

1 INTRODUÇÃO

A utilização de energia está ligada ao bem-estar humano, mas também a externalidades sociais e ambientais que devem ser atenuadas para que o desenvolvimento seja sustentável. As formas tradicionais de energia, desde a extração de recursos até seu uso concreto, têm um impacto negativo no meio ambiente, podendo afetar os ecossistemas, causar poluição e até mesmo afetar o clima. As soluções para esses problemas envolvem mudanças necessárias no sistema energético, que estão em grande parte relacionadas à participação das fontes renováveis na matriz energética, mas também à eficiência energética, ao uso mais eficiente dos recursos fósseis, captura e armazenamento de carbono, etc.

Uma das maiores aflições do mundo atual é o problema da energia: seu uso não atingiu níveis satisfatórios, pois a grande maioria da energia utilizada na Terra é proveniente de fontes não renováveis, sejam de fontes minerais ou atômicas. Nesse contexto, surgiu o interesse em explorar mais o tema e obter mais informações sobre o que pode contribuir para a sociedade no futuro ambiente de produção de energia eólica no Brasil. Portanto, o objetivo é apresentar pesquisas sobre a evolução e o futuro da capacidade de produção de energia eólica nacional.

Neste artigo, analisaremos a energia eólica, fonte alternativa de energia, para entender melhor suas vantagens, desvantagens e possibilidades de uso para mitigar ou não causar os impactos causados pelas fontes tradicionais de energia. Vamos nos concentrar em seu papel no cumprimento da política climática brasileira e sua relação com a lei ambiental, com enfoque num ambiente baseado no bem-estar humano, equidade intergeracional e equilíbrio ecológico. Por fim, para tirar algumas conclusões, será necessário analisar o desenvolvimento atual da energia eólica no Brasil, haja vista que através da prática poderemos definir melhor seu papel no ambiental.

2 A PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE NA MAGNA CARTA

Na segunda metade do século XIX, a sociedade moderna industrializou-se, através do uso de combustíveis fósseis para produção de energia, cuja combustão resultou na emissão de diversos gases para a atmosfera, que eram continuamente emitidos em grandes quantidades alterando a composição química do meio ambiente, conforme ensina Ronaldo dos Santos Custódio (2013). Os danos ambientais cresceram exponencialmente desde a Revolução

Industrial. Atualmente, em uma sociedade globalizada, as crises ambientais transcendem as fronteiras dos países.

O aspecto dual global dos riscos refere-se não somente ao seu potencial catastrófico de ameaçar a vida em todas as suas formas, mas também ao seu caráter transfronteiriço. No que se refere ao potencial catastrófico das sociedades de risco, vale destacar que diversos estudos têm demonstrado que inúmeras espécies se extinguíram ou estão em vias de extinção (FERREIRA, 2009). Na Magna Carta de 1215, o tema meio ambiente encontra-se no Título VIII - Da Ordem Social, no Capítulo VI - Do Meio Ambiente, cujo art. 225 estabelece que: “Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Um dos princípios mais importantes para este estudo é o princípio do desenvolvimento sustentável, que, nasceu com o crescimento populacional, na Conferência de Estocolmo, em 1972 e ficou mais evidente no Relatório Brundtland de 1987 (ONU, 1987). Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento da ONU o documento denominado “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório Brundtland, em alusão à primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, que liderou os trabalhos. Fracionado em três partes, discute questões de interesse comum, desafios e esforços, e lista alguns princípios legais para tutela ambiental e desenvolvimento sustentável.

De acordo com o Relatório Brundtland, o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades (ONU, 1987). O relatório Brundtland promoveu discussões além do escopo da Conferência de Estocolmo de 1972. O debate sobre meio ambiente se ampliou, mas Carlos Aurélio Sobrinho faz uma ressalva afirmando que o Relatório Brundtland é bastante cortês em suas críticas, pois a crítica à sociedade industrial dificilmente emergiu, eis que novamente parece não ter levado em conta a disparidade entre as potências globais, ou mesmo o próprio capitalismo (AURÉLIO SOBRINHO, 2008).

No caso do Brasil, o princípio do desenvolvimento sustentável apareceu pela primeira vez na Lei nº 6.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, conforme explica o professor Talden Farias: O objetivo da política ambiental nacional é alinhar o desenvolvimento socioeconômico com o uso racional dos recursos ambientais, de modo que o desenvolvimento do meio ambiente ocorra em condições propícias à vida e à qualidade de vida (FARIAS, 2013). A expressão desenvolvimento sustentável merece um estudo à parte de sua terminologia para compreender adequadamente o significado do tema ambiental.

Em primeiro lugar, desenvolvimento, nas palavras do professor Paulo Affonso Leme Machado, significa chegar gradualmente a um estado melhor. Portanto, não basta o crescimento, é necessário também saber se há motivo para mudança, se há realmente uma base para que esse desenvolvimento signifique progresso (MACHADO, 2016). O desenvolvimento está ligado ao estado por vir, o futuro ainda não realizado, mas uma vez realizado, também afetará os humanos que ainda não vieram à Terra. Portanto, o desenvolvimento é sempre considerado intergeracional. A este respeito, Ayala et al. articulam o princípio da solidariedade intergeracional ou equidade intergeracional pelo qual a liberdade de obter e usufruir desses níveis de qualidade de vida é um compromisso que não tem limite de tempo e não está vinculado aos termos do empoderamento político (AYALA et al., 2015).

Deste modo, a sustentabilidade é somada ao desenvolvimento. Leme Machado confere dois critérios à palavra, a saber: Primeiro, analisar a incidência temporal dos efeitos do comportamento humano, visto que esses efeitos são avaliados no presente e no futuro; segundo, ao tentar fazer previsões sobre o futuro, é necessário estudar quais efeitos persistirão e quais os reflexos de sua duração (MACHADO, 2016).

Assim, da fusão entre desenvolvimento e sustentabilidade, nasceu o conceito de desenvolvimento sustentável, que contém em si uma desconstrução em que um termo desmancha interminavelmente o outro (MACHADO, 2016). O constituinte de 1988, em observância à temática, preferiu deixar claro que as gerações presentes e futuras são beneficiárias de um ambiente ecologicamente equilibrado, conforme o já citado e colacionado art. 225 da CF. A Emenda Constitucional nº 42/2003 incluiu o inciso VI ao art. 170 do texto constitucional, elencando a defesa ao meio ambiente como um dos princípios da Ordem Econômica:

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: VI – defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; (BRASIL, 1988).

Aquela constituinte deixou bem evidente que se tratava de um direito intergeracional, mas também decidiu que sua defesa deveria ser feita pelo Estado e pela sociedade. Em outras palavras, as relações econômicas devem se concentrar na proteção ambiental, resguardando assim os direitos das gerações futuras. Nesse sentido, o professor Guilherme José Purvin de Figueiredo ensina que: Essa justificativa foi elevada à status de princípio constitucional — não

somente um princípio de Ordem Econômica, mas uma garantia constitucional, um direito fundamental ao meio ambiente equilibrado ecologicamente (FIGUEIREDO, 2013). Em linhas gerais, o desenvolvimento sustentável já se encontra assentado no texto constitucional, o que pode ser depreendido pelo próprio art. 225 deste diploma legal.

3 O SETOR ENERGÉTICO RENOVÁVEL E A ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

No setor energético, especialmente no setor elétrico, são necessárias medidas de mitigação para combater as mudanças climáticas, sendo relevante o papel das novas tecnologias. Também conhecidas como “tecnologias não convencionais” por não serem comumente encontradas no mercado, estas são tecnologias que utilizam recursos naturais renováveis (não esgotados) e baixas emissões de gases e material particulado que mitigam seu impacto na poluição ou no efeito estufa. Entre essas tecnologias, identificamos a energia eólica, energia maremotriz e energia solar. A produção de energia a partir de biomassa também é um exemplo do uso de recursos naturais renováveis, que emitem muito pouco poluentes em comparação com o gás natural, petróleo ou carvão e as hidrelétricas, apesar de terem impactos locais significativos.

As tecnologias que não emitem gases de efeito estufa ainda apresentam limitações em seu desenvolvimento, sejam elas econômicas, tecnológicas ou potenciais (quantidade de produção), que devem ser analisadas em diferentes contextos locais, dada a diversidade de realidades socioambientais, culturas e econômicas no mundo. No atual contexto de consumo de eletricidade, devido às limitações técnicas dessas tecnologias, é pretensioso acreditar que elas tenham potencial para fornecer toda a energia elétrica que o ser humano necessita. Em 2011, a energia renovável respondeu por 13% da demanda mundial de energia primária, incluindo a tecnologia hidrelétrica tradicional. No final de 2012, a capacidade instalada de energia eólica (obtida a partir da força do vento) representava cerca de 3% da demanda mundial de eletricidade. Juntos, esses dados nos levam a concluir que ainda somos dependentes de outras fontes de energia não renováveis e não limpas, principalmente as fósseis.

No entanto, sabe-se que o uso dessas tecnologias tem crescido exponencialmente nos últimos anos, a exemplo da energia eólica (PIZZUTTI, 2012). De 2005 a 2012, a capacidade instalada de energia eólica aumentou cinco vezes. De acordo com o relatório da REN21 (2014), a capacidade instalada era de 17 gigawatts (GW) em 2000 e 318 GW em 2013. Em 2013, a

América Latina teve um aumento significativo na oferta de energia eólica, com destaque para o Brasil, com 0,9 GW de capacidade instalada (REN21, 2014). Esse fato o tornou o sétimo país a inserir mais energia eólica em sua matriz naquele ano (GWEC, 2014). Mas a China foi o país que mais agregou capacidade instalada à sua matriz energética e hoje também é líder nesse quesito.

No entanto, toda a energia eólica instalada na China respondia por apenas 1,6% da demanda de eletricidade (dados de 2011). A tecnologia de energia eólica contribuiu para a matriz elétrica, com Espanha, Portugal e Dinamarca a representarem 16,4%, 18% e 28% da procura de eletricidade respectivamente em 2011. Na matriz elétrica, a tecnologia eólica aportou em 2011, 16,4%, 18% e 28% da eletricidade demandada na Espanha, Portugal e Dinamarca, respectivamente (IEA, 2012). Em 2013, na Espanha, a energia eólica tornou-se pela primeira vez a principal fonte de produção de eletricidade, equivalente a 21,2% do consumo de eletricidade do país. Na Dinamarca, a energia eólica é equivalente a 33,2% da demanda de eletricidade (REN21, 2014). Na Europa, a referida energia representou 7,8% da demanda total de eletricidade no mesmo ano (EWEA, 2013). Esses dados são relevantes porque mostram que, apesar das dificuldades de conexão à rede e da intermitência dos ventos, é possível aumentar a oferta de energia eólica na rede elétrica.

O principal custo de investimento em usinas eólicas é sua instalação (estimada em US\$ 1.200/kW), (EPE, 2020) especialmente devido ao alto custo das turbinas. Por outro lado, os custos operacionais são menores. Em razão da maior penetração da energia eólica na matriz elétrica, e ao desenvolvimento tecnológico, tal custo fixo vem sendo reduzido por economias de escala. No ano de 2012, os custos de produção (instalação, manutenção e operação), foram estimados entre 52-72 euros/MWh, em termos de custo normalizado da energia (LCOE), ao passo que em tempos pretéritos já houve médias de 50-100 euros/MWh. No que tange aos benefícios sociais, acredita-se amplamente que a energia renovável cria mais empregos do que a energia convencional. Da mesma forma, a energia eólica tem o potencial de induzir mudanças sociais, aumentando a renda e promovendo o desenvolvimento social em pequenas comunidades.

A renda vem de oportunidades de emprego, arrendamento de terras, possibilidade de uso da maior parte das terras arrendadas para outras atividades produtivas e necessidade de serviços e bens de consumo quando da edificação de parques. Ademais, o fornecimento de energia eólica pode melhorar o fornecimento de energia, e as comunidades ao redor do parque podem se beneficiar da perfuração de poços para facilitar a captação de água, especialmente nas regiões semiáridas do Brasil (SIMAS; PACCA, 2013). Os benefícios ambientais e as

mudanças climáticas do uso da energia eólica são muitas vezes comprovados a longo prazo e envolvem várias incertezas. Outras vantagens ambientais, como a não extração de recursos naturais e a não emissão de gases impactantes localmente (poluição), podem ser verificadas com pequena margem de erro.

Embora sejam difíceis de quantificar, os gestores públicos devem analisar as vantagens/desvantagens ambientais, sociais e econômicas de suas decisões de matriz energética. De acordo com Harrison (2010), economistas proeminentes como Nordhaus, Dasgupta, Cline, Weitzman e Stern debateram a quantificação econômica dos benefícios ambientais futuros das atuais medidas de mitigação das mudanças climáticas. No entanto, ainda há muita divergência sobre essa questão, seja pelas incertezas do clima (principalmente sobre seus efeitos), pelos critérios a serem considerados, pela taxa de desconto escolhida ou pelo próprio modelo cálculo a ser empregado.

De fato, determinar o valor da vida das pessoas ou sacrifícios no futuro é uma avaliação extremamente difícil. Portanto, é impossível articular quanto custará investir hoje para mitigar os danos climáticos futuros e se tal investimento seria economicamente justificável. No entanto, a energia eólica tem potencial futuro em termos de segurança de abastecimento e mitigação de desastres ambientais, assim, mesmo com diferenças nas taxas de desconto, o custo atual da energia eólica tende a não ser alto o suficiente para obstar seus benefícios (presentes e futuros), motivando a decisão de várias nações de inserir energia eólica em grande parte da matriz energética (Dinamarca, Espanha, etc.). Todos esses dados em conjunto apontam a tendência global da tecnologia da energia eólica como fonte complementar de fornecimento de energia elétrica, restando avaliar se é necessária, quais as vantagens e desvantagens e como pode ser utilizada no território nacional.

4 O SETOR ENERGÉTICO E A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Nos anos 90, quando verificaram-se os primeiros projetos de energia eólica no território brasileiro, a energia sustentável conquistou notoriedade, pois poderia substituir a energia hidrelétrica em determinadas regiões, a exemplo do nordeste e no norte, onde diversos povos isolados não tinham acesso ao abastecimento de energia convencional. Consoante a ABEEólica (2020), o nascedouro da energia eólica no Estado brasileiro começou com a instalação e operação do primeiro aerogerador no arquipélago de Fernando de Noronha (PE) em 1992.

Contudo, a nação sempre priorizou a produção de energia elétrica através de usinas hidrelétricas, tornando-se uma opção mais favorável devido aos menores custos de construção e maior flexibilidade. Todavia, essa visão foi alterada durante a crise energética de 2001, quando a nação se viu vulnerável e dependente de somente uma fonte de energia. Em virtude disso, o país tem aumentado a pressão internacional para implementar inovadoras fontes de energia elétrica como fonte alternativa de energia para reduzir o impacto ambiental e o efeito estufa.

Assim, consoante Fernandes (2019), o Brasil optou por criar um programa denominado PROEÓLICA com o fim de incentivar a recepção de mais empresas de energia eólica. Todavia, não obteve consequências positivas e rapidamente foi substituído pelo PROINFA, que, além de fomentar o desenvolvimento de fontes renováveis de energia, também abriu espaço para a indústria de aerogeradores e componentes no território nacional. O último levantamento sobre a expansão do setor elétrico realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) mostra que até 2026 a taxa de participação da matriz eólica chegará a 16,14% (28.470 MW).

Diante de vários desafios e significativos investimentos em pesquisas e desenvolvimentos, pode-se dizer que ainda há um longo caminho a ser percorrido para gerar eletricidade a partir da energia eólica, especialmente em Estados como o Brasil, onde o impacto ambiental, econômico e social ainda não são delineados com exatidão para cada região com potencial promissor para tal recurso energético (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017).

Segundo Pinto, Martins e Pereira (2017), um argumento fundamental contra isso tem a ver com a inconsistência temporal incontrolável e a previsibilidade limitada dos recursos eólicos, que afetam a qualidade da energia elétrica. Os autores também dizem que a força do vento é diretamente afetada pela localização e força dos sistemas de baixa e alta pressão. Há variabilidade interanual em sistemas de alta e baixa pressão e variabilidade interdecadal associada às mudanças climáticas. Todos esses fatores apresentam barreiras negativas para o aumento da participação dos recursos eólicos em termos de segurança energética do sistema elétrico brasileiro.

O fornecimento de energia elétrica é um sistema complexo que envolve produção industrial, mercados de energia e regulação, tendo como premissa a segurança, independência e diversidade energética, respeito ao consumidor e valorização das energias renováveis. A energia eólica é uma fonte de energia e, devido às suas características de fornecimento intermitente, não pode garantir por si só a segurança energética.

Contudo, seu desenvolvimento juntamente com outras fontes (diversidade) proporciona maior estabilidade até certo limite de permeação (CUNHA; et al, 2013). Todos os países devem

buscar energia a partir de recursos naturais em seus territórios para alcançar maior independência energética, reduzir a dependência econômica e política de outros países. Comparado a outros países, o Brasil tem uma vantagem ambiental no desenvolvimento energético: a complementaridade água-vento (hidroeólica). Enquanto outras nações reduzem a intermitência do vento por meio de usinas termelétricas que emitem gases de efeito estufa, no território nacional a fonte hídrica é muito complementar, de maneira a não ocorrer o volume de emissões que ocorreria se apenas fossem utilizadas as usinas termoelétricas. Ademais, há limitações em termos de incentivos, procedimentos administrativos, financiamento, logística e necessidade de conexão à rede de transmissão, que não entraremos em detalhes devido à profundidade que essas questões exigem.

Possíveis impactos ambientais incluem aqueles relacionados a populações de animais migratórios, ruído, interferência eletromagnética e mudanças na paisagem local e nas condições do ecossistema. Em relação ao setor de energia eólica do país, o número de empresas fabricantes de aerogeradores cresceu substancialmente em um curto período de tempo: de zero para onze. Melo (2013) destacou que para integrar a cadeia produtiva não é suficiente apenas transferir tecnologia, é preciso investir também em certificação, qualificação e inovação, em um futuro próximo o país poderá se tornar um polo produtor e exportador de equipamentos de energia eólica.

No que tange às emissões de gases de efeito estufa no território nacional, estimativas anuais foram publicadas no final de 2013, (MCTI, 2013) constatando-se que 1.246.477 GgCO₂eq (quilotoneladas de dióxido de carbono equivalente) foram emitidos em 2010. Nesse período, o setor de energia teria emitido 399.302 GgCO₂eq, perdendo apenas para o setor agrícola responsável por emitir 437.226 GgCO₂eq, e à frente do setor de mudança de uso da terra e florestal que emitiu 279.163 GgCO₂eq. Vale destacar que em 2010 as emissões do setor florestal diminuíram 76,1% em relação a 2005, enquanto o setor de energia aumentou 21,4%. Observa-se que o setor de energia é o segundo setor mais emissor e o setor com maior aumento de emissões no período 2005-2010. Isso sugere que não apenas o desmatamento diminuiu, mas o contexto climático e a maior demanda por energia aumentaram o uso de fontes de poluição.

No ano de 2012, as emissões antrópicas do setor de energia alcançaram 429 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂-eq) e do setor elétrico atingiu 41 MtCO₂-eq (MME, 2013). Tal aumento aponta a ocorrência de um risco ambiental que pode ser controlado através de obrigações, dentre elas a responsabilidade de fomentar energias limpas e renováveis a exemplo da energia eólica. Por uma perspectiva, podemos entender que o governo brasileiro tem gerenciado esse risco climático e ambiental por meio do Plano Decenal de

Expansão de Energia (PDE), considerando o aumento da produção de eletricidade por intermédio da redução das fontes de emissão. No entanto, as fontes de poluição também estão aumentando.

Além disso, o aumento das energias renováveis se deve principalmente ao uso da biomassa da cana-de-açúcar e menos às novas fontes alternativas de energia. Observe que a monocultura da cana-de-açúcar tem outros efeitos inexplicáveis, como a perda da biodiversidade e da qualidade do solo. Logo, é imprescindível uma análise mais aprofundada da energia eólica, em virtude da realidade brasileira, em seus cenários energéticos, de emissões de gases de efeito estufa, além de outras questões ambientais, sociais e econômicas.

5 OPORTUNIDADES AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO TERRITÓRIO NACIONAL

O uso da energia eólica para geração de energia elétrica pode trazer uma série de benefícios, mas não é isento de riscos ao meio ambiente, por isso o seu desenvolvimento eficiente e o desenvolvimento sustentável nacional também estão ligados ao planejamento e gestão adequada dos empreendimentos eólicos (FERREIRA, 2008). Sob a ótica dos impactos ambientais, vale lembrar que a construção e operação de parques eólicos envolve uma gama de atividades em terrenos, com presença de fauna e flora, possivelmente próximas a áreas ou atividades humanas.

Dessa forma, são possíveis consequências como ruídos, danos ambientais, distúrbios eletromagnéticos e impactos visuais, que devem ser minimizados ao máximo (SALINO, 2011). Particularmente, verifica-se que os ruídos emitidos pelas turbinas podem gerar incômodos não só à audição, como também à comunicação e concentração (SALINO, 2011). Nesta esteira, vale destacar que o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, resulta em turbinas cada vez mais equipadas e modernas, contribuindo para a redução do nível de ruído gerado (FERREIRA, 2008; SALINO, 2011). Em relação aos danos ecológicos, o principal impacto, segundo Salino (2011), é sobre a fauna, principalmente as aves, que podem sofrer problemas como perda de habitat (dependendo da localização da construção do parque eólico), deslocamento forçado por distúrbios (como forrageamento e reprodução) e mortes (devido a possíveis colisões com turbinas).

Diante disso, uma possível forma de prevenção é, por exemplo, estabelecer um programa de monitoramento ambiental contínuo e avaliar criteriosamente as características do

local selecionado antes da instalação de um parque eólico, evitando a instalação de um grande número de turbinas onde existam rotas migratórias e espécies reconhecidas como sensíveis (SALINO, 2011). Em relação ao potencial de interferência eletromagnética em sistemas de telecomunicações e ao impacto visual na paisagem, por sua vez, podem ser relevantes para mitigar esses efeitos medidas como realocar as antenas dos parques eólicos e levar em consideração as características da paisagem no projeto das turbinas - pintando-as com cores uniformes- para ajustá-las às paisagens (FERREIRA, 2008; SALINO, 2011).

Por outro lado, é de suma importância pontuar que os fatores positivos para o uso da energia eólica são inúmeros, aliados ao fato de que os impactos negativos podem ser contornados, apresentando um leque de oportunidades interessantes para o desenvolvimento socioeconômico responsável em países com enorme potencial de exploração dessa espécie de energia, a exemplo do Brasil. Um dos benefícios reside na localização mais independente do seu sistema de geração de energia (os parques eólicos podem ser instalados em áreas remotas ou de difícil acesso às redes tradicionais de fornecimento de energia) e na diversificação dos métodos de geração de energia, que tem potencial para promover fornecimento de eletricidade residencial universal e suficiente, atendendo, até mesmo, comunidades isoladas (SANTOS, 2011). A título de ilustração, segundo estudo da ABEEÓLICA (2015), o número médio de residências brasileiras contempladas com energia eólica em 2015 foi de 11 milhões por mês, o que corresponde a 33 milhões de habitantes representando não apenas praticamente o dobro do fornecimento energético realizado por essa fonte no ano de 2014, mas também uma quantidade total atendida semelhante ao tamanho populacional da região Sul em 2014.

A energia eólica também é um fator de grande relevância na perspectiva de redução da poluição ambiental. Segundo ABEEÓLICA (2015) e Ferreira (2008), por se tratar de uma fonte de energia elétrica baseada exclusivamente na força dos ventos, essa tecnologia é uma das mais importantes em baixas emissões de dióxido de carbono, gás considerado responsável pelo aquecimento e fator determinante ao efeito estufa (HOLLNAGEL; ARAÚJO; BUENO, 2016). No Brasil, em particular, estima-se que em 2015 cerca de 10,42 milhões de toneladas de dióxido de carbono foram evitadas com o uso da energia eólica, quantidade importante para combater o aquecimento global, equivalente às emissões anuais de cerca de 7 milhões de toneladas de automóveis (ABEEÓLICA, 2015).

Outrossim, a energia eólica também desempenha um papel importante em sua contribuição para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Segundo levantamento de 2015 da ABEEÓLICA, além de ajudar a criar cerca de 40.000 empregos no referido ano, a energia eólica também pode ser uma opção viável, através dos desenvolvimentos tecnológicos

conquistados nos últimos anos e a consequente queda de preços, em cenários de crise com fontes hidrelétricas convencionais, auxiliando no atendimento da demanda por energia elétrica com menor custo. O país colocou usinas termelétricas em operação por questões de segurança (ABEEÓLICA, 2015). No entanto, simulações realizadas pela ABEEÓLICA mostraram que a inclusão da energia eólica resultando na redução da quantidade de energia elétrica produzida pela termelétrica, diminuiria o custo de atendimento da demanda substancialmente.

Assim, levando em consideração essa economia, além do fato de que o custo total dos parques eólicos contribuindo para a produção de energia elétrica em 2015 foi em torno de R\$ 4.753 milhões, o benefício líquido da fonte eólica para o sistema neste ano seria em torno de R\$ US\$ 645 milhões (ABEEÓLICA, 2015), um valor significativo, o que mostra adicionalmente a possibilidade de obter bons custos e benefícios relacionados ao maior uso da tecnologia de energia eólica no país.

Nesse contexto, segundo o estudioso Aloísio Pereira Neto:

O Brasil dispõe de cerca de 7.370 km de litoral com ventos alísios muito fortes, que ocorrem em regiões subtropicais e são o resultado da ascensão de massas de ar que convergem de zonas de alta pressão (anticiclônicas), nos trópicos, para zonas de baixa pressão (ciclônicas) no Equador. Além disso, 70% da população brasileira fica concentrada na própria região litorânea, o que diminui os custos com transmissão. A energia eólica, tornando-se uma realidade, consolidar-se-ia como complementar às outras fontes de energia. Além disso, para se investir em energia eólica não há necessidade de se interromper qualquer investimento anterior (PEREIRA NETO, 2016, p.177).

No ano de 2021, o Brasil bateu recorde em termos de expansão energética de parques eólicos. O recorde anterior foi estabelecido em 2014. Os parques eólicos representam atualmente 11,11% da matriz energética nacional e produzem energia renovável com pouco impacto ambiental. Os parques eólicos apresentam nos presentes dias uma capacidade instalada de 20,1 GW.

De acordo com os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em 2021, o aumento da capacidade instalada de energia eólica no Brasil foi de 3.051,29 megawatts, levando em conta dados de novembro daquele ano. Em 2014, quando o recorde anterior foi atingido, 2.786 megawatts foram colocados em uso comercial no país.

Segundo a Aneel, a perspectiva é que a energia eólica continue crescendo em 2022. Na atualidade, aproximadamente 5,5 gigawatts de parques eólicos estão em construção no país, e hoje estimamos que em 2022 sejam entregues 2,95 gigawatts, o que corresponde ao valor equivalente ao ano de 2021 (GOVERNO DO BRASIL, 2021).

6 DESAFIOS E ENTRAVES PARA CONSOLIDAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Embora o Brasil tenha avançado na energia eólica - dado o crescimento do número de parques eólicos instalados, aumento da capacidade de geração de energia e redução dos custos de produção - o país ainda precisa superar uma série de desafios e obstáculos para que, de fato, a energia eólica seja integrada na matriz energética nacional. Nesse contexto, vale destacar que a indústria eólica brasileira se expandiu significativamente nos últimos anos com a criação de novas empresas de turbinas, pás e torres. No entanto, o setor é caracterizado por uma infraestrutura complexa e ainda em fase de desenvolvimento, por isso sua consolidação e robustez exigem cautela, responsabilidade e obstáculos a serem superados.

Um dos principais desafios hoje é que muitos dos fabricantes que atuam no país não possuem suas unidades instaladas completamente e, por este motivo, não atendem às expectativas. A título de exemplificação, entre os produtores de aerogeradores, alguns não possuem ou suspenderam sua certificação no âmbito do financiamento de máquinas e equipamentos do BNDES (Finame), cuja nova abordagem agora exige que empresas, muitas delas multinacionais, nacionalizem a produção dos insumos e equipamentos com alta tecnologia (ABDI, 2014; MELO, 2013).

Por conseguinte, tendo em vista que a adesão a essas regras leva tempo e os valores de financiamento giram em torno de 4 pontos percentuais, essas companhias não credenciadas ou em fase de credenciamento perdem mercado ou enfrentam empecilhos para se manterem competitivas (MELO, 2013), evidenciando que a consolidação da cadeia produtiva de energia eólica nacional, com plena capacidade operacional, qualificação e transferência de tecnologia, é um processo moroso e deve ser realizado no longo prazo.

Verifica-se também o problema da ausência de escalonamento mais efetivo das datas de início de operação dos parques eólicos leiloados em um determinado ano, levando em conta aqueles que obrigatoriamente devem ser lançados em janeiro do ano seguinte. Consequentemente, por vezes, há um desequilíbrio na cadeia de suprimentos, com grande número de pedidos chegando ao mesmo tempo ou períodos de inatividade para as unidades dos produtores de ferramentas eólicas.

Outros postulados importantes, no campo da indústria eólica nacional, dizem respeito à logística de distribuição de insumos e equipamentos, bem como a ampliação e melhoria do sistema de transmissão de energia produzidas nos parques eólicos instalados no Brasil

(GANNOUM, 2014). A título de exemplo, na logística, as empresas enfrentam dificuldades e aumentam seus custos ao dependerem excessivamente de uma malha rodoviária (alternativas como a navegação de cabotagem não são adotadas ou têm pouco investimento), que não foi projetada para transportar equipamentos eólicos gigantescos e cujas condições foram avaliadas, em 2016, verificando-se que aproximadamente 58,2% tiveram algum problema com o pavimento, sinalização ou geometria da via (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT), 2016; MORELLI, 2012).

Destarte, ainda há a questão do excesso de regulamentação - aliado à falta de capacidade do governo e das empresas privadas de logística para movimentar pelas estradas do país equipamentos eólicos, pois o transporte de turbinas e pás exige o uso de caminhões de grande amplitude que exigem escolta e autorização de agências federais/estaduais (MORELLI, 2012).

Assim, em razão do número limitado de caminhões adaptados às dimensões e peso dos equipamentos, dependência da disponibilidade de veículos para escolta e dificuldades relacionadas à ausência de um contingente de policiais rodoviários, problemas como maior morosidade nas entregas e a impossibilidade de deslocação em períodos de grande tráfego nas estradas tornam-se comuns. Por outro lado, do ponto de vista do sistema de transmissão de energia eólica, o déficit de investidores e financiamento de linhas de transmissão para atender a demanda dos geradores é um obstáculo que pode ser considerado grave, pois o número de usinas eólicas em operação (assim como a capacidade de geração) aumentou, porém, por vezes, acabam restando ilhados ao não conseguirem enviar a energia gerada (AGÊNCIA AMBIENTE ENERGIA, 2016; GANNOUM, 2014).

Em termos de investimentos voltados ao desenvolvimento do setor eólico, vale lembrar que a possibilidade de criar uma indústria mais forte a custos mais baixos está em grande parte relacionada aos incentivos à pesquisa, desenvolvimento e inovação (MELO, 2013). No entanto, o problema no Brasil é o esforço insuficiente nesses aspectos, com 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), na última década, com um valor total de apenas 60 milhões, e grupos de pesquisa envolvidos em uma área de escassez com poucos membros (ABDI, 2014).

Destarte, cabe ressaltar que o Brasil também não possui uma política mais específica sobre energias renováveis, pois, segundo Gannoum (2014), o PROINFA, embora importante, foi um programa de contratação de energia elétrica (produzida a partir de tecnologias limpas e renováveis) implantado há mais de uma década e estritamente pontual. Desta forma, ainda segundo o autor, em virtude do cenário recente de instabilidade no atendimento da demanda de

energia (devido à crise hídrica e à queda dos níveis de água em reservatórios hidrelétricos em vários pontos do país), há a necessidade de uma nova política valorizando os diversos recursos energéticos oferecidos, e visando diversificar a matriz elétrica nacional, principalmente para energias mais renováveis, incluindo a eólica.

O professor Ildo Luis Sauer, diretor do Instituto de Pesquisas Elétricas e Energéticas da USP, acredita que é por falta de planejamento e coordenação governamental que se desperdiça o potencial competitivo da energia eólica no Brasil:

Um mapeamento eólico detalhado, por exemplo, organizaria melhor os investimentos e se criaria escala', afirma o engenheiro, que foi diretor de Gás e Energia da Petrobras entre 2003 e 2007. 'Mas o planejamento hoje é volátil e volúvel, além de termos uma estrutura pouco funcional, como órgãos demais atuando sobre o mesmo setor (ABES, 2013, p.01).

Esse aglomerado de problemas e obstáculos evidencia, assim, a necessidade de reposicionar a política de investimento e planejamento para o setor eólico, pois os seus efeitos contribuem para que o país, mesmo com um crescimento significativo nos últimos, acabe não possuindo uma geração e um uso tão expressivos nesse quesito em comparado a alguns países norte-americanos e europeus (como Alemanha, Espanha, Canadá e EUA) que possuem ventos e fatores eólicos menos favoráveis que o Brasil.

7 CONCLUSÃO

A atual Magna Carta concede a todos, em seu art. 225, o direito ao meio ambiente saudável e ecologicamente equilibrado, sendo uma incumbência atribuída ao Estado e à coletividade, a sua preservação e defesa, para as presentes e futuras gerações. Trata-se de um direito fundamental, descentralizado e de aplicação imediata.

Nos últimos anos, a geração de energia renovável tem estado no centro de muitos debates e estudos, e tudo isso se deve aos problemas ambientais causados pelas emissões de combustíveis fósseis como meio de produção de energia. Desta forma, a energia eólica, que consubstancia uma das fontes de energia sustentável, vem sendo vislumbrada como uma das soluções de maior potencial global.

Finalmente, enquanto as crises ambientais exigem medidas de reconciliação profunda com o meio ambiente, onde as relações e interconexões respeitem a vida no sentido mais amplo, e onde a ética ambiental surja da conscientização do ser humano no que tange ao ambiente em

que está inserido, não se pode negar que o atual sistema científico e tecnológico trouxe alguns aspectos positivos que podem melhorar a relação homem-natureza, dentre eles, a produção de energia elétrica limpa a partir da energia eólica podendo ser considerada um exemplo promissor.

A eletrificação tornou-se um grande problema na substituição de combustíveis fósseis por energia renovável, principalmente em países desenvolvidos onde a matriz é baseada principalmente em energia de combustíveis fósseis. Nesse contexto, a energia eólica apresenta-se como uma das principais fontes dessa transformação, impondo novos modelos de negócios e inovações regulatórias. Apesar do vasto território brasileiro e do enorme potencial de geração de energia eólica, o Brasil ainda produz pouca energia dessa fonte (em comparação com outras fontes), embora o uso dessa fonte renovável de energia tenha aumentado nos últimos anos. Assim, o plano para o estabelecimento desta energia alternativa no país depende de políticas ambientais, energéticas e industriais. Nesta esteira, a política de desenvolvimento da energia eólica basicamente está condicionada a três fatores: determinação de objetivos para o desenvolvimento da energia eólica; erradicação dos obstáculos e subvenções a outras fontes de energia que afetem as fontes renováveis; e colocação em marcha de instrumentos internacionais que possibilitem abrir e dinamizar novos mercados para a energia eólica.

REFERÊNCIAS

ABEEólica. **Dialogar para avaliar impactos da Covid-19**. Canal Energia. 2020. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53133107/abeeolica-dialoga-paraavaliar-impactos-da-covid-19>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

ABES. **Série de entraves limita uso da energia eólica no Brasil**. 2013. Disponível em: <<https://www.abes-sp.org.br/serie-de-entraves-limita-uso-da-energia-eolica-no-brasil-2/>>. Acesso em: 16 abr. 2021.

AGÊNCIA AMBIENTE ENERGIA. **Construção de linhas de transmissão ainda são desafio para energia eólica**. 2016. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2016/01/construcao-delinhas-de-transmissao-ainda-sao-desafio-para-energia-eolica/27849>>. Acesso em:

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Mapeamento da cadeia produtiva da 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:

AURÉLIO SOBRINHO, Carlos. **Desenvolvimento sustentável: uma análise a partir do Relatório Brundtland**. 2008. 198 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual Paulista, Marília, 2008.

AYALA, Patryck de Araujo; CODONHO, Maria Leonor Paes Cavalcanti Ferreira. **Licenciamento ambiental e EIA/RIMA**. In: LEITE, José Rubens Morato (Coord.). Manual de direito ambiental. São Paulo: Saraiva, 2015.

AYALA, Patryck de Araujo; CODONHO, Maria Leonor Paes Cavalcanti Ferreira; LEITE, José Rubens Morato; POLLI, Luciana Cardoso Pilati. **Princípios fundamentais do Direito Ambiental**. In: LEITE, José Rubens Morato (Coord.). Manual de direito ambiental. São Paulo: Saraiva, 2015.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em:

BRASIL. **Expansão de usinas eólicas bate recorde em 2021, segundo Aneel**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/12/expansao-de-usinas-eolicas-no-pais-bate-recorde-em-2021-segundo-aneel>>. Acesso em:

CEPEL. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2016**. Disponível em: <[http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf)>. Acesso em:

CUNHA, G.; et al. **Análise do percentual máximo para a inserção de energia eólica na matriz elétrica brasileira sob a ótica energética**. Brazil Windpower 2013: Conference and Exhibiton. n. 4. Rio de Janeiro, 2013.

CUSTÓDIO, Ronaldo dos Santos. **Energia eólica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia: Acta: ABEEÓLICA, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço energético nacional 2013: ano base 2012: relatório síntese.** Rio de Janeiro: EPE, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Energia: abatimento das emissões relacionadas à produção e ao uso de energia no Brasil até 2020.** Disponível em: [www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/nota_tecnica_sumarioexecutivo_planosetorial_energia_141.pdf]. Acesso em:

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Proposta para a expansão da geração eólica no Brasil.** Rio de Janeiro: EPE, 2009.

MELO, E. **Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade.** Instituto Estudos Avançados da USP. vol. 27. n. 77. p. 125-142. São Paulo, 2013.

EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION (EWEA). **Wind in Power.** 2013 European statistics. Disponível em: <www.ewea.org/>. Acesso em: Acesso em 18 abr. 2022.

FARIAS, Talden. **Licenciamento ambiental: aspectos teóricos e práticos.** 4. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2013.

FERNANDES, Gustavo dos Santos. **Modelo de dinâmica de sistemas para avaliar a capacidade instalada de energia eólica no Brasil.** 2019. Disponível em: < Modelo de dinâmica de sistemas para avaliar a capacidade instalada de energia eólica no Brasil (ufrgs.br)>. Acesso em: 18 abr. 2022.

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

FERREIRA, Maria Leonor Paes Cavalcanti. **Uma análise do procedimento do registro de agrotóxicos como forma de assegurar o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado na sociedade de risco.** 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FIGUEIREDO, Guilherme José Purvin de. **Curso de direito ambiental.** 6. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2013.

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

GELLER, Howard S. **Revolução energética: políticas para um futuro sustentável**. Trad. de Maria Vidal Barbosa; rev. téc. de Márcio Edgar Schuler. Rio de Janeiro: Relume Dumará: USAid, 2003.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC). **Global Wind Statistics**. 2013. Belgium: GWEC, 2014.

HARRISON, M. **Valuing the future: the social discount rate in cost-benefit analysis**. Canberra: Productivity Commission, 2010.

INTERNACIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Wind: 2011 Annual Report**. United States: IEA, 2012.

INTERNACIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2013**. France: IEA, 2013.

IRENA. **Agência Internacional para as Energias Renováveis**. Nurturing offshore wind markets: good practices for international standardisation. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENANurturing_offshore_wind_2018.pdf. Acesso em: 19 abr. 2022.

JACOBSON, Mark Z.; et al. **100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World**. Joule, v. 1, Issue 1, pages 108-121, 2017. ISSN 2542-4351, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2017.07.005>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435117300120>. Acesso em:

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 24. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2016.

MELO, E. **Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade**. Instituto Estudos Avançados da USP. vol. 27. n. 77. p. 125-142. São Paulo, 2013.

MINISTÉRIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Estimativas anuais de MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME)**. Plano Decenal de Expansão de Energia 2022. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2013.

MORELLI, F. S. **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, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future – 1987.** Disponível em: <www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. Acesso em:

PEREIRA NETO, Aluisio. **A energia eólica no Direito Ambiental brasileiro.** Rio de Janeiro: Synergia, 2014.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. **O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais.** Revista Ambiente & Água, 12(6), 1082-1100, 2017.

PIZZUTTI, L. C. **Análisis crítico de las políticas e incentivos brasileños para la energia eólica en el estado de Rio Grande do Norte: comparación con las políticas estadounidenses de Texas.** Dissertação. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 2012.

REN21. **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. The first decade: 2004-2014.** Disponível em: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Topical%20Reports/REN21_10yr.pdf. Acesso em: RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN21). Renewable Global Status Report 2014. France: REN21, 2014.

SALINO, P. J. **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, 2011.

SANTOS, W. B. B. **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:

SIMAS, M.; PACCA, S. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável.** Instituto Estudos Avançados da USP. vol. 27. n. 77. p. 99-115. São Paulo, 2013.