

Os Efeitos Adversos da Energia Eólica no Brasil: Uma Perspectiva Crítica

Graziela Souza Cunha¹
José Alderir da Silva²
William Gledson Silva³

Resumo

Na busca por um desenvolvimento sustentável e preservação dos recursos naturais, a energia eólica tem se mostrado, nos últimos anos, como uma alternativa viável para a transição energética renovável. No Brasil, esta fonte energética é ainda mais promissora em função da elevada disponibilidade de bons ventos em seu território nordestino. Contudo, apesar dos muitos benefícios associados a fonte de geração de energia eólica, estudos mostram que a implantação de seus parques pode produzir impactos sociais e ambientais. Diante deste 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 apontam que os principais impactos socioambientais detectados, desde a sua implantação até o seu funcionamento, consistem em: interferência na fauna e flora; produção de ruído; erosão, desmatamento e uso do solo; interferência eletromagnética, alteração na paisagem. Partindo desta premissa, é necessário que sejam realizados estudos para uma avaliação mais aprofundada acerca das externalidades negativas dos empreendimentos eólicos, de modo que o desenvolvimento desta 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

¹ Graduada em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa) e graduanda em Engenharia Civil na Ufersa, campus Angicos (RN). Membro do Grupo de Laboratório em Economia da Transição Energética. Bolsista de Iniciação Científica na Ufersa.

² 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 Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), lotado no Departamento de Engenharias (Denge). Líder do grupo de pesquisa “Laboratório em Economia da Transição Energética”.

³ Economista e cientista social. Bacharel e mestre em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). 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.

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 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 ser analisada com maior 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 na década foi um marco que ressaltou a vulnerabilidade das economias globais à dependência de combustíveis fósseis, especialmente o petróleo. Durante este período, os preços do petróleo aumentaram drasticamente devido a embargos e reduções na produção pelos 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 solar, eólica, hídrica, geotérmica e 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 escolhidas, o setor eólico tem se mostrado bastante promissor na diversificação da matriz energética mundial e suprimento dos combustíveis fósseis, 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 2759% no potencial eólico produtivo entre os anos de 2009 e 2022, onde produziram 0,6 e 25,6 GW de energia desta fonte, respectivamente. De acordo com Atlas (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 e as brisas terrestres e marinhas que incidem nas regiões do Nordeste e Sul do país. A expansão significativa dos parques eólicos nessas áreas demonstra o potencial e a eficácia dessa fonte energética no contexto brasileiro.

Diante deste cenário, a energia eólica mostra-se promissora na diversificação da matriz elétrica à nível mundial como uma das tecnologias de energias renováveis mais maduras, com potencial para contribuir com a transição energética, redução dos transtornos socioambientais causados pelos combustíveis fósseis e na busca por segurança energética firmada em energias limpas.

Por se tratar de uma energia renovável e não emitir gases poluentes na atmosfera, existe uma predisposição em considerar a energia eólica como de baixo impacto ambiental, conforme destaca Marinho et al. (2023). Contudo, mesmo sendo considerada como uma fonte alternativa, os desenvolvimentos de energia eólica não estão livres de impactos negativos ao meio ambiente e na comunidade em que estão inseridas.

Nesta perspectiva, considerando 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, guiadas 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 entender 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, 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 impostos sobre poluição, 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 impõe a terceiros que não estão 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.

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

Silveira (2006) mostra que esse é um conceito já consagrado nas mais diferentes áreas do conhecimento científico, que decorre da ideia de externalidades que se associam a ação individual capaz de repercussão nos demais agentes, cujos desdobramentos podem ser positivos ou negativos, a partir das consequências observadas naqueles indivíduos aos quais é imputado semelhante movimento.

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, a exemplo da contaminação de gêneros alimentícios, a água e/ou o 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 perpetram o mundo contábil das empresas, onde a interdisciplinaridade permite a instrumentalização analítica no sentido de evidenciar nuances gerenciais passíveis de influenciar na dinâmica de mercado das firmas, a exemplo das normas impostas a determinada atividade com alcance de elevação nos custos de produção e, conseqüentemente, impactando na lucratividade empresarial.

Ressalte-se, via de regra, que as externalidades antes mencionadas são compatíveis ao consagrado exemplo da firma siderúrgica e a empresa de pesca, onde o aumento na produção de aço gera efeitos negativos sobre o mercado pesqueiro, cuja repercussão implica na 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, isto é, quando não há certa regulamentação preventiva um agente pode fumar sem restrições, cuja consequência aponta para o desfavorecimento daqueles não fumantes e que sofrem com a fumaça do cigarro, estabelecendo dessa forma uma externalidade negativa.

Do ponto de vista positivo, uma ação capaz de gerar benefícios (externalidades) aos demais agentes decorrentes de determinada atitude individual, a rigor, semelhante movimento pode trazer ganhos sociais, podendo-se exemplificar com a criação de um jardim diminuidor de poluentes em certa localização, cuja consequência é a melhora das condições do ar a ser respirado pelos indivíduos.

Esses aspectos enfatizados, provavelmente, mostram nuances simples que reverberam socialmente e economicamente. Entretanto, há possibilidades de externalidades envoltas nas atividades diversas com a chamada internalização das externalidades, ou seja, Varian (2006) acentua que determinado cenário permite a internalização de semelhantes efeitos, como a consideração dos custos ambientais na precificação das penalidades aos eventuais transgressores das normas.

Portanto, casos similares aos efeitos dos agrotóxicos destacados por Soares e Porto (2007), por sua vez, internalizam externalidades imputadas aos alimentos e condições ambientais em geral, cuja circunscrição mencionada chancela haver eventuais consequências para a saúde humana e os próprios engendramentos nos preços dos gêneros agrícolas intercambiáveis nacionalmente e internacionalmente.

Assim, torna-se relevante mencionar um conceito bastante significativo em termos das consequências provenientes das externalidades, a saber: os custos de transação. Coase (1960) mostra a importância de observação de ônus no processo interativo socialmente, ou seja, as relações estabelecidas entre os indivíduos geram determinado conjunto de custos não

produtivos passíveis da oneração das firmas e, por conseguinte, demandam-se contratos para minorar tais implausibilidades.

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

Em suma, as reverberações econômicas do impacto ambiental trazem, necessariamente, impactos diversos, tanto na esfera econômica quanto no meio-ambiente, onde tais repercussões produzem, via de regra, implausibilidades decorrentes das externalidades negativas, a exemplo do aumento nos preços que reduzem a utilidade marginal dos agentes devido a uma menor cesta de bens consumíveis, as firmas com lucros tendencialmente inferiores, além dos problemas potenciais com questões de saúde pública e impertinências ambientais.

Acrescente-se, por extensão, que Gala (2003) sublinha haver na discussão institucionalista o pensamento central de Douglass North, cujo autor emblemático apresenta em seu corpo teórico diversos elementos relevantes imputados a esta discussão, onde se admite a existência de instituições enquanto regras do jogo e os jogadores são os agentes envolvidos no processo interativo socialmente, de sorte que tais instituições podem inibir a ocorrência das externalidades.

O argumento teórico relacional é factível, quer dizer, o dilema entre empresários do ramo siderúrgico e os ligados ao setor pesqueiro encontram tendencial acomodação dos interesses particulares na medida que regras são impostas, onde os agentes passam a interagir com novos contornos normativos, fixando limites a emissão dos poluentes, períodos possíveis ao desenvolvimento da atividade, dentre outros, circunscrevendo em contrato semelhantes desenhos orientadores e determinantes das diferentes práticas no terreno antes citado de modo exemplificador.

De fato, a perspectiva agrícola procedente de Soares e Porto (2007) permite constatar a ocorrência de impactos não desprezíveis nos recursos naturais a partir do emprego de agrotóxicos, em outras palavras, os problemas ambientais observados demandam a construção de instituições capazes da diminuição das consequências mencionadas, cujas repercussões implicam adicionalmente nas atividades produtivas como desdobramentos da aplicação de normas regulatórias.

Nesse sentido, os limites institucionais passíveis de imposição às atividades agrícolas a fim da redução das externalidades sobre o equilíbrio ambiental e saúde pública, na verdade, semelhante terreno restritivo influencia no volume da produção, pois a possível ocorrência de pragas com potencial de devastação das culturas agrícolas gera custos de transação no sentido do estabelecimento dos contratos de fornecimento para abastecimento alimentar por exemplo, cujas reverberações são consoantes aos movimentos institucionais, daí ser pertinente associar externalidades ao quadro institucional e custos de transação.

Adicionalmente, Stigler (1974) recupera a denominada teoria da regulação econômica a fim da solução do chamado problema do carona (*free riders*), onde o aspecto conceitual traz como elemento central o fato da existência de agentes que auferem benefícios sem o desembolso de unidades monetárias para tal, em outras palavras, o rateio antes mencionado é realizado pelos demais indivíduos e o carona é favorecido sem que tenha de pagar por semelhante atributo.

Antes, porém, Samuelson (1954) traz a discussão do significado de bem público, isto é, o autor mostra que semelhante prerrogativa conceitual diz respeito a um tipo de bem não rival e não excludente, de sorte que o custeio dessa tipologia de provisão proveniente do setor

público é financiado pelos tributos cobrados dos diferentes contribuintes presentes na sociedade.

Stigler (1974) então esclarece a procedência do comportamento *free rider*, em que os custos devem ser divididos pelos contribuintes, cuja preocupação é a repartição dos benefícios do bem público e a desproporcional garantia dos recursos para sua provisão, sendo uma externalidade bastante impertinente dado que mais usuários assimetricamente postados diante dos responsáveis pelo financiamento, a rigor, tal contexto produz desafios não desprezíveis.

Nesse sentido, a relação conceitual entre o comportamento do carona e as externalidades, semelhantemente ao já explorado custo de transação, na verdade, os esforços analíticos tentam demonstrar nuances não negligenciáveis da aplicabilidade do aspecto teórico aqui salientado, sendo bastante importante sua utilização presente nesta pesquisa, de sorte que a próxima da sequência ao desenvolvimento deste trabalho.

Diversos estudos apontam as externalidades positivas decorrentes da geração de energia eólica no Brasil, mas como qualquer forma de produção de energia, a energia eólica também pode gerar externalidades negativas, como impacto visual, ruído, impacto na vida selvagem, desequilíbrios contratuais, desvalorização imobiliária, mudanças estruturais entre outras que serão estudadas na quarta seção do presente trabalho. Na próxima seção, será descrito uma breve 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 (ALVES, 2006).

De acordo com Martins, Guarnieri e Pereira (2008), os primeiros vestígios de utilização de energia eólica remetem há mais de 3000 anos. No entanto, somente diante da crescente conscientização e necessidade de poupar combustíveis fósseis durante a Segunda Guerra Mundial, 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, com capacidade de geração de 1,25 MW conectada à rede elétrica local, como mencionado por Burton et. al. (2001). Todavia, de acordo com Costa, Casotti e Azevedo (2009) e Alves (2010), somente em 1976, após a crise do petróleo, que a primeira turbina eólica foi ligada a rede elétrica pública pela Dinamarca.

Depois de diversos testes de protótipos, no 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 deste evento, os parques eólicos do país se desenvolveram e os EUA permaneceram como líder 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 Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE e a Companhia Energética de Pernambuco – CELPE ao 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 70.000 litros de diesel por ano⁴.

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

⁴ Vide Gouvêa e Silva (2018).

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.

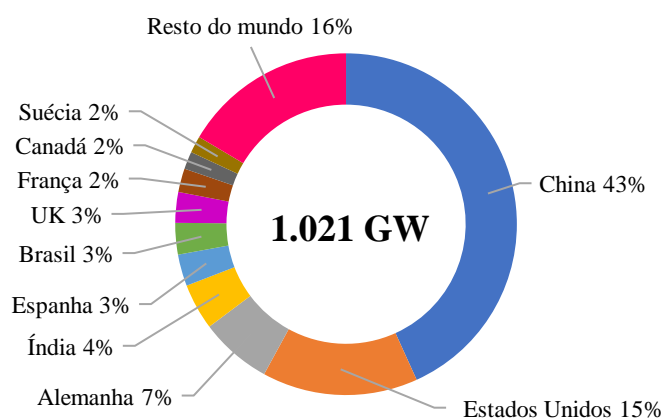
De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, em 2003 a energia eólica tinha contribuição ainda bem discreta na produção de energia elétrica do país, tendo em vista que, neste mesmo ano havia somente 6 pequenos parques eólicos em operação no Brasil, que conjuntamente, totalizavam a capacidade instalada de 22 MW. As centrais que mais se destacaram neste cenário foram os parques eólicos de Taíba e Prainha do estado do Ceará, que juntas somavam 68% do parque eólico nacional, com 5 e 10 MW de potência instalada, respectivamente, também em 2003 (ANEEL, 2005).

Diante deste 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, a um crescimento de 13% em relação ao ano anterior que produziu 906 GW. Da capacidade total instalada em 2023, 946 GW correspondem ao mercado eólico *onshore* (em terra) e 75 GW ao *offshore* (no mar)⁵.

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 da capacidade eólica global *onshore* e 37,8 GW do total de instalações *offshore* mundiais em 2023, se destacando no setor com a produção 43% de toda a energia eólica do mundo. Como observado na Figura 1, em segundo lugar, estão os Estados Unidos com a produção de 150,4 GW da capacidade global *onshore* adicionado à rede elétrica, o que corresponde a 15% da energia eólica mundial. O terceiro país no ranking eólico é a Alemanha com sua produção de 61,1 GW *onshore* e 8,3 GW *offshore*, somando ao todo 7% na contribuição global. Por sua vez, a Brasil aparece em 6º lugar no ranking com 30,45 GW de capacidade instalada *onshore* em 2023, com a geração de energia eólica se firmando como um dos setores mais fortes do país.

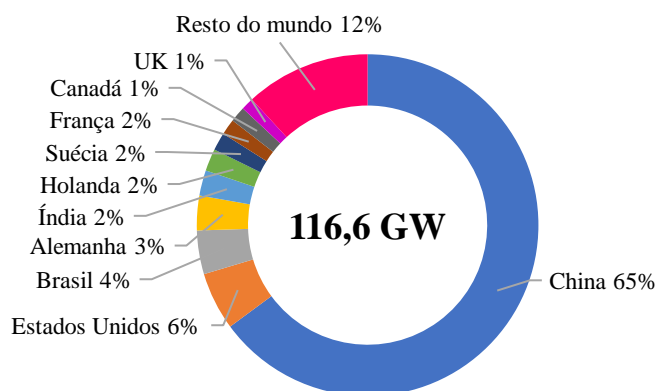
Figura 1 – Ranking dos principais mercados de energia eólica do mundo em 2023 (%).



Fonte: GWEC (2024).

Figura 2 – Nova capacidade de energia eólica em 2023 (%).

⁵ GWEC (2024).



Fonte: GWEC, 2024. Elaboração própria, 2024.

No que se refere às novas instalações, Figura 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% quando comparado ao ano de 2022, que acrescentou 77,6 GW à rede. Por sua vez, 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 em 2023 como o terceiro país que mais instalou eólicas no mundo, com 4% do total mundial. Em seguida vem a Alemanha com 3% e Índia com 2%, respectivamente. Ao todo, esses cinco países contribuem com 80% das novas instalações mundiais neste mesmo ano, sendo considerados os principais mercados do mundo para novas instalações em 2023.

No que tange à matriz energética brasileira, o país tem se destacado historicamente em relação ao resto do mundo devido à 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. A energia eólica, por sua vez, terminou o ano de 2022 com 904 parques em operação e 25,63 GW de potência eólica instalada, representando um aumento de 50% face a 2017, quando a capacidade instalada era de 13 GW e 508 parques. Em vista disso, o setor eólico ocupou o segundo lugar na produção de energia do país neste mesmo ano, 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; ABEEólica, 2022).

Para Silva (2023), o cenário promissor do setor eólico muito se deve aos fenômenos de circulação atmosférica dos alísios de leste e as brisas terrestres e marinhas que incidem sobre o território brasileiro, produzindo ventos persistentes de 5 m/s a 7,5 m/s nos litorais do Amapá e Pará (norte da Bacia Amazônica), e ventos ainda mais velozes de 6 m/s a 9 m/s nos litorais Nordesteiros 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 nesta região. Em vista disso, a Bahia se apresenta como líder na produção de energia eólica a nível 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 país neste mesmo ano. Em seguida vem o Piauí com 10,25 TWh (13,3%) e o Ceará com 6,32 TWh (8,2%), respectivamente. O quinto lugar foi ocupado por um estado do sul brasileiro, 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 neste 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 afirma 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 objetivo da próxima seção.

4. Energia Eólica e suas Externalidades Negativas

De acordo com a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental, define em seu Art. 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. (BRASIL, 1986, p. 1).

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 impactos socioambientais descritos a seguir: interferência na fauna e flora; produção de ruído; erosão, desmatamento e uso do solo; interferência eletromagnética; alteração na paisagem e aumento da dinâmica econômica local.

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), compreendem alterações na fauna e flora. Para a autora, estes efeitos acontecem principalmente em relação ao uso do solo e ao desenvolvimento 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 evidencia o aumento da vulnerabilidade da fauna e flora, incluindo a perda de habitat de diversas espécies. No Rio Grande do Norte, por exemplo, podemos citar as tartarugas marinhas, as arribaçãs e as 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 na avifauna. Com a instalação de usinas de energia eólica, surgem também preocupações ambientais nas comunidades circunvizinhas, uma vez que a instalação de aerogeradores provoca degradação do habitat, modificação dos locais de pouso, nidificação, reprodução, alimentação e rotas migratórias de algumas espécies. Para isto, 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 ao 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. A partir de um estudo realizado nos Parques Eólicos do Estado da Paraíba, foram identificadas que as consequências ambientais

causadas pela energia dos ventos envolvem: o desmatamento desenfreado para acomodação do parque e construção de estradas mais largas para tráfego de veículos grandes, seguida de perfurações de poços e redução dos recursos hídricos, além da mudança de rota dos pássaros e muitas mortes deles nas hélices das torres, diminuindo assim a fauna local (LEITE; PICCHI, 2019).

Para Marinho et al. (2023), a instalação de um empreendimento eólico em uma região causa alteração na sua 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, espécies que morrem bastante devido colisões nas pás da turbina.

Conforme aponta Governigo (2009), a avifauna de uma região é extremamente impactada com a instalação de um parque eólico. Seus efeitos vão desde a colisão com aerogeradores, redução e/ou exclusão do habitat disponível, choques nas linhas de transmissão, causando assim ameaça à reprodução destas espécies. Tavares (2020) afirma que o grau de impacto de um empreendimento eólico sobre as aves está diretamente relacionado a proximidade de um parque eólico em relação a áreas de repouso, ninho, alimentação e rotas migratórias destes animais avifaunísticos, uma vez que o fluxo é maior nestas regiões. Para Gode (2020) um parque eólico de grande porte, desde que localizado corretamente, pode gerar menos impacto que um parque eólico pequeno mal localizado.

Dentre todos os impactos, a morte de aves por colisão é a mais comum. Isto 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 coletores de energia. Todavia, os índices de mortalidade podem ter seus valores elevados 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 localizada no litoral de Camocim, no Ceará. Segundo o autor, a empresa francesa Siif Energies 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 não oferecesse impactos socioambientais e fosse aprovada no licenciamento ambiental. Esta modificação da realidade durante a elaboração do mapa da região permitiu que o empreendimento fechasse o único acesso dos moradores ao vilarejo, bem como houve o aterramento de lagoas interdunares, afetando assim a pesca durante o inverno, quando os peixes do mar são difíceis de serem capturados. Além disso, a construção do parque eólico também prejudicou o trabalho de mariscagem nas áreas de mangue da região, tendo em vista que os manguezais foram aterrados com areias dos cortes de dunas. Sendo assim, a população do refúgio Xavier, que era centrada na pesca artesanal, mariscagem e agricultura nas dunas úmidas sofreu com insegurança alimentar resultante da mudança do ecossistema local por parte do parque eólico.

4.2. Alteração Visual

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

A alteração paisagística causada pela presença dos empreendimentos eólicos pode ser motivada pelo tamanho e cor da estrutura, quantidade de torres, linhas de transmissão, estradas de acesso e subestações. Em vista disso, ao mesmo tempo em 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 descaracterização da paisagem podem afetar o turismo do estado, principal atividade econômica litorânea, locais que abrigam grande parte dos parques eólicos.

4.3. Emissão de Ruídos

Segundo Tendero (2013) e Hofstaetter (2016), a emissão de ruídos de uma usina eólica pode ter duas origens distintas: o ruído dinâmico é aquele em que sua produção acontece em decorrência do funcionamento das turbinas e engrenagens dos aerogeradores, já o ruído aerodinâmico é produzido pela passagem de ar pelas pás da turbina eólica.

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 a velocidade do vento da região, o que pode variar de uma localidade para outra, como aponta Santos, Cunha e Souza, (2013). Para Tendero (2013), o aumento da potência sonora emitida por um parque eólico causa desconforto auditivo e irritação nas pessoas. De acordo com Aör (2014) a principal consequência da exposição ao ruído se refere ao 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 que foram identificadas 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 de solicitação e exames de alta resolução, incessantes queixas de dores de cabeça, estresse, perturbações na vida e o sono das pessoas dessas localidades. Além da perturbação às pessoas das áreas de entorno de uma usina eólica, o ruído, conforme citado por Reis (2013), também é capaz de interferir no ciclo reprodutivo das tartarugas nas regiões litorâneas.

Em vista disso, existe no Brasil uma regulamentação sobre em que são estabelecidos os limites de níveis de pressão sonora aceitáveis em função dos tipos de áreas habitadas no período tanto do dia quanto da noite. Dessa maneira, a ABNT NBR 10151:2019 que versa sobre Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral, define o nível de critério para ambientes externos para áreas 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, relacionando-se de maneira equivalente a velocidade do vento nas pás do rotor.

4.4. Erosão e Desmatamento

Conforme afirmam os autores Moura-Fé e Pinheiro (2013), os impactos do processo de implantação e operação de aerogeradores que incidem 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, onde 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 mais destaque, uma vez que a retirada de vegetação para construção das bases eólicas, subestações, estradas de circulação e pátios de manobras fomentam processos erosivos e provocam 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.

4.5. Interferências Eletromagnéticas

As turbinas eólicas que compõem o conjunto de geração de energia dos ventos também têm o potencial de interferir nos sistemas de comunicação modernos através da emissão de sinais eletromagnéticos. Devido a este problema, os empreendimentos de energia eólica comprometem frequentemente os sistemas de transmissão e recepção de rádio, televisão e microondas, com sinal modificado em função da dispersão provocada pela rotação das pás.

De acordo com Pinto et al. (2017), a interferência eletromagnética produzida por um aerogerador pode advir de três componentes distintos: o gerador da turbina eólica, a torre e a rotação das pás, podendo variar conforme o material utilizado e das condições geográficas do local. Ainda segundo o autor, quando implantados nas proximidades de áreas residenciais, a interferência nos sinais de TV apresenta dificuldades para sua eliminação. No entanto, este impacto tem sido minimizado em função da substituição por pás modernas de material sintético, 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 et al., 2023). Desse modo, a interrupção ou perda na 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. Uso da terra

Um dos fatores que tem 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 função do cercamento por parte das empresas (MAIA, 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. Este fator provoca uma série de conflitos internos que vão desde a insegurança alimentar da região, bem como conflitos familiares pela impossibilidade de transmissão para herdeiros.

Dessa forma, o arrendamento de terras compromete a produção de alimentos por parte da agricultura familiar, tendo em vista que os proprietários de terras não podem mais utilizar suas terras para criação de animais e 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 nas áreas onde estão os parques eólicos, bem como proíbe a circulação da população nas novas vias de acesso que criaram, 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. Além disso, há casos de falta de transparência e clareza nas condições contratuais, levando a conflitos e insatisfações.

Traldi e Rodrigues (2023) observaram que nos contratos de arrendamento para geração eólica, em geral, há um considerável desequilíbrio contratual em desfavor 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 os valores 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

Dado o exposto, a preocupação com a segurança energética e diversificação da matriz elétrica vêm induzindo o grande incentivo e consequente crescimento da instalação de usinas eólicas no Brasil. Agraciado com a disponibilidade ventos potencialmente disponíveis, o Brasil tem sido privilegiado e se destacado mundialmente no processo de transição energética através da produção de energia eólica.

Neste cenário, a capacidade total instalada de energia eólica no Brasil apresentou crescimento relevante ao longo da última década, sendo, em 2023, o 6º 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 dos últimos anos.

Em vista disso, e energia eólica vem se mostrando como potencialmente atrativa para substituição dos combustíveis fósseis, contribuir para a segurança energética sustentável, para a redução de emissão de poluentes atmosféricos e lutar contra os efeitos do aquecimento global. Porém, mesmo sendo considerada como uma fonte limpa, sustentável e menos agressiva ao 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 que a população, a fauna e a flora estão expostas desde os processos que envolvem as etapas de implantação até o funcionamento dos parques de geração de energia eólica.

Dessa forma, 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 integra 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, portanto, a necessidade de um estudo prévio, planejamento adequado e comprometimento por parte das empresas, de modo que seja possível estabelecer medidas mitigadoras 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.

Referências

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim Anual de Geração Eólica 2017**. 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.

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim Anual 2022**. 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2023.

ABEEÓLICA (Brasil). **O Setor: Desenvolvimento da eólica no Brasil**. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/o-setor/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

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. Camargo do; BROWER, Michael; ZACK, John; DE SÁ, Antonio Leite. **Atlas do potencial eólico brasileiro**, Brasília: MME – Ministério das Minas e Energia / ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras, 2001.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005. 243 p.

AÖR, Fernanda. **Gestão do Ambiente Sonoro de Parques Eólicos: Alternativas para Avaliação e Mitigação do Impacto Acústico**. 2014. 82 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro, 2019. 25 p.

BURTON, Tony; SHARPE, David; JENKINS, Nick; BOSSANYI, Ervin. **Wind Energy Handbook**. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.

COASE, R. The Problem of Social Cost. *Journal of Law & Economics*, v. 3, p. 1-44, 1960.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – IBAMA. Ministério do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745. Acesso em: 30 Jan. 2024.

CONFESSOR, S. L. M.; MACHADO, J. W. F.; SOUZA, E. C. B.; COSTA, P. H. P.; DOCA, T. S. F. **Avaliação dos impactos ambientais gerados em empreendimento eólicos**. 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**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior: BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 229-278, mar. 2009.

CUNHA, G. S., SILVA, J. A., & SILVA, W. G. (2024). Desenvolvimento sustentável e a energia eólica no Brasil. *Revista de Economia Mackenzie*, 21(1), 183-210.

FELIZOLA, Lobato. **Como uma vila de pescadores precisou sumir do mapa para dar lugar a parque eólico no Ceará**. 2024. MONGABAY: Notícias ambientais para informar e transformar. 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, P. 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. **Unpublished**, [S.L.], 2020. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18138.36808>

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 ENERGY COUNCIL. **ANNUAL MARKET UPDATE 2017 - GLOBAL WIND REPORT**. 2017. Disponível em: https://gwec.net/wp-content/uploads/2020/11/GWEC_Global_Wind_2017_Report.pdf. 31 nov. 2023.

GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **GLOBAL WIND REPORT 2024**. 2024. Disponível em: <https://gwec.net/global-wind-report-2024/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

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

LEITE, A. C. C.; PICCHI, L. 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, D. V DE.; VIEGAS, W. 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**. Brazil windpower 2017. Rio de Janeiro, 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: 09 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. Cap. 12. p. 249-273.

MARINHO, Rokátia Lorrany Nogueira; ALMEIDA, José Elesbão de; CARMO, Alesxandro 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. 02, p. 501-536, 2023.

MARTINS, F.R.; GUARNIERI, R.A.; PEREIRA, E.B.. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 1304.1-1304.13, 2008. FapUNIFESP (SciELO).

MEMÓRIA DA ELETRICIDADE (Rio de Janeiro). **Parque Eólico de Taíba**. 2018. Disponível em: <https://www.memoriadaeletricidade.com.br/acervo/31266/parque-eolico-de-taiba>. Acesso em: 04 dez. 2023.

MOREIRA, Roseilda Nunes; VIDAL, Francisco Antônio Barbosa; VIANA, Andson Freitas; OLIVEIRA, Daniele Adelaide Brandão de. Energia Eólica no Quintal da Nossa Casa?! Percepção Ambiental dos Impactos Sociambientais na Instalação e Operação de uma Usina na Comunidade de Sítio do Cumbe em Aracati-CE. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S. l.], 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. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>.

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

Relatório de Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil. 4 ed. Cabedelo, PB: CEMAVE/ICMBio. 2022.

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

SILVA, J. A. (2023). Energia Eólica no Brasil: Avanços e Desafios. *Princípios*, 42(167), 179-202.

SILVA, Francisco Adilson da; HOFSTAETTER, Moema. **Vozes dos territórios por uma transição energética justa e popular**. 2024. LE MONDE diplomatique Brasil. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/transicao-energetica-justa-e-popular/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

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

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. 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. 01, n. 44, p. 1-28, nov. 2013.

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

STIGLER, G. 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 Tramandai – Rio Grande do Sul**. 2020. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, 2020.

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

VARIAN, H. Microeconomia: Uma Abordagem Moderna, 8 ed. Rio de Janeiro: **Campus**, 2006. 821 p.