

Os efeitos adversos da energia eólica no Brasil

Uma perspectiva crítica

The adverse effects of wind energy in Brazil
A critical perspective

graziela souza da cunha*
José Alderir da silva**
william gledson e silva***

► DOI: <https://doi.org/10.14295/principios.2675-6609.2024.170.007>

Divulgação



RESUMO

Na busca por um desenvolvimento sustentável e preservação dos recursos naturais, a energia eólica tem se mostrado, nos últimos anos, uma alternativa viável para a transição energética renovável. No Brasil, essa fonte energética é ainda mais promissora em razão da elevada disponibilidade de ventos no território nordestino. Contudo, apesar dos muitos benefícios associados à fonte de geração de energia eólica, estudos mostram que a implantação desses parques pode produzir impactos sociais e ambientais. Diante desse cenário, este artigo tem o objetivo de analisar as externalidades negativas da geração de energia eólica no Brasil, tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. Os resultados indicam que os principais impactos socioambientais detectados, desde a implantação até o funcionamento daquela modalidade de parques, consistem em: interferência na fauna e flora; produção de ruído; erosão, desmatamento e mau uso do solo; interferência eletromagnética, e alteração na paisagem. Partindo dessa premissa, é necessário que sejam realizados estudos para uma avaliação mais aprofundada acerca das externalidades negativas dos empreendimentos eólicos, de modo que o desenvolvimento dessa fonte de energia avance preservando totalmente os recursos naturais e sem comprometer o bem-estar das gerações atuais e futuras.

Palavras-chave: Parques eólicos. Energia. Impactos socioambientais.

ABSTRACT

In the search for sustainable development and preservation of natural resources, wind energy has shown itself, in recent years, to be a viable alternative for the renewable energy transition. In Brazil, this energy source is even more promising due to the high availability of good winds in its northeastern territory. However, despite the many benefits associated with wind energy generation, studies show that the implementation of wind farms can produce social and environmental impacts. Given this scenario, this article aims to analyze the negative externalities of wind energy generation in Brazil, both for the environment and for society. The results indicate that the main socio-environmental impacts detected, from its implementation to its operation, consist of: interference with fauna and flora; noise production; erosion, deforestation and land use; electromagnetic interference; changes in the surrounding landscape. Based on this premise, it is necessary to carry out studies for a more in-depth assessment of the negative externalities of wind farms, so that the development of this energy source advances, fully preserving natural resources and without compromising the well-being of current and future generations.

Keywords: Wind farms. Energy. Socio-environmental impacts.

1. INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis, embora tenham sido a principal fonte de energia para o desenvolvimento industrial e econômico global, apresentam várias externalidades negativas significativas. Ambientalmente, a queima de carvão, petróleo e gás natural libera grandes quantidades de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono e metano, contribuindo para o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Além disso, a poluição do ar resultante dessa combustão inclui substâncias nocivas que causam doenças respiratórias e cardiovasculares, afetando gravemente a saúde pública. Socioeconomicamente, a dependência de combustíveis fósseis provoca instabilidade econômica devido à volatilidade dos preços e perpetua desigualdades, pois as comunidades próximas a locais de extração sofrem desproporcionalmente com os impactos ambientais e de saúde. Esses efeitos negativos sublinham a necessidade urgente de transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

Todavia, apesar desses impactos negativos, a busca por fontes de energia limpa e sustentável só passou a ganhar importância a partir da crise do petróleo na década de 1970, sendo o foco de pesquisas, investigações e políticas públicas em diversos países. Assim, a crise do petróleo naquela década foi um marco que ressaltou a vulnerabilidade e dependência das economias globais ante os combustíveis fósseis, especialmente o petróleo. Durante esse período, os preços do petróleo aumentaram drasticamente devido a embargos e à redução na produção dos países-membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep). Isso resultou em uma busca urgente por fontes de energia alternativas e por estratégias para aumentar a segurança energética.

Desde então, o desenvolvimento de uma matriz energética diversificada e sustentável tornou-se um objetivo crucial para muitos países. Esse esforço envolve a integração de várias fontes de energia, como a solar, a eólica, a hídrica, a geotérmica e a originária da biomassa, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e diminuindo as emissões de gases de efeito estufa.

Em vista disso, considerando as fontes de energia renováveis, o setor eólico tem se mostrado bastante promissor na diversificação da matriz energética mundial e suprimento dos combustíveis fósseis e na busca da segurança energética, sustentabilidade ambiental e geração de eletricidade ambientalmente correta, conforme destaca Macedo (2017).

O Brasil, por sua vez, apresentou nos últimos anos um notável crescimento no desenvolvimento da energia eólica, o qual foi marcado por uma evolução constante e uma consolidação impressionante do setor. De acordo com ABEEólica (2022), o país apresentou um aumento de 2.759% no potencial eólico produtivo entre os anos de 2009 e 2022, período em que a produção de energia dessa fonte passou de 0,6 para 25,6 GW. De acordo com Amarante *et al.* (2001), esse progresso foi impulsionado em grande parte pelas condições geográficas favoráveis encontradas, sobretudo no que diz respeito à combinação dos ventos alísios de leste com as brisas terrestres e marinhas que incidem nas regiões Nordeste e Sul do país. A expansão significativa dos parques eólicos nessas áreas demonstra a eficácia e o potencial dessa fonte energética no contexto brasileiro.

Diante desse cenário, a energia eólica mostra-se promissora na diversificação da matriz elétrica no plano mundial, como uma das tecnologias de energia renovável mais maduras, com potencial para contribuir com a transição energética, a redução dos transtornos

socioambientais causados pelos combustíveis fósseis e a busca por segurança energética firmada em energias limpas.

Por se tratar de uma energia renovável e que não emite gases poluentes na atmosfera, existe uma predisposição em considerar a energia eólica como de baixo impacto ambiental, conforme destacam Marinho, Almeida e Carmo (2023). Contudo, mesmo sendo considerada uma fonte alternativa, seu desenvolvimento não está livre de causar impactos negativos no meio ambiente e na comunidade em que está inserida.

Nessa perspectiva, considerando-se a representatividade e o potencial produtivo da energia eólica na matriz energética brasileira, o objetivo da presente pesquisa é analisar as externalidades negativas da geração de energia eólica no Brasil. Para isso, o artigo está dividido em mais quatro seções, além desta introdução. O referencial teórico que sustenta a pesquisa é analisado na próxima seção. Em seguida, são mostrados os dados da geração de energia eólica no Brasil. Na quarta seção, busca-se mostrar que a energia eólica gera impactos socioambientais negativos relevantes, impactando comunidades e o meio ambiente. Por fim, as considerações finais.

2. EXTERNALIDADES: UMA PERSPECTIVA CONCEITUAL

A teoria da mão invisível, proposta por Adam Smith, sugere que em um mercado livre e competitivo as ações individuais dos agentes econômicos, guiados pelo interesse próprio, podem levar ao bem-estar coletivo da sociedade. Segundo essa teoria, o mecanismo de preços e a concorrência levam a uma alocação eficiente dos recursos, maximizando o bem-estar geral sem a necessidade de intervenção governamental.

No entanto, essa visão idealizada dos mercados não leva em conta a ocorrência de falhas de mercado, que são situações em que o mercado livre não consegue alocar os recursos de maneira eficiente ou equitativa. A relação entre a teoria da mão invisível e as falhas de mercado é fundamental para se entenderem as limitações dos mercados livres e a necessidade de intervenções corretivas.

A teoria da mão invisível assume que os custos e benefícios das ações individuais são totalmente internalizados pelos agentes econômicos. No caso das externalidades, porém, os efeitos das ações não são refletidos nos preços de mercado. Por exemplo, uma fábrica que polui o ar impõe custos à sociedade que não são pagos pelo produtor, resultando em produção excessiva de bens poluentes.

Considera, por exemplo, que uma empresa que despeja resíduos tóxicos em um rio está agindo em busca de seus próprios interesses, minimizando custos. No entanto, essa ação prejudica a saúde pública e o meio ambiente, custos esses que não são refletidos no preço do produto da empresa. A intervenção governamental, como a regulamentação ambiental ou a cobrança de impostos sobre atividades poluentes, pode ser necessária para corrigir essa falha.

Em economia, o conceito de externalidades refere-se aos efeitos indiretos, positivos ou negativos, que a produção ou o consumo de bens e serviços impõem a terceiros não diretamente envolvidos na transação econômica. Esses efeitos não são refletidos nos custos ou benefícios de mercado para os indivíduos ou empresas diretamente envolvidos, levando a uma alocação ineficiente de recursos.

Por se tratar de uma energia renovável e que não emite gases poluentes na atmosfera, existe uma predisposição em considerar a energia eólica como de baixo impacto ambiental. Contudo, mesmo sendo considerada uma fonte alternativa, seu desenvolvimento não está livre de causar impactos negativos no meio ambiente e na comunidade em que está inserida

Assim, as externalidades podem levar a uma falha de mercado, em que os recursos não são alocados de maneira eficiente. Isso ocorre porque os custos e benefícios sociais (aqueles que dizem respeito à sociedade como um todo) diferem dos custos e benefícios privados (aqueles relacionados apenas aos indivíduos diretamente envolvidos na transação).

Silveira (2006) mostra que esse conceito, já consagrado nas mais diferentes áreas do conhecimento científico, consiste na ideia de externalidades que se associam à ação individual capaz de repercussão nos demais agentes, cujos desdobramentos podem ser positivos ou negativos, conforme as consequências sobre os indivíduos afetados.

Soares e Porto (2007), por sua vez, mostram que as externalidades constatadas na atividade agrícola procedentes da utilização de agrotóxicos revelam impactos ambientais não desprezíveis, como a contaminação de gêneros alimentícios, água e/ou solo, sendo uma preocupação sintomaticamente presente no debate ambiental, particularmente no tocante às reverberações sobre o equilíbrio ambiental e a saúde pública.

Já Lima e Viegas (2002), adicionalmente, explicitam que as externalidades povoam o mundo contábil das empresas, no qual a interdisciplinaridade permite a instrumentalização analítica no sentido de evidenciar nuances gerenciais capazes de influenciar na dinâmica de mercado das firmas, por exemplo as normas impostas a determinada atividade para elevar os custos de produção e, conseqüentemente, impactar a lucratividade empresarial.

Ressalte-se que as externalidades antes mencionadas são compatíveis ao consagrado exemplo da firma siderúrgica e da empresa de pesca, segundo o qual o aumento na produção de aço gera efeitos negativos sobre o mercado pesqueiro, que afetam a oferta dos bens e os preços praticados no mercado, sendo a externalidade um aspecto não negligenciável, conforme apontamento de Varian (2006).

O autor traz outro exemplo emblemático, associado ao fumo: quando não há certa regulamentação preventiva, um agente pode fumar sem restrições, conduta cuja consequência aponta para o desfavorecimento daqueles não fumantes e que sofrem com a fumaça do cigarro, estabelecendo-se dessa forma uma externalidade negativa.

Do ponto de vista positivo, um exemplo de ação individual capaz de gerar benefícios (externalidades) aos demais agentes e trazer ganhos sociais é a criação de um jardim

no intuito de diminuir poluentes em certa localização, cuja consequência é a melhora das condições do ar respirado pelos indivíduos.

Esses aspectos mostram nuances simples que reverberam socialmente e economicamente. Entretanto, há possibilidade de externalidades em atividades diversas relacionadas com a chamada internalização das externalidades. Varian (2006) afirma que determinado cenário permite a internalização de efeitos, como a consideração dos custos ambientais na precificação das penalidades impostas aos eventuais transgressores das normas.

Assim, torna-se relevante mencionar um conceito bastante significativo em termos das consequências das externalidades, a saber: os custos de transação. Coase (1960) mostra a importância da observação do ônus no processo de interação social, pois as relações estabelecidas entre os indivíduos geram determinado conjunto de custos não produtivos capazes de onerar as firmas, e, por conseguinte, demandam-se contratos para minorar tais inconveniências.

Coase (1960) possibilita asseverar que determinados movimentos sociais carecem do estabelecimento de contratos capazes de reduzir os ônus econômicos. Ao tomar como referência o exemplo consagrado na literatura microeconômica associado às firmas siderúrgica e pesqueira, nota-se a flagrante necessidade de normatização restritiva ao lançamento de poluentes nos rios em favor da indústria da pesca, inibindo uma queda acentuada na oferta do referido bem e os eventuais incrementos nos seus preços de mercado.

Em suma, essas reverberações trazem, necessariamente, impactos diversos, tanto na esfera econômica quanto no meio ambiente, nos quais tais repercussões produzem, por via de regra, externalidades negativas, tais como o aumento nos preços, que reduz a utilidade marginal dos agentes devido ao encolhimento da cesta de bens consumíveis e à queda tendencial do lucro das firmas, além dos problemas potenciais com questões de saúde pública e impertinências ambientais.

Acrescente-se que Gala (2003) sublinha haver na discussão institucionalista o pensamento central de Douglass North, autor emblemático que apresenta em seu corpo teórico diversos elementos relevantes relacionados a essa discussão, como a admissão da existência de instituições enquanto regras do jogo e jogadores considerados agentes envolvidos no processo interativo social, de sorte que tais instituições podem inibir a ocorrência das externalidades.



Romária Holanda/Instituto Terramar

Cerca em parque eólico de Aracati (CE), entre o quilombo do Cumbe e o mar, impede o acesso da comunidade local à área

O argumento teórico relacional é factível, pois o dilema entre empresários do ramo siderúrgico e os ligados ao setor pesqueiro encontra tendencial acomodação dos interesses particulares à medida que regras são impostas e os agentes passam a interagir com novos contornos normativos, fixando-se limites à emissão dos poluentes e delimitando os períodos de desenvolvimento das atividades, dentre outros preceitos, circunscrevendo em contrato desenhos orientadores e determinantes das diferentes práticas econômicas.

De fato, a perspectiva agrícola apresentada por Soares e Porto (2007) permite constatar a ocorrência de impactos não desprezíveis nos recursos naturais a partir do emprego de agrotóxicos. Assim, os problemas ambientais observados demandam a construção de instituições capazes da diminuição das consequências mencionadas, que também incidem sobre as atividades produtivas como desdobramentos da aplicação de normas regulatórias.

Nesse sentido, a imposição de limites institucionais às atividades agrícolas busca a redução das externalidades que impactam o equilíbrio ambiental e a saúde pública. Na verdade, semelhantes medidas restritivas influenciam no volume da produção, pois, por exemplo, a ocorrência de pragas com potencial de devastação das culturas agrícolas gera custos de transação relativos ao abastecimento alimentar, daí ser pertinente associar externalidades ao quadro institucional e aos custos de transação.

Stigler (1974) recupera a teoria da regulação econômica a fim de solucionar o chamado problema do carona (*free rider*). Este conceito pressupõe a existência de agentes que auferem benefícios sem arcar com custos: o carona é favorecido porque não participa do rateio da conta, paga pelos outros usuários, utilizando o serviço gratuitamente.

Antes, porém, Samuelson (1954) traz a discussão do significado de bem público, considerando-o um tipo de bem não rival e não excludente, de sorte que o custeio dessa provisão do setor público é financiado pelos tributos cobrados dos diferentes contribuintes presentes na sociedade.

Stigler (1974) esclarece o comportamento do *free rider*, lembrando que os custos de um bem público devem ser compartilhados entre os contribuintes, mas a preocupação central recai sobre a distribuição desigual dos benefícios e a garantia inadequada de recursos para sua provisão. Essa situação gera uma externalidade significativa, pois, enquanto mais indivíduos usufruem do bem público, a responsabilidade pelo financiamento recai desproporcionalmente sobre alguns. Esse contexto, portanto, apresenta desafios consideráveis para a equidade e a eficiência na provisão de bens públicos.

Nesse sentido, sobre a relação conceitual entre o comportamento do carona e as externalidades, semelhantemente ao já explorado custo de transação, os esforços analíticos tentam demonstrar nuances não negligenciáveis da aplicabilidade do aspecto teórico aqui salientado, sendo bastante importante sua utilização nesta pesquisa.

Diversos estudos apontam as externalidades positivas decorrentes da geração de energia eólica no Brasil, mas, como qualquer forma de produção de energia, a de energia eólica também pode gerar externalidades negativas, como impacto visual, ruído, impacto na vida selvagem, arranjos contratuais em desfavor dos proprietários dos terrenos, desvalorização imobiliária e mudanças estruturais, entre outras que serão estudadas na quarta seção do presente trabalho. Na próxima seção, será brevemente descrita a evolução da geração de energia eólica no Brasil.

3. A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

A energia eólica é produzida a partir das massas de ar em movimento e resulta da transformação da energia cinética dos ventos em energia mecânica de rotação e, posteriormente, em eletricidade, o que a faz ser considerada como uma energia limpa e renovável (Silva, 2023).

De acordo com Martins, Guarnieri e Pereira (2008), os primeiros vestígios de utilização de energia eólica remontam há mais de 3 mil anos. No entanto, somente diante da crescente conscientização e necessidade de poupar combustíveis

fósseis durante a Segunda Guerra Mundial é que diversos países avançaram na produção de turbinas eólicas de médio e grande porte. Em vista disso, os Estados Unidos construíram em 1941 a notável turbina eólica Smith- Putnam, conectada à rede elétrica local, com capacidade de geração de 1,25 MW, como mencionado por Burton *et al.* (2001). Todavia, de acordo com Costa, Casotti e Azevedo (2009) e Alves (2010), somente em 1976, na Dinamarca, após a primeira crise do petróleo, é que uma turbina eólica foi ligada à rede elétrica pública.

Depois de diversos testes de protótipos, o final da década de 1980 foi um marco inicial na exploração da indústria eólica comercial, com a inauguração do primeiro parque eólico *onshore* do mundo, em Crotched Mountain, no sudoeste de New Hampshire, Estados Unidos. A partir desse evento, os parques eólicos do país se desenvolveram e os EUA permaneceram como líderes de mercado até 1997, quando a Alemanha passou a liderar (GWEC, 2017).

No Brasil, o primeiro aerogerador foi instalado em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha (PE), como resultado da colaboração entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE), a Companhia Energética de Pernambuco (Celpe) e o instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Com 75 kW de capacidade, 23 metros de altura e produção de cerca de 10% da energia produzida na ilha, ele economizou 70 mil litros de diesel por ano (Gouvêa; Silva, 2018).

No que se refere aos complexos eólicos brasileiros, foi inaugurado em 1999, após o desenvolvimento de projetos-piloto, o primeiro parque eólico do país, conhecido como parque eólico de Taíba, localizado na praia de Taíba, em São Gonçalo do Amarante (CE). A referida usina, instalada nas dunas da praia, segundo Moreira *et al.* (2013) contou com a operação de dez aerogeradores de 44 metros e 500 kW, sendo pioneira na geração de energia no Brasil.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em 2003 a energia eólica tinha contribuição ainda bem discreta na produção de energia elétrica do país, tendo em vista que naquele mesmo ano havia somente seis pequenos parques eólicos em operação no Brasil, que, conjuntamente, totalizavam uma capacidade instalada de 22 MW. As centrais

A relação entre a teoria da mão invisível e as falhas de mercado é fundamental para se entenderem as limitações dos mercados livres e a necessidade de intervenções corretivas

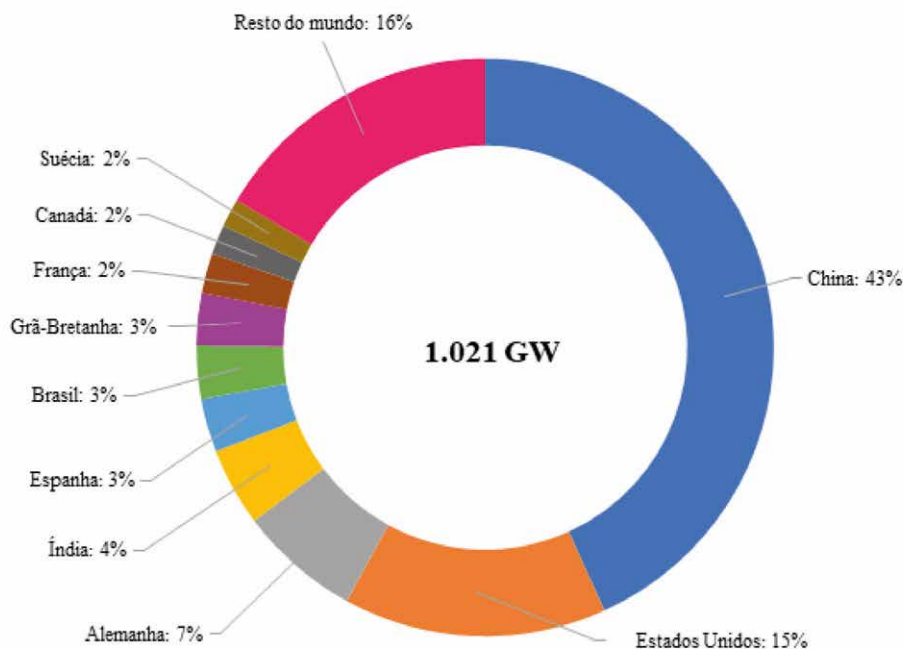
que mais se destacaram em 2003 foram os parques eólicos de Taíba e Prainha, no estado do Ceará, que, juntos, somavam 68% da produção eólica nacional, com 5 e 10 MW de potência instalada, respectivamente (Aneel, 2005).

Diante desse cenário, o setor eólico apresentou forte crescimento ao longo dos anos, impulsionado principalmente pela necessidade de diversificação da matriz elétrica, busca de segurança energética e transição para energias limpas, de modo a contribuir para a redução de impactos ao meio ambiente.

De acordo com o relatório anual do Global Wind Energy Council, a capacidade eólica total globalmente instalada atingiu o marco de 1.021 GW em 2023, o que significa, em termos percentuais, um crescimento de 13% em relação ao ano anterior, quando se produziram 906 GW. Da capacidade total instalada em 2023, 946 GW corresponderam ao mercado eólico *onshore* (em terra), e 75 GW, ao *offshore* (no mar) (GWEC, 2024).

Quanto ao ranking mundial da indústria de energia eólica, a China é o país líder absoluto em termos de capacidade total instalada, contribuindo com 403,3 GW na capacidade eólica global *onshore* e 37,8 GW no total de instalações *offshore* mundiais em 2023, destacando-se no setor com a produção de 43% de toda a energia eólica do mundo, como observado no gráfico 1. Em segundo lugar estão os Estados Unidos, com a produção de 150,4 GW da capacidade global *onshore* adicionada à rede elétrica, o que corresponde a 15% da energia eólica mundial. O terceiro país no ranking eólico é a Alemanha, com 61,1 GW *onshore* e 8,3 GW *offshore*, somando ao todo 7% da produção global. Por sua vez, a Brasil aparece em sexto lugar no ranking, com 30,45 GW de capacidade instalada *onshore* em 2023, o equivalente a 3% do total mundial, com a geração de energia eólica se firmando como um dos setores mais fortes do país.

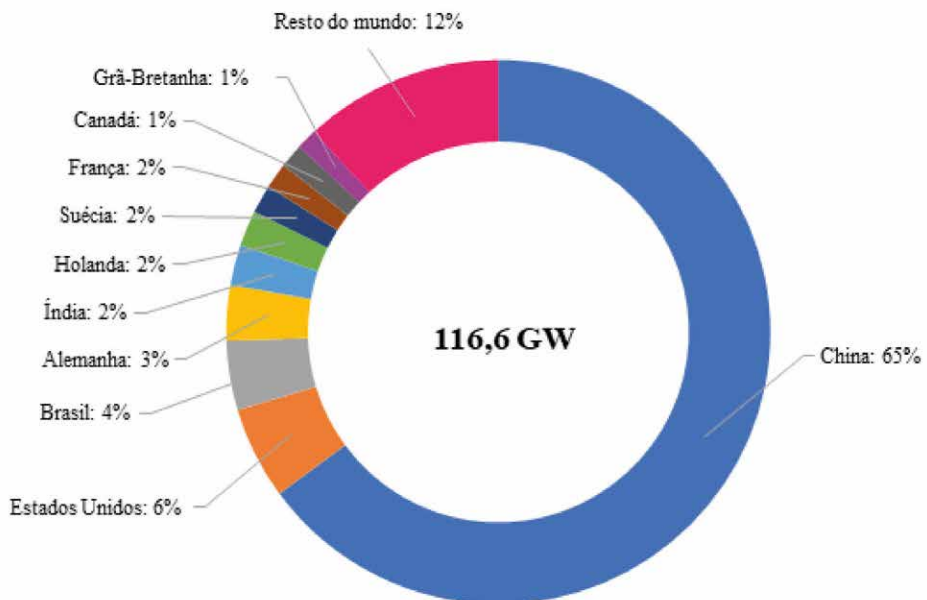
Gráfico 1 — Participação dos países no mercado de energia eólica mundial — 2023



Fonte: GWEC (2024).

No que se refere às novas instalações (gráfico 2), os dados mostram que foram adicionados 116,6 GW de nova capacidade eólica à rede elétrica mundial em 2023, o que representa um aumento de 50% em relação a 2022, quando foram acrescentados 77,6 GW à rede. A China continua como líder global, contribuindo com 65% das novas instalações. Os Estados Unidos mantiveram o segundo lugar, com 6%, e o Brasil apresentou um ano recorde de novas instalações, com o acréscimo de 4,82 GW *onshore*, o que o deixou como o terceiro país que mais instalou eólicas no mundo em 2023, com 4% do total mundial. Em seguida vem a Alemanha, com 3%, e França, Suécia, Holanda e Índia, com 2% cada uma. Ao todo, esses oito países contribuíram com 86% das novas instalações mundiais naquele mesmo ano, sendo considerados os principais mercados do mundo para novas instalações.

Gráfico 2 — Participação dos países na nova capacidade de energia eólica mundial — 2023



Fonte: elaboração própria, com base em GWEC (2024).

No que tange à matriz energética brasileira, o país tem se destacado historicamente em relação ao resto do mundo devido a sua matriz elétrica ser composta majoritariamente por fontes alternativas de energia. Dessa forma, de acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), as energias limpas representavam 83,46% da produção elétrica do país em 2022, com a fonte hidrelétrica liderando a matriz elétrica nacional. Ao fim de 2022, existiam 904 parques eólicos em operação e 25,63 GW de potência eólica instalada, representando um aumento de 50% em relação a 2017, quando a capacidade instalada era de 13 GW e havia 508 parques. Em vista disso, o setor eólico ocupou o segundo lugar na produção de energia do país em 2022, com a geração de 13,44%, ficando atrás somente da fonte hidrelétrica, que é dominante e fornece aproximadamente 54% da energia gerada no país (ABEEólica, 2017; 2022).

Para Silva (2023), o cenário promissor do setor eólico muito se deve aos fenômenos de circulação atmosférica dos alísios de leste e às brisas terrestres e marinhas que incidem

sobre o território brasileiro, produzindo ventos persistentes de 5 a 7,5 m/s nos litorais do Amapá e Pará (norte da bacia Amazônica) e ventos ainda mais velozes, de 6 a 9 m/s, nos litorais nordestinos do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.

Portanto, essa particularidade da zona litorânea Norte-Nordeste, que faz com que os ventos sejam mais fortes nessas áreas do território brasileiro, faz com que os quatro maiores produtores de energia eólica estejam nessa região. Em vista disso, a Bahia se apresenta como líder na produção de energia eólica nacional, com 24,10 TWh de energia em 2022, o que representa 31,2% da produção total. Em segundo lugar está o Rio Grande do Norte, com a geração de 23,16 TWh, o que representa 30% do produzido no país naquele mesmo ano. Em seguida vem o Piauí, com 10,25 TWh (13,3%), e o Ceará, com 6,32 TWh (8,2%). O quinto lugar é ocupado por um estado do Sul, o Rio Grande do Sul, que produziu em 2022 um total de 5,39 TWh (7%). No total, esses cinco estados respondem por quase 90% da produção eólica do Brasil naquele mesmo ano, sendo considerados os principais mercados brasileiros para a geração eólica e bastante significativos para o avanço do setor ao longo dos anos, como afirmam Cunha, Silva e Silva (2024).

Toda essa geração de energia eólica no Brasil é frequentemente elogiada por suas externalidades positivas, como a redução das emissões de gases de efeito estufa, a diversificação da matriz energética e a criação de empregos. No entanto, é crucial também considerar e mitigar as externalidades negativas associadas a essa forma de produção de energia. Esse é o tema da próxima seção.

4. ENERGIA EÓLICA E SUAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS

A Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental, define em seu artigo 1º o impacto ambiental como

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I — a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II — as atividades sociais e econômicas; III — a biota; IV — as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V — a qualidade dos recursos ambientais (Conama; Ibama, 1986).

De acordo com Confessor *et al.* (s.d.), os processos que envolvem as etapas de implantação e operação de parques de geração de energia eólica causam os seguintes impactos socioambientais: interferência na fauna e flora; alteração visual; emissão de ruídos; erosão e desmatamento; interferência eletromagnética; e mau uso do solo.

4.1. INTERFERÊNCIA NA FAUNA E FLORA

Um dos maiores impactos ambientais negativos advindos da implantação de um empreendimento eólico, de acordo com Hofstaetter (2016), compreende alterações na fauna e flora. Para a autora, esses efeitos incidem principalmente no uso do solo e no desenvol-

vimento de atividades agrícolas que são impactadas pela privatização de áreas de plantio, cedidas para a instalação dos parques eólicos.

As terras anteriormente destinadas à produção agrícola são cercadas, o que traz dificuldades para a criação de alguns animais, reduz a área disponível para plantio e dificulta o acesso ao território de pesca, especialmente quando essas terras têm ligação direta com o mar. Isso provoca o aumento da vulnerabilidade da fauna e flora, incluindo a perda de hábitat de diversas espécies. No Rio Grande do Norte, por exemplo, podemos citar a ameaça à vida e reprodução das tartarugas marinhas, a alteração das arribações e a perturbação das áreas de descanso das aves africanas (Hofstaetter, 2016).

De acordo com Lima *et al.* (2017), um dos impactos ambientais mais danosos de um projeto de energia eólica ocorre na vida animal, tanto terrestre quanto da avifauna. Com a instalação de usinas de energia eólica, surgem também preocupações ambientais nas comunidades circunvizinhas, uma vez que a instalação e o funcionamento de aerogeradores provocam degradação do hábitat e modificação dos locais de pouso, nidificação, reprodução e alimentação e das rotas migratórias de algumas espécies. Para evitar isso, é indispensável que seja realizado um estudo prévio no local de implantação dos parques eólicos, de modo a identificar o comportamento da fauna terrestre e avifauna local, com vistas a minimizar os efeitos negativos no meio ambiente.

De um modo geral, a instalação de uma usina eólica provoca mudanças nas áreas onde se localizam os aerogeradores e nas estradas adjacentes. Um estudo realizado nos parques eólicos do estado da Paraíba identificou, como consequências ambientais do desmatamento desenfreado para acomodação do parque, da construção de estradas mais largas para tráfego de veículos grandes e da perfuração de poços nessas instalações, a redução dos recursos hídricos, a mudança de rota dos pássaros e muitas mortes deles nas hélices das torres, diminuindo assim a fauna local (Leite; Picchi, 2019).

Para Marinho, Almeida e Carmo (2023), a instalação de um empreendimento eólico causa alteração na paisagem natural e interfere na diversidade de plantas, animais, fungos e micro-organismos locais. Dentre os animais mais impactados estão as aves, os insetos voadores e os morcegos, que morrem em grande quantidade devido a colisões nas pás das turbinas.

Conforme aponta Sovernigo (2009), a avifauna de uma região é extremamente impactada com a instalação de um parque eólico. Os efeitos vão desde a colisão de animais com aerogeradores e a redução e/ou eliminação do seu hábitat até choques contra as linhas de transmissão, ameaçando assim a reprodução dessas espécies. Tavares (2020) afirma que o grau de impacto de um empreendimento eólico sobre as aves está diretamente relacionado à proximidade de um parque eólico em relação a áreas de repouso, ninhos e alimentação e a rotas migratórias desses animais, uma vez que o fluxo é maior nessas regiões. Para Gode (2020), um parque eólico de grande porte, desde que localizado em área apropriada, pode gerar menor impacto que um parque eólico pequeno mal localizado.

Dentre todos os impactos, a morte de aves por colisão é a mais comum. Isso acontece, dentre outros fatores, pelo fato de que os animais voadores na região não conseguem se desviar das pás dos aerogeradores em movimento, das linhas de transmissão e dos coletores de energia. Todavia, os índices de mortalidade podem aumentar se as instalações eólicas forem mal localizadas, causando o desaparecimento de espécies tanto locais como migratórias.

Felizola (2024) ressalta um outro impacto negativo, a partir da construção de uma usina eólica no litoral de Camocim, no Ceará. Segundo o autor, a empresa francesa Siif Énergies realizou uma manobra cartográfica que apagou do mapa um vilarejo de pescadores da praia do Xavier, de modo que o projeto da Central Eólica Praia Formosa parecesse não representar risco de impactos socioambientais e obtivesse seu licenciamento ambiental. Essa modificação da realidade durante a elaboração do mapa da região permitiu que o empreendimento fechasse o único acesso dos moradores ao vilarejo e aterrasses lagoas interdunares, afetando assim a pesca durante o inverno, quando os peixes do mar são difíceis de capturar. Além disso, a construção do parque eólico prejudicou o trabalho de mariscagem nas áreas de mangue da região, tendo em vista que os manguezais foram aterrados com a areia do corte de dunas. Sendo assim, a população do refúgio Xavier, que era centrada na pesca artesanal, mariscagem e agricultura nas dunas úmidas, passou a sofrer com a insegurança alimentar resultante da mudança do ecossistema local por parte do parque eólico.

4.2. ALTERAÇÃO VISUAL

Os impactos ambientais associados à energia eólica podem despertar reações bastante diversificadas em função da comunidade em que o empreendimento estiver inserido. No que se refere aos impactos visuais, é normal que muitos indivíduos vejam os parques eólicos como um fator negativo para a paisagem, ao mesmo tempo que outros os encaram como símbolo de fonte tecnológica de geração de energia limpa, bem como atração turística, por sua estrutura majestosa (Pinto; Martins; Pereira, 2017).

A alteração paisagística causada pela presença dos empreendimentos eólicos pode ser determinada pelo tamanho e cor da estrutura deles e pela quantidade de torres, linhas de transmissão, estradas de acesso e subestações construídas. Em vista disso, ao mesmo tempo que um parque eólico pode se tornar um atrativo turístico, sua presença pode impactar negativamente a economia de uma região por meio da desvalorização dos imóveis e declínio do turismo, principalmente em áreas de lazer e veraneio, como litorais, por exemplo.

No estudo realizado por Hofstaetter (2016) nos parques eólicos do Rio Grande do Norte, a autora conclui que a alteração visual e a descaracterização da paisagem podem afetar o turismo do estado, principal atividade econômica em áreas litorâneas, que abrigam grande parte dos parques eólicos.

4.3. EMISSÃO DE RUÍDOS

Segundo Tendero (2013) e Hofstaetter (2016), os ruídos emitidos por uma usina eólica podem ser de dois tipos: o ruído dinâmico, que acontece em decorrência do funcionamento das turbinas e engrenagens dos aerogeradores, e o ruído aerodinâmico, produzido pela passagem do ar pelas pás das turbinas eólicas.

O barulho dentro ou nas proximidades de um parque eólico pode variar significativamente em função de diversos fatores, tais como a forma como as turbinas são dispostas no parque, o tipo de turbinas instaladas, a topografia do terreno, a velocidade e direção do vento

e o nível de ruído do ambiente. É possível afirmar ainda que a intensidade do ruído emitido por uma torre eólica está diretamente relacionada à velocidade do vento da região, que pode variar de uma localidade para outra, como apontam Souza, Cunha e Santos (2013). Para Tendero (2013), o aumento da potência das ondas sonoras emitidas por um parque eólico causa desconforto auditivo e irritação nas pessoas. De acordo com Aör (2014), a principal consequência da exposição ao ruído é o incômodo causado pela exposição intermitente, com poluição sonora variando em função da intensidade, frequência de exposição e distância entre o emissor e o receptor.

Hofstaetter (2016), menciona outras questões bem específicas em seu estudo. Para ela, o parque eólico instalado na zona rural do município de João Câmara (RN) tem afetado a saúde individual e coletiva da região, tendo em vista o aumento da solicitação de exames de alta resolução, incessantes queixas de dor de cabeça, de estresse e perturbação da vida e do sono das pessoas dessas localidades. Além da perturbação das pessoas das áreas de entorno de uma usina eólica, o ruído, conforme Reis (2013), também é capaz de interferir no ciclo reprodutivo das tartarugas nas regiões litorâneas.

Em vista disso, existe no Brasil uma regulamentação sobre os níveis de pressão sonora aceitáveis em função do tipo de área habitada em cada período, tanto de dia quanto de noite. Dessa maneira, a NBR (norma brasileira regulamentadora) 10151, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que versa sobre acústica — medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas —, define critérios para ambientes externos de sítios e fazendas, com ruído máximo aceitável de 40 db(A) durante o dia e 35 db(A) no período da noite (ABNT, 2019).

Atualmente, em virtude do avanço da tecnologia e melhoria da produção dos componentes de uma torre eólica, houve uma redução nos ruídos de origem mecânica, de modo que a principal fonte de ruído emitido por uma torre é de natureza aerodinâmica, isto é, relaciona-se à velocidade do vento nas pás do rotor.

4.4. EROSIÃO E DESMATAMENTO

Conforme afirmam os autores Moura-Fé e Pinheiro (2013), os impactos do processo de implantação e operação de aerogeradores sobre o solo se caracterizam como cumulativos e atingem seu ápice durante a limpeza do terreno. Para os autores, o início das alterações se dá ainda na fase de estudos geotécnicos e hidrogeológicos de campo, quando os equipamentos provocam, por meio da vibração, movimentação das partículas do terreno. Todavia, é durante a etapa de limpeza do terreno que os impactos erosivos e de assoreamento ganham maior destaque, uma vez que a retirada de vegetação para construção das bases eólicas, subestações, estradas de circulação e pátios de manobra fomenta processos erosivos e provoca modificações na drenagem local, na morfologia e geotecnia dessas áreas.

Além dos efeitos erosivos causados pela remoção de parte da vegetação, existe também uma perturbação na fauna local. Isso acontece porque a supressão ecológica de algumas plantas acaba destruindo locais de abrigo de diversos animais, que tendem a fugir e procurar refúgio em áreas adjacentes, tornando-se expostos ao risco de caça, captura e acidentes nas estradas.

A preocupação com a segurança energética e diversificação da matriz elétrica vem induzindo o grande incentivo e o conseqüente crescimento do número de usinas eólicas no Brasil. Agraciado com a disponibilidade de ventos, o Brasil tem se destacado mundialmente no processo de transição energética através da produção de energia eólica

4.5. INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

As turbinas eólicas que compõem o conjunto de geração de energia pelos ventos também têm o potencial de interferir nos sistemas de comunicação modernos através da emissão de sinais eletromagnéticos. Devido a esse problema, os empreendimentos de energia eólica comprometem frequentemente os sistemas de transmissão e recepção de rádio, televisão e micro-ondas, modificando os sinais em função da dispersão provocada pela rotação das pás.

De acordo com Pinto, Martins e Pereira (2017), a interferência eletromagnética produzida por um aerogerador pode advir de três componentes distintos: o gerador da turbina eólica, a torre e o rotor das pás, podendo variar conforme o material utilizado e as condições geográficas do local. Ainda segundo os autores, quando os aerogeradores são implantados nas proximidades de áreas residenciais, é difícil eliminar sua interferência nos sinais de TV. No entanto, esse impacto tem sido minimizado em razão da utilização de pás modernas, de material sintético e isolamento e manutenção adequados.

Enquanto produzem energia, as turbinas eólicas geram campos eletromagnéticos que podem interferir ou perturbar o funcionamento de meios de comunicação elétricos e eletrônicos (Marinho; Almeida; Carmo, 2023). Desse modo, a interrupção ou perda de qualidade da recepção dos sinais acontece em virtude das pás das turbinas, que, durante sua rotação, podem refletir e/ou dispersar as ondas no seu entorno (Tendero, 2013).

4.6. MAU USO DA TERRA

Um dos fatores que têm afetado diretamente o crescimento do setor eólico é o agravamento da questão fundiária. A partir do arrendamento de terras para instalação dos parques eólicos, as comunidades locais estão sendo diretamente impactadas com a redução do seu território em decorrência do cercamento por parte das empresas (Maia *et al.*, 2022). Os

proprietários de terra que estabelecem contrato de arrendamento para instalação de empreendimentos eólicos ficam impossibilitados de desenvolver outras atividades no local, ficando à mercê das regras definidas pelas empresas arrendantes. Esse fator provoca uma série de conflitos internos, que vão desde a insegurança alimentar da região a conflitos familiares provocados pela impossibilidade de transmissão da propriedade da terra a herdeiros.

Dessa forma, o arrendamento de terras compromete a produção de alimentos da agricultura familiar, tendo em vista que os proprietários de terras não podem mais utilizar suas terras para criação de animais, plantio de alimentos para subsistência e comercialização local (Silva; Hofstaetter, 2024).

Em muitos casos, a empresa arrendante bloqueia o acesso da população local e dos donos de terras às áreas onde estão os parques eólicos, bem como proíbe a circulação da população nas novas vias de acesso que criou, de modo que as áreas destinadas à instalação dos parques eólicos passam a ser de uso privado da empresa, como aconteceu no município de João Câmara, no Rio Grande do Norte, conforme afirma Hofstaetter (2016).

Além disso, muitos contratos de arrendamento de terras para parques eólicos criam desequilíbrios entre as empresas de energia e os proprietários de terras. Pequenos proprietários podem não ter poder de negociação suficiente para garantir contratos justos. Também há casos de falta de transparência e clareza nas condições contratuais, levando a conflitos e insatisfação.

Traldi e Rodrigues (2023) observaram que nos contratos de arrendamento para geração eólica em geral há um considerável desequilíbrio contratual em favor dos proprietários dos terrenos. Isso ocorre devido aos longos prazos e às multas estipuladas unilateralmente, que favorecem exclusivamente as empresas detentoras dos parques eólicos. Além de não terem a capacidade de negociar o valor das multas e os extensos períodos de arrendamento, os proprietários dos terrenos são impedidos de discutir coletivamente o valor a ser recebido pelo uso de suas propriedades devido à imposição de uma cláusula de confidencialidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ante o exposto, a preocupação com a segurança energética e diversificação da matriz elétrica vem induzindo o grande incentivo e o conseqüente crescimento do número de usinas eólicas no Brasil. Agraciado com a disponibilidade de ventos, o Brasil tem se destacado mundialmente no processo de transição energética através da produção de energia eólica.

Nesse cenário, a capacidade total instalada de energia eólica no Brasil apresentou crescimento relevante ao longo da última década, sendo em 2023 o sexto país no ranking mundial, com 30,45 GW de capacidade instalada *onshore*, com a geração de energia eólica se firmando como um dos setores mais fortes do país para o atendimento de demanda por energia diante da escassez de chuvas nos últimos anos.

Em vista disso, a energia eólica vem se mostrando potencialmente atrativa para substituir os combustíveis fósseis, contribuir para a segurança energética sustentável e redução de emissão de poluentes atmosféricos e se contrapor ao aquecimento global. Porém, mesmo sendo ela considerada uma fonte limpa, sustentável e menos agressiva contra o meio ambiente, a instalação de parques de energia eólica não está isenta de impactos socioambientais.

Nesta conjuntura, os principais impactos socioambientais que enfrentamos estão relacionados às condições adversas a que a população, a fauna e a flora estão expostas, desde as etapas de implantação dos parques de geração de energia eólica até o funcionamento desses complexos.

Ainda assim, a energia eólica desempenha um papel crucial na matriz energética, sendo uma fonte renovável que atrai a atenção de diversos agentes, tanto políticos quanto privados, em busca de soluções sustentáveis. Agentes políticos frequentemente desempenham um papel central na formulação de políticas públicas que incentivam o desenvolvimento e a expansão da energia eólica como parte de estratégias mais amplas de transição para fontes de energia mais limpas. Os investimentos do setor privado, frequentemente impulsionados por incentivos governamentais, têm contribuído significativamente para o crescimento da capacidade instalada de parques eólicos no Brasil.

No entanto, esse avanço não ocorre sem desafios, especialmente em relação aos impactos ambientais associados à construção de parques eólicos. O planejamento adequado, que envolve considerações ambientais e sociais desde as fases iniciais, é fundamental para minimizar esses impactos no país. As políticas públicas desempenham um papel central nesse contexto, pois fornecem o arcabouço regulatório que orienta o desenvolvimento sustentável da energia eólica, assegurando benefícios econômicos e ambientais a longo prazo.

Em vista disso, fica evidente a necessidade de um estudo prévio, planejamento adequado e comprometimento por parte das empresas, de modo que seja possível estabelecer medidas para minimizar e até mesmo eliminar os impactos socioambientais mencionados neste trabalho, desafios fundamentais para tornar a fonte eólica ainda mais promissora no processo de transição energética do Brasil.

* Graduada em Ciência e Tecnologia e graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), campus Angicos (RN). Membro do Grupo de Laboratório em Economia da Transição Energética. Bolsista de iniciação científica na Ufersa. *E-mail*: grazielacunha6@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-3910-4504>

** Doutor em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Bacharel e mestre em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professor na Ufersa lotado no Departamento de Engenharias (Denge). Líder do grupo de pesquisa Laboratório em Economia da Transição Energética. *E-mail*: jose.silva@ufersa.edu.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1514-6999>

*** Bacharel e mestre em Economia e pós-doutor em Ciências Sociais pela UFRN. Professor adjunto do Departamento de Economia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (Uern). Membro do Grupo de Laboratório em Economia da Transição Energética. *E-mail*: williangledson@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0552-202X>

► Texto recebido em 9 de julho de 2024; aprovado em 27 de agosto de 2024.

ABEEÓLICA. **Boletim anual 2022**. São Paulo: ABEEólica, 2022. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2023.

_____. **Boletim anual de geração eólica 2017**. São Paulo: ABEEólica, 2017. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2017_FINAL.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2023.

_____. **O setor**: desenvolvimento da eólica no Brasil. São Paulo: ABEEólica, [s.d.]. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/energia-eolica/o-setor>>. Acesso em: 20 dez. 2023.

ABNT. **NBR 10151**: Acústica. Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019.

ALVES, Jose Jakson Amancio. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 6, n. 1, 2010.

AMARANTE, Odilon A. et al. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: MME; Eletrobras, 2001.

ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005.

AÖR, Fernanda. **Gestão do ambiente sonoro de parques eólicos**: alternativas para avaliação e mitigação do impacto acústico. 2014. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) — Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BURTON, Tony et al. **Wind energy handbook**. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.

CEMAVE; ICMBio. **Relatório de áreas de concentração de aves migratórias no Brasil**. 4. ed. Cabedelo: Cemave, 2022.

COASE, Ronald. The problem of social cost. **Journal of Law & Economics**, v. 3, p. 1-44, 1960.

CONAMA; IBAMA. Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, p. 2548-2549, 17 fev. 1986. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745>. Acesso em: 30 jan. 2024.

CONFESSOR, Sâmya L. M. et al. **Avaliação dos impactos ambientais gerados em empreendimento eólicos**. Rio de Janeiro: Brazil Windpower: [s.d.].

COSTA, Rafael Alves da; CASOTTI, Bruna Pretti; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias de. Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 229-278, mar. 2009.

CUNHA, Graziela Souza; SILVA, José Alderir; SILVA, William Gledson. Desenvolvimento Sustentável e a Energia Eólica no Brasil. **Revista de Economia Mackenzie**, v. 21, n. 1, p. 183-210, 2024.

FELIZOLA, Lobato. Como uma vila de pescadores precisou sumir do mapa para dar lugar a parque eólico no Ceará. 2024. **Mongabay**, 11 mar. 2024. Disponível em: <<https://brasil.mongabay.com/2024/03/como-uma-vila-de-pescadores-precisou-sumir-do-mapa-para-dar-lugar-a-parque-eolico-no-ceara>>. Acesso em: 29 maio 2024.

GALA, Paulo. A teoria institucional de Douglass North. **Revista de Economia Política**, v. 23, n. 2, p. 89-105, 2003.

GODE, Pankaj Ravindra. **How to design future wind farms to best mitigate their disturbance effects on birds?**. 2020. Master's dissertation. Department of Civil & Environmental Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland. February 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18138.36808>>. Acesso em: 27 ago. 2024.

GOUVÊA, Renato Luiz Proença de; SILVA, Paulo Azzi da. Desenvolvimento do setor eólico no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 49, p. 81-118, jun. 2018.

GWEC. **Global wind report**: annual market update 2017. Brussels: Global Wind Energy Council, 2017. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2020/11/GWEC_Global_Wind_2017_Report.pdf>. Acesso em: 31 nov. 2023.

_____. **Global wind report 2024**. Brussels: Global Wind Energy Council, 2024. Disponível em: <<https://gwec.net/global-wind-report-2024>>. Acesso em: 3 jun. 2024.

HOFSTAETTER, Moema. **Energia eólica**: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte. 2016. 176 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) — Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

LEITE, Alexandre César Cunha; PICCHI, Livia. Os impactos socioambientais resultantes da implantação e operação dos parques eólicos no estado da Paraíba. **RP3 — Revista de Pesquisa em Políticas Públicas**, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rp3/article/view/19168/22216>>. Acesso em: 25 fev. 2024.

LIMA, Diana Vaz de; VIEGAS, Waldyr. Tratamento contábil e evidenciação das externalidades ecológicas. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 13, n. 10, 2002.

LIMA, Lilian Oliveira et al. **Impactos ambientais na instalação de parques eólicos no Nordeste brasileiro**. Rio de Janeiro: Brasil Windpower 2017.

MACEDO, Luziene Dantas de. O estado da arte da geração de energia eólica no mundo: apresentação e discussão. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, Vitória da Conquista, v. 13, n. 21, p. 133-149, 26 jul. 2017. Disponível em: <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/ccsa/article/view/2104>>. Acesso em: 9 jan. 2024.

MAIA, Mozart Otávio Guedes et al. Direito à energia elétrica e potenciais impactos ambientais e sociais. In: BRANNSTROM, Christian; SEGHEZZO, Lucas; GORAYEB, Adryane (Org.). **Descarbonização na América do Sul**: conexões entre o Brasil e a Argentina. Mossoró: UERN, 2022. p. 249-273.

MARINHO, Rokátia Lorrany Nogueira; ALMEIDA, José Elesbão de; CARMO, Alessandro Fernando do. Externalidades socioambientais da energia eólica nos municípios de João Câmara e Parazinho (RN). **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 501-536, 2023.

MARTINS, Fernando Ramos; GUARNIERI, Ricardo André; PEREIRA, Enio Bueno. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1304.1-1304.13, 2008.

MEMÓRIA DA ELETRICIDADE. **Parque Eólico de Taíba**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <www.memoriadaeletricidade.com.br/acervo/31266/parque-eolico-de-taiba>. Acesso em: 4 dez. 2023.

MOREIRA, Roseilda Nunes et al. Energia eólica no quintal da nossa casa?!: percepção ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação de uma usina na comunidade de Sítio do Cumbe, em Aracati (CE). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 45-73, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/9773>>. Acesso em: 19 dez. 2023.

MOURA-FÉ, Marcelo Martins de; PINHEIRO, Mônica Virna de Aguiar. Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 9, n. 1, p. 22-41, jan. 2013.

PINTO, Lucía Iracema Chipponelli; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, 23 nov. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>>. Acesso em: 27 ago. 2024.

REIS, Joana Magda Vaz da Silva. **Comportamento dos geradores eólicos síncronos com conversores diante de curtos-circuitos no sistema**. 2013. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SAMUELSON, Paul. The pure theory of public expenditure. **Review of Economics and Statistics**, v. 36, n. 4, p. 387-389, 1954.

SILVA, José Alderir. Energia eólica no Brasil: avanços e desafios. **Princípios**, v. 42, n. 167, p. 179-202, 2023.

SILVA, Francisco Adilson da; HOFSTAETTER, Moema. Vozes dos territórios por uma transição energética justa e popular. **Le Monde Diplomatique Brasil**, 2 fev. 2024. Disponível em: <<https://diplomatique.org.br/transicao-energetica-justa-e-popular>>. Acesso em: 3 jun. 2024.

SILVEIRA, Stefano José Caetano. Externalidades negativas: as abordagens neoclássica e institucionalista. **Revista da FAE**, v. 9, n. 2, 2006.

SOARES, Wagner Lopes; PORTO, Marcelo Firpo. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, 2007.

SOUZA, Luciano Laignier de; CUNHA, Rafael Borges da; SANTOS, Mario Henrique Pereira. Análise da geração de energia eólica. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 44, p. 1-28, nov. 2013.

SOVERNIGO, Matheus Hobold. **Impacto dos aerogeradores sobre a avifauna e quiropterofauna do Brasil**. 2009. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

STIGLER, George J. Free riders and collective action: an appendix to theories of economic regulation. **The Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 5, n. 2, p. 359-365, 1974.

TAVARES, Paula Rodrigues. **Impactos ambientais na avifauna associados às transformações da paisagem no Parque Eólico Tramandaí (Rio Grande do Sul)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

TENDERO, Suzie. **Parques eólicos e impactos socioeconômicos e ambientais na percepção de agricultores em Osório (RS)**. 2013. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

TRALDI, Mariana; RODRIGUES, Arlete Moysés. O duplo caráter da despossessão na produção de energia eólica no semiárido brasileiro. **Espaço e Economia**, v. 12, n. 25, jul. 2023.

VARIAN, Hal. **Microeconomia**: uma abordagem moderna. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.