-se que alguns projetos eólicos contemplados nos últimos leilões ainda não constam na base de dados da ANEEL que originou o Gráfico 10.

Tabela 1 - Brasil e Estados: parques eólicos do Brasil – Posição: março/2017

Data Leilão	Leilão	Qde. Parques	Potência (MW)	BA	RN	RS	CE	PI	PE	MA	PB	SE	Preço médio (R\$/MWh)
14/12/2009	02 ^o LER	71	1.805,7	390,0	657,0	186,0	542,7	-	-	-	-	30,0	236,52
26/08/2010	03 ^o LER	20	528,2	261,0	247,2	20,0	-	-	-	-	-	-	189,60
17/08/2011	12 ^o LEN	44	1.067,6	265,6	52,8	492,0	103,6	75,6	78,0	-	-	-	143,51
18/08/2011	04 ^o LER	34	861,1	148,8	405,4	132,4	174,5	-	-	-	-	-	143,46
14/12/2012	15 ^o LEN	10	281,9	52,3	-	28,0	-	-	-	201,6	-	-	117,41
23/08/2013	05 ^o LER	66	1.505,2	567,8	132,0	80,5	113,2	420,0	191,7	-	-	-	142,65
18/11/2013	17 ^o LEN	39	867,6	83,0	-	326,6	98,0	240,0	120,0	-	-	-	158,30
13/12/2013	18 ^o LEN	97	2.337,8	1.000,8	684,7	152,0	212,3	168,0	120,0	-	-	-	150,05
06/06/2014	19 ^o LEN	21	551,0	-	84,0	48,0	117,0	-	302,0	-	-	-	157,92
31/10/2014	06 ^o LER	31	769,1	373,5	235,6	-	-	78,0	82,0	-	-	-	170,81
28/11/2014	20 ^o LEN	36	926,0	446,6	164,4	-	-	225,0	-	-	90,0	-	162,38
27/04/2015	03 ^o LFA	3	90,0	90,0	-	-	-	-	-	-	-	-	201,07
21/08/2015	22 ^o LEN	19	538,8	-	-	-	97,2	231,6	-	210,0	-	-	200,43
13/11/2015	08 ^o LER	20	548,2	493,0	25,2	-	-	-	-	30,0	-	-	219,88
Total Leilões		511	12.678,2	4.172,4	2.688,3	1.465,5	1.458,5	1.438,2	893,7	441,6	90,0	30,0	---
Proinfa*		53	1.303,1										
ACL*		109	2.284,2										
Outros		---	1.018,2										
Total		---	17.283,7										

Fontes: CCEE (2017) e ABEEólica (2017).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Notas: os leilões contemplam projetos em operação e os que estão previstos para ser implantados nos próximos anos. Preços médios atualizados para fevereiro/2017 pelo IPCA.

* Dados divulgados pela ABEEólica.

No que concerne à geração eólica distribuída, ainda é muito tímida a inserção no Brasil. Com efeito, até abril/2017, apenas 51 unidades consumidoras no País utilizavam a fonte eólica na modalidade de geração distribuída, totalizando 10,2 MW. Dentre os estados brasileiros, cabe destaque ao Ceará, que reúne 23 unidades consumidoras e 99% da capacidade instalada de geração eólica do País em geração distribuída (Tabela 2). A relação completa dos projetos de geração distribuída no Brasil está elencada no Anexo II.

5.2.3 Perspectivas da geração eólica no Brasil

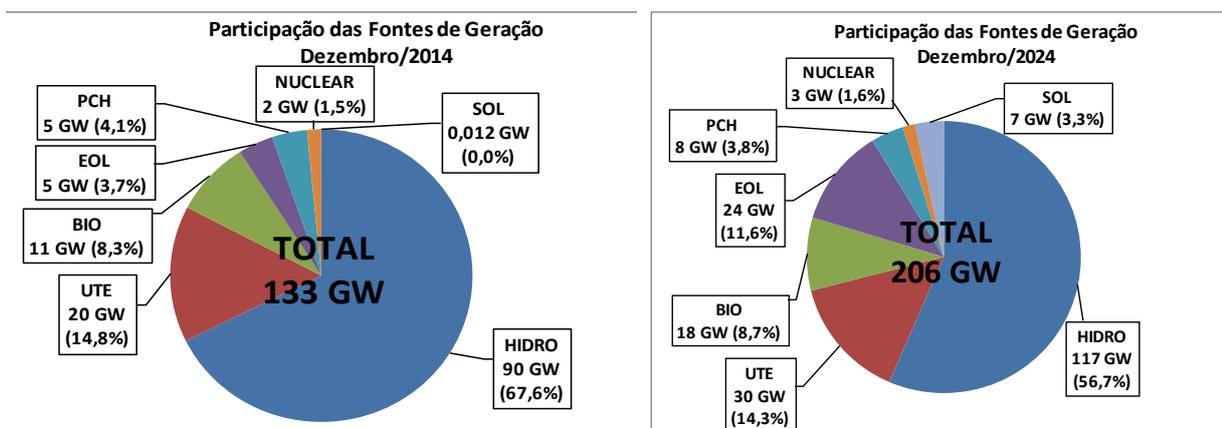
De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2015), o Brasil terá uma capacidade instalada de geração eólica de 24 GW em 2024, correspondente a 11,6% do total. Considerando que em 2014 havia 5 GW de capacidade instalada no País, prevê-se um incremento médio de aproximadamente 17%a.a. no horizonte decenal do Plano (Gráfico 11). Esses dados revelam *per se* que o mercado eólico no País tende a crescer de forma vertiginosa nos próximos anos, abrindo espaço para a geração de oportunidades em toda a cadeia produtiva.

Tabela 2 - Projetos eólicos de geração distribuída nos estados brasileiros

UF	Qde. unidades consumidoras	Potência (kW)
CE	23	10.058,1
SP	5	34,4
RN	6	33,4
RS	4	17,2
PR	3	10,0
BA	2	8,2
PE	3	5,7
SC	2	4,8
PB	1	2,4
PA	1	2,0
RJ	1	1,0
Total	51	10.177,2

Fonte: ANEEL (2017).
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Gráfico 11 - Evolução da capacidade instalada por fonte de geração



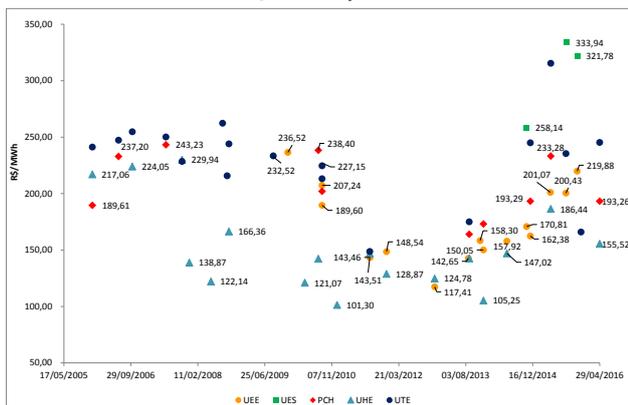
Fonte: EPE (2015).
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

6 COMPETITIVIDADE DE FONTE EÓLICA NO BRASIL

A competitividade da geração eólica se confirma pelo sucesso alcançado nos leilões promovidos pela ANEEL, nos quais os projetos que utilizam essa fonte energética têm alcançado posição de destaque, em razão de seus preços por MWh estarem entre as melhores opções, na maioria das vezes. Em função de sua elevada competitividade, a fonte eólica tem aumentado paula-

tinamente sua participação na matriz elétrica do Brasil, particularmente a partir de 2014, ano em que ocorreu um salto no acréscimo anual de capacidade instalada em relação aos anos precedentes (Gráfico 12). Esse cenário de vultosos investimentos em geração eólica no Brasil, particularmente no Nordeste, tende a permanecer no futuro, mantendo aquecido o mercado de equipamentos e serviços nessa área.

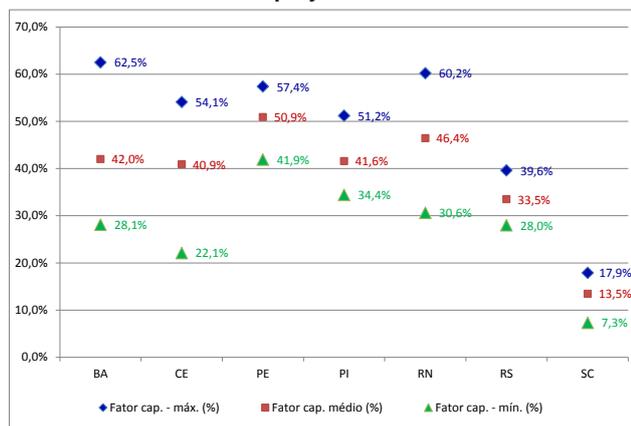
Gráfico 12 – Preço médio por fonte de energia elétrica comercializada em leilões da ANEEL (Valores em R\$/MWh*)



Fonte: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE (2017).
 Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.
 Notas: * valores a preços constantes de fevereiro/2017, corrigidos pelo IPCA.
 Legenda: UEE – Usina Eólica; UES – Usina Solar; PCH – Pequena Central Hidrelétrica; UHE – Hidrelétrica; UTE – Usina Termelétrica.

A primazia do Nordeste na escolha dos investidores em geração eólica se dá em função da maior competitividade da Região, ocasionada principalmente pela existência de maiores velocidades médias de vento, que proporcionam maior fator de capacidade (Gráfico 13). Cabe destacar que, em geral, os valores de fator de capacidade dos parques eólicos instalados no Brasil, em particular no Nordeste, superam em muito os obtidos na Europa.

Gráfico 13 - Fatores de capacidade verificados em 2016 nos Estados com projetos eólicos instalados



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2017).
 Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

7 ASPECTOS LEGAIS (REGULATÓRIOS, NORMATIVOS E TRIBUTÁRIOS)

No Brasil, o marco regulatório no qual se insere a geração eólica, principalmente a que se refere à micro e mini geração distribuída, sofreu modificações importantes nos últimos anos, retirando entraves à inserção dessa alternativa energética na matriz elétrica nacional, a exemplo do que ocorreu em outros países. Neste tópico, são apresentados os principais instrumentos legais vigentes no Brasil relativos à geração de energia elétrica por meio da fonte eólica, particularmente os relacionados à geração distribuída, que abrange as fontes solar e eólica, dentre outras. Ressalta-se que alguns desses instrumentos não foram detalhados, no entanto, poderão servir como referência para o entendimento de questões mais específicas.

7.1 Leis Federais

a) Lei nº 10.438, de 26/04/2002

- Art. 3º. Fica instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional.
- Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>.

b) Lei Nº 13.097, de 19/01/2015

- Reduz a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP, da COFINS, da Contribuição para o PIS/Pasep-Importação e da Cofins-Importação incidentes sobre a receita de vendas e na importação de partes utilizadas em aerogeradores.
- Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13097.htm>.

c) Lei nº 13.169, de 06/10/2015

- Art. 8º Ficam reduzidas a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para microgeração e minigeração distribuída, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.
- Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm>.

7.2 Resoluções Normativas (REN) da ANEEL

a) Resolução Normativa ANEEL nº 77, de 18/08/2004

- Estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidrelétricos e aqueles com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada. (Redação dada pela REN 745 de 22.11.2016).
- Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2004077.pdf>>.

b) Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 09/09/2010

- Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.
- Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>.

c) Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17/04/2012

- Estabelece as condições gerais de acesso aos sistemas de distribuição de energia elétrica.
- “Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VI – empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio,

da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VII – geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VIII – autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)”

- Cria o sistema de compensação de energia elétrica, por meio do qual o excedente gerado pela unidade consumidora com micro ou minigeração pode ser injetado na rede da distribuidora, resultando em crédito de energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes.
- Os créditos de energia gerados têm validade de 60 meses.
- Art. 7º. Inciso VI - o excedente de energia que não tenha sido compensado na própria unidade consumidora pode ser utilizado para compensar o consumo de outras unidades consumidoras, observando o enquadramento como empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada ou autoconsumo remoto; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)
- Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.

d) Resolução Normativa ANEEL nº 687, de 24/11/2015

- Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.
- Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>.

- e) Resolução Normativa ANEEL nº 714, de 10/05/2016
- Aprimora a regulamentação que trata dos contratos firmados pelas distribuidoras com os consumidores.
 - Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016714.pdf>>.
- f) Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional)
- O Módulo 3 do PRODIST estabelece os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição.
 - Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-3>>.
- g) Resolução Normativa 734, de 12/09/2016
- Altera as Regras de Comercialização de Energia Elétrica relacionadas ao dispositivo de Reconciliação Contratual de Energia de Reserva para Fonte Eólica.

7.3 CONFAZ

Convênio ICMS 16, de 22/4/2015

- Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.
- Cláusula primeira – Ficam os Estados do Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal autorizados a conceder isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, estabelecido pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. (Nova redação dada ao *caput* da cláusula primeira pelo Conv. ICMS 75/16, efeitos a partir de 01.09.16).
- O benefício previsto aplica-se somente à compensação de energia elétrica produzida por microgeração e minigeração.
- Disponível em: < https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15>.

7.4 INMETRO

Portaria INMETRO / MDIC número 168, de 23/03/2015

- Estabelece os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Aerogeradores.
- Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002245.pdf>>.

A) **Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**

- ABNT NBR IEC 61400-1:2008 - Requisitos de projeto.
- ABNT NBR IEC 61400-21:2010 - Medição e avaliação das características da qualidade da energia de aerogeradores conectados à rede.
- ABNT NBR IEC 61400-12-1:2012 - Medições do desempenho de potência de aerogeradores.
- Disponíveis em: <www.abnt.org.br>.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial e a competitividade do Nordeste em energia eólica credenciam a Região a ser uma candidata nata a receber vultosos investimentos em geração elétrica com utilização dessa fonte. O dinamismo atual e as perspectivas promissoras abrem espaço para consolidar no Nordeste um polo de fabricação de componentes de aerogeradores de grande porte, como inclusive já se observa em alguns estados da Região.

Apesar da quantidade expressiva de parques eólicos em implantação e com construção ainda não iniciada, decorrente da aprovação, nos últimos leilões, de projetos que utilizam essa fonte, não há previsão para novos certames na programação da ANEEL. Isto se deve à sobreoferta atual de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional, ocasionada pela queda na atividade econômica do País. Desta forma, no curto prazo, não se cogita haver novos projetos eólicos além dos já contemplados nos leilões realizados.

Embora não se vislumbre um crescimento expressivo em geração distribuída para a fonte eólica, a exemplo do que se observa para a geração fotovoltaica, o amadurecimento do marco legal da micro e mini geração distribuída no Brasil, principalmente com o advento da Resolução Normativa 484/2012, representa boas oportunidades para fabricantes nacionais de aerogeradores de pequeno porte e um novo filão de negócios que pode ser estimulado.

Apesar do elevado potencial eólico do Brasil e da vinda de fabricantes estrangeiros de aerogeradores para o Brasil, ainda são tímidas as iniciativas de desenvolvimento de uma tecnologia endógena nessa área. Considerando os enormes investimentos previstos para a geração eólica no futuro, indaga-se, a título de reflexão, até quando o Brasil dependerá da tecnologia desenvolvida em outros países, perdendo a oportunidade de criar no País empregos qualificados nessa área?

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Cadernos Temáticos ANEEL. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microe-minigeracao.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

_____. **Por dentro da conta de luz**: informação de utilidade pública. Cartilha. Brasília: ANEEL, 7ª. edição, 2016. Disponível em: <www.aneel.com.br>.

_____. **Banco de informações de geração**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idA-rea=15&idPerfil=2>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

_____. Informativo 6 – **Energia Eólica**. Nota. <www.aneel.gov.br>, acesso em 15/05/2007.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL. **Panorama das Energias Solar e Eólica no Brasil e no Mundo**. Apresentação de Ricardo Marques Dutra in IV Semana de Meio Ambiente. CEFET, 28 de maio de 2009. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/apresentacoes/20090528_CEFET.pdf>. Acesso: 07 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA – ABEólica. **Dados mensais março de 2017**. Disponível em: <www.abeeolica.org.br>. Acesso em: 20 abr. 2017.

BP. **BP Statistical Review of World Energy June 2016**. Disponível em: <<https://www.bp.com>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Resultados de leilões**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano decenal de expansão de energia 2024**. Brasília: MME/EPE, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 06 mar 2017.

FEITOSA, E. A. N. et al. **Panorama do Potencial Eólico no Brasil**. Brasília: Dupligráfica, 2003. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_eolica/6_3.htm>. Acesso: 27 mar 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia - SPE. **Energia eólica no Brasil e no mundo**. Edição 22/12/2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256600/Folder+Energia+Eolica.pdf/b1a3e78c-7920-4ae5-b6e-8-7ba1798c5961>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Integração Eletroenergética no Sistema Interligado Nacional (SIN)**. Mapa. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx>. Acesso em: 06 mar 2017a.

_____. **Histórico da geração (banco de dados)**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 07 mar. 2017b.

AMARANTE, Odilon A. Camargo do; BROWER, Michael; ZACK, John; SÁ, Antônio Leite de. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: CEPEL, 2001. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso: 07 mar. 2017.

PORTAL ENERGIA. **15 maiores fabricantes no mercado mundial de aerogeradores de grande porte**. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com>>. Acesso em: 21 mar 2017.

ANEXO I – Parâmetros de geração dos parques eólicos implantados no Brasil

Estado	Usina/Conjunto	Potência Nominal (MW)	Geração Média 2016 (MWmed)	Fator Cap. Verificado em 2016 (%)	Início da Operação Comercial
BA	UEE Macaúbas	35,07	14,5	41,40%	06/07/2012
BA	UEE Novo Horizonte	30,06	15,0	50,10%	06/07/2012
BA	UEE Seabra	30,06	15,5	51,40%	06/07/2012
BA	Conj. Campo Formoso	180,00	89,8	52,10%	18/11/2015
BA	Conj. Araçás	67,70	56,5	33,70%	07/10/2014
BA	Conj. Caetité 123	90,00	39,3	43,60%	02/10/2014
BA	Conj. Caetité A	54,40	22,0	40,50%	04/08/2015
BA	Conj. Morrão	17,60	39,9	33,90%	07/10/2014
BA	Conj. Alvorada	38,40	16,5	42,90%	18/06/2014
BA	Conj. Curva dos Ventos	56,40	26,3	46,60%	26/09/2014
BA	Conj. Guirapá	52,80	24,0	45,40%	18/06/2014
BA	Conj. Licínio de Almeida	73,60	31,3	42,50%	18/06/2014
BA	Conj. N. S. da Conceição	76,80	35,1	45,70%	18/06/2014
BA	Conj. Planaltina	52,80	27,2	51,50%	18/06/2014
BA	Conj. Serra Azul	60,00	27,0	45,00%	03/06/2016
BA	Conj. Gentio do Ouro I	68,00	42,5	62,50%	22/03/2016
BA	Conj. BW Guirapá I	88,80	27,7	31,10%	17/02/2016
BA	Conj. BW Guirapá II	81,40	22,9	28,10%	17/02/2016
BA	Conj. Caetité	58,80	24,9	42,40%	17/12/2015
BA	Conj. Pelourinho	42,00	16,6	39,50%	17/12/2015
BA	Conj. Pedra Branca	47,45	94,8	39,20%	08/08/2015
CE	Conj. Itarema V	07,00	85,3	50,60%	22/02/2016
CE	Conj. Papagaios	87,00	27,7	31,90%	26/03/2014
CE	UEE Praia do Morgado	28,80	6,9	23,90%	26/05/2010
CE	UEE Volta Do Rio	42,00	9,3	22,10%	03/09/2010
CE	Conj. Santa Rosália	30,13	58,0	44,50%	28/09/2016
CE	UEE Malhadinha I	23,10	11,9	51,40%	20/10/2016
CE	Conj. Trairí	12,60	54,9	41,60%	02/10/2015
CE	UEE Colônia	18,90	10,2	54,10%	19/06/2014
CE	UEE Embuaca	27,30	9,5	34,60%	29/03/2014
CE	UEE Faísa I	29,40	9,4	32,10%	29/03/2014
CE	UEE Faísa II	27,30	8,7	31,80%	31/07/2014
CE	UEE Faísa III	25,20	9,1	36,20%	29/03/2014
CE	UEE Faísa IV	25,20	7,6	30,10%	29/03/2014
CE	UEE Faísa V	29,40	8,8	29,80%	30/10/2014
CE	UEE Santo Antônio de Pádua	14,00	6,5	46,70%	11/11/2014
CE	UEE São Cristóvão	26,00	13,1	50,30%	11/11/2014
CE	UEE São Jorge	24,00	12,5	52,00%	11/11/2014
CE	UEE Taíba Águia	23,10	11,8	51,00%	19/06/2014
CE	UEE Taíba Andorinha	14,70	7,7	52,50%	19/06/2014
CE	UEE Bons Ventos	50,00	20,1	40,30%	11/02/2010
CE	UEE Canoa Quebrada	57,00	24,1	42,30%	26/01/2010
CE	UEE Enacel	31,50	12,5	39,70%	18/03/2010
CE	UEE Boca Do Córrego	24,30	10,0	41,30%	30/08/2014
CE	UEE Icará I	27,30	14,7	54,00%	29/03/2014

Estado	Usina/Conjunto	Potência Nominal (MW)	Geração Média 2016 (MWmed)	Fator Cap. Verificado em 2016 (%)	Início da Operação Comercial
CE	UEE Icaráí II	37,80	17,9	47,40%	29/03/2014
CE	UEE Icaraizinho	54,60	23,6	43,30%	14/10/2009
CE	UEE Ilha Grande	29,70	11,1	37,20%	20/08/2014
CE	UEE Praia Formosa	105,00	30,2	28,80%	26/08/2009
CE	UEE Ribeirão	21,60	8,5	39,40%	25/09/2014
PE	Conj. Caetés II	181,90	76,3	41,90%	17/12/2015
PE	Conj. Paratama	90,75	45,2	49,80%	21/12/2015
PE	Conj. São Clemente	216,09	122,3	56,60%	01/06/2016
PE	Conj. Tacarutu	79,90	45,8	57,40%	29/01/2015
PI	Conj. Chapada I	210,00	107,5	51,20%	17/12/2015
PI	Conj. Chapada III	231,60	104,4	45,50%	25/01/2016
PI	Conj. Chapada IV	200,10	33,6	34,40%	09/12/2016
PI	Conj. São Basílio	59,40	0,5	0,90%	07/07/2016
PI	Conj. Chapada II	205,10	94,9	46,30%	29/06/2015
RN	UEE Alegria I	51,00	17,2	33,70%	30/12/2010
RN	UEE Alegria II	100,65	31,6	31,40%	30/12/2011
RN	UEE Mangue Seco 1	26,00	9,9	38,00%	30/09/2011
RN	UEE Mangue Seco 2	26,00	10,1	38,70%	24/09/2011
RN	UEE Mangue Seco 3	26,00	9,7	37,50%	26/08/2011
RN	UEE Mangue Seco 5	26,00	10,7	41,10%	01/11/2011
RN	UEE Miassaba 3	68,47	20,9	30,60%	01/02/2014
RN	UEE Rei dos Ventos 1	58,45	20,6	35,30%	01/02/2014
RN	UEE Rei dos Ventos 3	60,12	20,4	33,90%	01/02/2014
RN	UEE Riachão I	29,70	13,5	45,40%	27/06/2015
RN	UEE Riachão II	27,00	10,5	38,90%	30/05/2015
RN	UEE Riachão IV	29,70	12,0	40,40%	30/05/2015
RN	UEE Riachão VI	29,70	12,2	40,90%	30/05/2015
RN	UEE Riachão VII	29,70	10,4	34,90%	30/05/2015
RN	Conj. União dos Ventos	169,60	84,4	49,80%	02/04/2014
RN	Conj. Modelo	56,40	31,5	55,90%	24/10/2014
RN	Conj. Morro dos Ventos	145,20	60,3	41,60%	01/04/2014
RN	Conj. Santa Clara	188,00	71,2	37,90%	01/04/2014
RN	Conj. Asa Branca	160,00	66,3	41,40%	13/01/2015
RN	Conj. Baixa do Feijão	120,00	72,3	60,20%	19/05/2016
RN	Conj. Bloco Sul	155,40	49,9	47,70%	11/08/2016
RN	Conj. Brisa Potiguar I	183,60	87,9	47,90%	13/04/2015
RN	Conj. Cabeço Preto II	70,00	31,7	45,20%	07/11/2016
RN	Conj. Campo dos Ventos	105,60	47,3	49,60%	01/04/2016
RN	Conj. Macacos	78,20	38,3	49,00%	01/12/2014
RN	Conj. Morro dos Ventos II	89,16	40,3	45,20%	01/12/2014
RN	Conj. Olho D'Água	94,00	49,5	52,70%	20/02/2015
RN	Conj. Renascença	150,00	75,5	50,30%	29/12/2014
RN	Conj. Renascença V	60,00	33,5	55,80%	13/01/2015
RN	Conj. Calango 1	60,00	24,7	41,10%	19/01/2016
RN	Conj. Calango 2	90,00	36,2	40,20%	19/01/2016
RN	Conj. Calango 3	84,00	50,1	59,60%	22/12/2016

Estado	Usina/Conjunto	Potência Nominal (MW)	Geração Média 2016 (MWmed)	Fator Cap. Verificado em 2016 (%)	Início da Operação Comercial
RN	Conj. Serra de Santana 1 e 2	96,00	50,3	55,90%	20/02/2016
RN	Conj. Serra de Santana 3	68,00	35,7	58,60%	20/02/2016
RN	Conj. Amazonas	192,00	70,3	52,30%	07/12/2015
RN	Conj. Carcará II	90,00	54,2	60,20%	29/12/2014
RN	UEE Areia Branca	27,30	13,0	47,50%	18/02/2014
RN	UEE Mar e Terra	23,10	9,3	40,50%	18/02/2014
RS	UEE Xangri-lá	27,68	8,5	30,90%	11/12/2014
RS	Conj. Livramento 2	163,20	61,5	37,70%	20/11/2013
RS	Conj. Marmeleiro 2	96,00	22,8	32,50%	16/11/2016
RS	Conj. Atlântica	120,00	46,5	38,70%	05/11/2013
RS	UEE Índios	50,00	14,0	28,00%	13/12/2006
RS	UEE Índios 2	29,90	9,5	31,90%	16/12/2014
RS	UEE Índios 3	23,00	7,8	33,90%	16/12/2014
RS	UEE Osório	50,00	14,2	28,40%	29/06/2006
RS	UEE Osório 2	27,60	8,8	32,00%	19/12/2012
RS	UEE Osório 3	29,90	9,4	31,40%	15/02/2013
RS	UEE Sangradouro	50,00	15,4	30,90%	30/09/2006
RS	UEE Sangradouro	29,90	10,3	34,40%	02/10/2012
RS	UEE Sangradouro	27,60	9,1	32,90%	22/05/2012
RS	UEE Cidreira I	70,00	24,8	35,40%	21/05/2011
RS	Conj. Quinta 138	108,00	42,7	39,60%	21/11/2014
RS	Conj. Quinta 69	64,00	21,9	34,20%	29/12/2014
RS	Conj. Santa Vitória	582,79	203,4	34,90%	05/08/2014
RS	Conj. Viamão 3	59,80	-	-	01/01/2017
SC	Conj. Água Doce	129,00	23,1	17,90%	27/10/2011
SC	Conj. Bom Jardim	93,00	6,8	7,30%	06/07/2011
	TOTAL Nordeste	7.775,00	3274,6	44,20%	-
	TOTAL Sul	1.831,40	560,6	32,10%	-
	TOTAL SIN	9.606,30	3835,2	41,90%	-

Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2017b).

ANEXO II – RELAÇÃO DAS UNIDADES CONSUMIDORAS DE GERAÇÃO EÓLICA DISTRIBUÍDA NO BRASIL

(Posição: 28/04/2017)

UF	Titular da UC	Classe	Município	Data Conexão	Potência Instalada (kW)
CE	PEDRO PEDRON	Residencial	Eusébio	28/08/2013	1,7
CE	STELLA MARIS ZAMBELLI PEDRON	Residencial	Eusébio	28/08/2013	1,7
CE	ANTONIO AUGUSTO P DE SOUZA	Residencial	Fortaleza	11/09/2013	1,7
CE	GERARDO JUNIOR CAVALCANTE LOPES	Comercial	Fortaleza	16/09/2013	3,3
CE	SATRIX IND COM EQUIP ENERG RENOVAV LTDA	Industrial	Aquiraz	08/10/2013	5,0
CE	DUILIO CARLOS BIANCH FILHO	Residencial	Fortaleza	09/12/2013	3,5
CE	CAIO CESAR BIANCH	Residencial	Fortaleza	10/12/2013	3,5
CE	EIM Instalações Industriais Ltda	Industrial	Fortaleza	16/01/2014	1,7
RN	SD COMÉRCIO ALIMENTAÇÃO E SERVIÇOS LTDA	Residencial	Tibau	16/01/2014	3,3
RN	INDÚSTRIAS BECKER LTDA	Residencial	Goianinha	06/02/2014	16,5
CE	CONSTRUTORA NOGUEIRA DE MORASI LTDA	Residencial	Fortaleza	26/02/2014	1,1
RN	CONFIANÇA MUDANÇAS E TRANSPORTES LTDA	Comercial	Mossoró	21/03/2014	3,3
RN	CONFIANÇA MUDANÇAS E TRANSPORTES LTDA	Comercial	Mossoró	21/03/2014	3,3
CE	ECO SISTEMA DE PAISAGISMO LTDA	Residencial	Aquiraz	09/05/2014	3,5
CE	JACOB BENVINDO IRMÃO	Residencial	Fortaleza	12/05/2014	3,5
CE	FORTAL EMPREENDIMENTOS LTDA	Residencial	Caucaia	25/09/2014	6,6
CE	PME AUTARQUIA MUN MEIO AMBIENTE	Poder Público	Eusébio	20/10/2014	3,5
CE	FRANCISCO GONÇALVES GUIMARÃES	Rural	Quixeré	06/01/2015	3,5
PR	INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO PARANA	Comercial	Curitiba	09/02/2015	1,0
RS	MINISTÉRIO DA FAZENDA (INSPET. DA RECEITA FEDERAL)	Comercial	Santana do Livramento	23/02/2015	10,0
SP	GODOI CONSTRUTORA SPE3 LTDA	Comercial	Cotia	27/02/2015	4,0
SC	Sapiens Parque S.A.	Comercial	Florianópolis	17/03/2015	2,4
PB	ASSOC. DOS MORAD. DO ATMOSFERA ECO RESIDENCE	Comercial	Lagoa Seca	28/04/2015	2,4
CE	VICTOR CONSTRUTORA E IMOBILIARIA LTDA	Comercial	Eusébio	12/05/2015	3,3
CE	FUNDAÇÃO TERRA	Residencial	Maracanaú	14/05/2015	1,1
PE	Paulo Fernando Brito Pessoa	Residencial	Ipojuca	09/06/2015	2,4
CE	FRANCISCO HELIO ALVES CARNEIRO	Residencial	Aquiraz	18/06/2015	1,7
CE	HERMANO FRANCK JUNIOR	Residencial	Trairi	30/06/2015	1,4
SP	GCT PARTICIPACOES E COMERCIO LTDA	Rural	Itatiba	08/07/2015	2,4
PE	Marcelo Tavares de Melo	Residencial	Bezerros	24/07/2015	3,3
RS	ELISABETH COSTA DA SILVA	Residencial	Santana do Livramento	04/08/2015	2,4
RS	MARIA JOSÉ DE DIVITIIS	Residencial	Santana do Livramento	04/08/2015	2,4
RN	Universidade da Criança e do Adolescente	Comercial	Currais Novos	03/09/2015	3,5
CE	TV CIDADE DE FORTALEZA LTDA	Residencial	Fortaleza	10/09/2015	1,1
PR	CESUMAR - CENTRO DE ENSINO SUP. DE MARINGA LTDA	Comercial	Maringá	30/09/2015	6,0
PR	TERMINAIS AEREOS DE MARINGA SBMG SA	Comercial	Maringá	08/10/2015	3,0
CE	CONCREV PRE MOLDADOS POSTES E CONSTR LTD	Industrial	Caucaia	06/11/2015	3,3
RN	JOSÉ ROSEMBERG SALDANHA	Residencial	Lagoa Nova	22/02/2016	3,5
RJ	Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro	Poder Público	Rio de Janeiro	25/04/2016	1,0
BA	CONDOMINIO EDIFICIO CIVIL TOWERS	Comercial	Salvador	09/05/2016	1,5
RS	MILTON LUIZ PAGLIOSA	Residencial	Erechim	06/06/2016	2,4
SP	CONDOMINIO RESIDENCIAL RESORT SANTA ANGELA	Industrial	Jundiaí	05/07/2016	24,0
PA	R. M. DE SOUSA RAPOSO- ME	Comercial	Salinópolis	17/11/2016	2,0
SP	LUIZ ROSATI	Rural	Araçoiaba da Serra	28/11/2016	3,0
CE	DISTRIBUIDORA DE ALIMENTOS FARTURA S/A	Comercial	Aquiraz	22/12/2016	5000,0
CE	CONSORCIO PRAINHA II	Comercial	Aquiraz	02/01/2017	5000,0
SP	BEATRIZ BINELLO VALERIO	Residencial	Valinhos	03/02/2017	1,0
SC	FUNOESC- Fund.Univ. do Oeste de Santa Catarina	Comercial	Campos Novos	16/02/2017	2,4
BA	CONDOMINIO QUALIDADOS EMPRESARIAL	Comercial	Salvador	13/04/2017	6,7
CE	PATRICK GALTER	Residencial	Aquiraz	20/04/2017	2,4

Fonte: ANEEL (2017).