

IMPACTOS AMBIENTAIS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS ONSHORE: REVISÃO DE LITERATURA

Tiago Bomfim Carvalho (Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU) E-mail: tiedali@hotmail.com

Daiane Barros Carvalho (Instituto Fernando Filgueiras) E-mail: dai.conceicao@hotmail.com

Resumo: A energia eólica obtém energia renovável através do vento e vem se mostrando uma fonte energética crescente no mundo. Por isso, se desponta o interesse dos respectivos impactos ambientais resultantes desse processo. Assim, com a finalidade de contribuir com a discussão sobre este tema, o presente estudo visa avaliar os impactos ambientais causados sobre a fauna e flora na implementação de parques eólicos onshore. Trata-se de um estudo de revisão da literatura e descreve sobre as implicações ao ecossistema com a introdução de parques eólicos. Apesar de considerada uma energia “limpa”, é necessário estimar as repercussões destes empreendimentos sobre a vida vegetal e animal. Que vão desde a emissão de ruído pelas hélices das torres podendo causar perturbações sonoras a humanos e animais, interferência nas rotas de aves e colisões, modificação da paisagem natural e danos aos sistemas ambientais litorâneos. Desta forma, ao conhecer tais repercussões estes impactos ambientais podem ser reduzidos por meio de planejamento do futuro da geração eólica, considerando aspectos de conservação da natureza.

Palavras-chave: Meio ambiente, Implicação Ambiental, Energia Eólica e Empreendimento Eólico.

ENVIRONMENTAL IMPACTS IN THE IMPLEMENTATION OF ONSHORE WIND FARMS: LITERATURE REVIEW

Abstract: Wind energy obtains renewable energy through the wind and is proving to be a growing energy source in the world. Therefore, interest in the respective environmental impacts resulting from this process is emerging. Therefore, in order to contribute to the discussion on this topic, the present study aims to evaluate the environmental impacts caused on fauna and flora in the implementation of onshore wind farms. This is a literature review study and describes the implications for the ecosystem with the introduction of wind farms. Despite being considered “clean” energy, it is necessary to estimate the repercussions of these projects on plant and animal life. These range from the emission of noise from tower propellers, which can cause noise disturbances to humans and animals, interference with bird routes and collisions, modification of the natural landscape and damage to coastal environmental systems. In this way, by knowing these repercussions, these environmental impacts can be reduced by planning the future of wind generation, considering aspects of nature conservation.

Keywords: Environment, Environmental Implication, Wind Energy and Wind Enterprise

1. Introdução

A geração de energia se dá de forma renovável e não renovável. As energias não renováveis são oriundas de recursos naturais que não se renovam e, portanto, esgotáveis. As energias renováveis são aquelas que se regeneram espontaneamente, sendo consideradas energia limpa e contendo baixos impactos sobre o meio ambiente, sendo uma delas a energia eólica. Conforme Goldemberg; Lucon (2007) nos parques eólicos a energia elétrica é gerada a partir da movimentação dos ventos, por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, através das turbinas, também chamadas de aerogeradores.

Países que se encontram numa rota climática favorável podem ser uma alternativa para construção dos parques. Cada país possui suas políticas e critérios legais para esse processo. Para Silva (2015), o Brasil, possui um grande potencial eólico, pelas condições climáticas do território que propiciam produção de energia gerada pelos ventos. Climas quentes e úmidos são adequados para a criação de ventos fortes e configuram uma das principais vantagens do país para o investimento de tecnologias no setor eólico.

Atualmente, segundo a FAPESP (2023), um dos grandes desafios globais trata-se em suprir a necessidade energética mundial sob o escopo da sustentabilidade. Os combustíveis fósseis causam diversos problemas ambientais, como emissão de gases poluentes à atmosfera, contribuindo, por exemplo, para o aumento do efeito estufa. A combustão de gás natural, petróleo e carvão gera emissão de dióxido de carbono que impactam diretamente para a poluição da atmosfera. Neste contexto, Pinto; Martins e Pereira (2017), ressalta que temas relativos a degradação do meio ambiente e às mudanças climáticas vem tomando espaço nas discussões científicas e governamentais em todo o mundo. E, a energia eólica é uma promissora alternativa para redução dessa desestabilização energética decorrente tanto da escassez de recurso hídrico como do crescimento da emissão de gases poluentes. A energia renovável vem para suprir as demandas indústrias, Moreira (2013, p.47) conforme o Relatório Especial sobre Fontes de Energia Renovável diz que, “o mundo terá de triplicar a participação das energias renováveis, na matriz, até 2035, então com o risco de insuficiência dos recursos naturais não renováveis, cresce cada vez mais a introdução de novas tecnologias”. Nesse cenário, é relevante estimar os impactos na vida animal e vegetal decorrente da construção de parques eólicos, afim de gerenciar riscos e benefícios da energia produzida pelos ventos.

Segundo Meyer (2014), a construção de parques eólicos pode acarretar na alteração do ambiente de sua ocupação, transformando a vida de plantas e animais, que por vezes se adaptam a presença desta tecnologia e comungam o no mesmo sentido de preservação do planeta, contudo existem relatos de que as usinas eólicas implicaram em morte de animais e trouxeram outras consequências negativas na vida dos seres vivos.

Este estudo propõe uma revisão da literatura dos efeitos sobre a vida dos seres vivos, da fauna e flora com a introdução de parques eólicos no meio ambiente, a fim de contribuir com a discussão sobre desenvolvimento eólico de maneira que se observe a importância da preservação ambiental, em um cenário pautado pela importância da utilização dos recursos inesgotáveis como solução para a conservação da vida humana.

Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar os impactos ambientais causados sobre a fauna e flora na implementação de parques eólicos onshore. E, objetivos específicos: verificar quais as principais espécies atingidas na construção de aerogeradores e identificar a influência da implantação de complexos eólicos sobre o ecossistema.

2. Fundamentação teórica

O A energia eólica tem a sua contribuição significativa para a sociedade, pois não há processos de combustão na sua geração, não havendo dessa forma, emissão de gases poluentes como o material particulado ou óxidos de enxofre e menos ainda, gases contribuintes para o efeito estufa (GEE). No entanto para Confessor (2019), é possível observar preocupações ambientais associados a fauna, flora e uso do solo.

Oliveira (2014) e Confessor (2019), concordam que embora a energia eólica promova benefícios quando comparada a outras fontes energéticas, existe uma variedade de implicações que não se pode perder de vista. A operação dos parques afeta os âmbitos físicos, sociais e ambientais, modificando rotas das comunidades, aéreas e de animais, interferência nas atividades de subsistência da população, gerando poluição sonora, desequilíbrio ecológico e geofísico, mudanças visuais sobre o paisagismo e alteração na circulação de ar pelas turbinas o que pode vir a afetar o clima local e gerar micro-climas.

A mudança de fisionomia de uma região está associada às suas características físicas, traduzida na combinação local dos elementos naturais, humanos e toda carga cultural da região. Porém, o impacto visual é subjetivo por natureza, não podendo ser medido e suas interpretações mudam com o tempo e variam com a localização. Na pesquisa desenvolvida por Confessor (2019), parte

dos entrevistados visualizam as turbinas eólicas como um símbolo de energia limpa e avanço tecnológico, outras reagem negativamente à nova paisagem. Nos arredores de um parque no nordeste brasileiro Lima (2017), mostrou que 70% das pessoas não consideram este efeito visual um aspecto negativo da fonte eólica.

O ruído produzido pelas turbinas eólicas é uma fonte de poluição sonora que ocorre pela interação aerodinâmica entre as pás e os ventos e do funcionamento de partes mecânicas das turbinas. Qu e Tsuchiya (2021) e Crichton, et al. (2014) ressaltam que, os aerogeradores modernos tem praticamente eliminado o ruído acústico através do isolamento acústico da nacelle, portanto o ruído aerodinâmico é o maior contribuinte. E, a emissão de ruídos vem reduzindo gradativamente à medida que tais máquinas são aperfeiçoadas, mas ainda há pesquisadores que defendem a ideia de que tal barulho pode ser prejudicial aos seres humanos e perturbar animais dessas regiões.

Como afirma Wang (2012), o desmatamento proveniente da construção dos parques, promove a supressão da vegetação para criação de estradas que permitem o trânsito de tratores e caminhões, a abertura desses acessos gera grande movimentação de terra provocando soterramento da vegetação, danificando a vegetação nativa e a estrutura do solo existente.

As turbinas eólicas provocam alguns impactos na vida das aves, que vão desde a mortalidade por colisão, mudança de hábitos migratórios, alimentícios e de reprodução, e a redução de habitats, como visto por Confessor, et al. (2019). Nesse sentido, Silva, et al. (2015) corrobora a necessidade de uma avaliação detalhada do local de escolha para a implementação, assim como um contínuo monitoramento. Para que os projetos sejam aprovados, são necessários estudos e licenças ambientais que culminam na inspeção da região.

Em virtude dos choques envolvendo as aves nas pás das turbinas, a Força aérea Brasileira (FAB) (2015, p.1) recomenda: “as turbinas eólicas devem ser pintadas de branco, com marcações em laranja ou vermelho. É preciso haver iluminação específica, definida de acordo com a altura de cada torre. Além disso, uma iluminação delimitará a área de todo o parque eólico”.

Apesar da energia eólica ser considerada uma matriz energética "limpa", faz-se necessário compreender e ampliar os conhecimentos de sua influência sobre a biodiversidade. O estudo proposto irá corroborar para análise de questões de responsabilidade ambiental nas fases de implementação e operação de um parque eólico Onshore.

3. Metodologia

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura sobre os impactos ambientais na implementação de Parques Eólicos Onshore. A pesquisa possui natureza qualitativa e descritiva. E, portanto, construída por meio de um processo de levantamento de dados, análise e descrição de publicações científicas sobre o tema proposto.

Foram revisadas as seguintes bases de dados eletrônicas: Pubmed e SciELO - Scientific Electronic Library Online. A elaboração desta pesquisa foi estruturada a partir da busca dos seguintes descritores e operadores booleanos em inglês e português, respectivamente: wind farm AND environment; meio ambiente e parques eólicos; impactos ambientais e parques eólicos.

A busca foi feita por meio das palavras encontradas nos títulos, assuntos e resumos dos artigos e documentos identificados. O tempo estimado da busca foi entre os meses de março a abril de 2023 e os filtros utilizados foram: seleção dos idiomas em português e inglês e publicações dos últimos 10 anos.

Foram considerados como critérios de elegibilidade estudos que abordassem os impactos ambientais sobre a fauna e flora na implementação de parques eólicos onshore. E, excluídos aqueles que apresentaram as seguintes características: assuntos não relacionados à temática;

estudos indisponíveis na íntegra; que não especificasse quais impactos sobre a fauna e flora; revisões de literatura/ sistemática; descrevessem outras formas de impactos ambientais e repercussões ambientais dos parques eólicos offshore.

O procedimento de amostragem será não probabilística por conveniência, pois será obtida a partir dos estudos encontrados que mensurem os impactos causados ao meio ambiente pelos complexos eólicos. Amostra será a fauna flora afetada pelos parques eólicos onshore.

Os instrumentos serão coletados a partir de dados secundários, documentos disponíveis nas bases de dados Pubmed e SciELO, tais como: artigos científicos internacionais ou nacionais, relatórios, livros, teses, dissertações, anais de conferências, ensaios e estudos originais. Desta forma, pretende-se extrair dados, analisá-los e descrever os aspectos ambientais que são alterados, modificados e aperfeiçoados com a construção dos parques eólicos.

4. Resultados e discussão

A pesquisa inicial identificou 441 registros publicados nas referidas bases de dados, dos quais 391 foram excluídos pelo título, sendo selecionados 55 artigos. Destes, 27 foram excluídos após a leitura do resumo. Vinte e oito artigos foram lidos na íntegra e analisados, sendo que desses, nove foram excluídos por não contemplarem os critérios de inclusão, resultando dezoito artigos que compuseram esta revisão, conforme mostra a Figura 1:

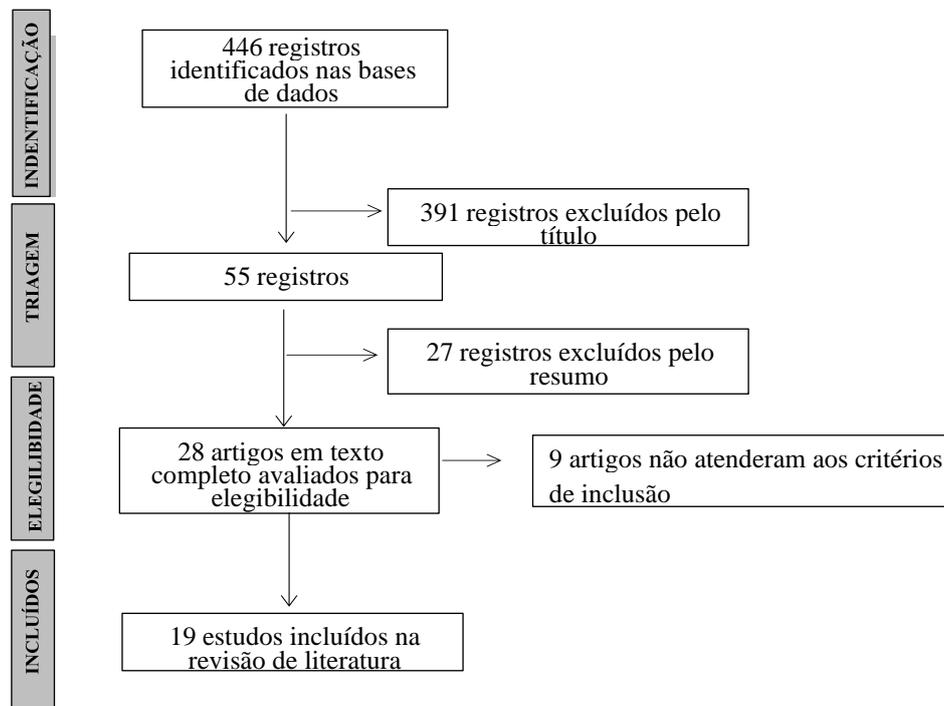


Figura 1. Diagrama de fluxo da pesquisa

De modo geral os estudos que compuseram essa pesquisa bibliográfica abordaram as seguintes conclusões sobre os impactos ambientais conforme Tabela 1: Aves: risco de colisão; alteração do comportamento vocal de pássaros; propostas de mitigação, locomoção e velocidade; evitação e diversidade. Morcegos: risco de colisão; atividade; atração e propostas de mitigação. Modificação de aspectos sobre a vida animal terrestre. Redução da flora nativa alteração na carga fluvial.

Tabela 1 - Análise dos artigos por desfecho

AUTOR/ ANO	TÍTULO	DESFECHOS PRINCIPAIS
Agnew et al. 2016	Wind turbines cause chronic stress in badgers (Meles meles) in great britain	Nível de estresse
Balotari-Chiebao, et al. 2016	Post-fledging movements of white-tailed eagles: Conservation implications for wind-energy development	Estratégia de Mitigação
Catasús, et al. 2022	Wind farm noise shifts vocalizations of a threatened shrub-steppe passerine	Alteração na Vocalização
Costa et al. 2019	Impactos Socioeconômicos, Ambientais e Tecnológicos Causados pela Instalação dos Parques Eólicos no Ceará	Alterações na floral
Fielding et al. 2021	Non-territorial GPS-tagged golden eagles <i>Aquila chrysaetos</i> at two Scottish wind farms: Avoidance influenced by preferred habitat distribution, wind speed and blade motion status	Evitação
Foo et al 2017	Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines	Atração
Gradolewski, et al. 2017	Comprehensive Bird Preservation at Wind Farms	Estratégia de Mitigação
Guzzi, et al. 2015	Composição e dinâmica da avifauna da usina eólica da praia da Pedra do Sal, Delta do Parnaíba, Piauí, Brasil	Diversidade
Heal et al. 2020	Wind farm development on peatlands increases fluvial macronutrient loading	Alterações fluviais
Jenkins et.al 2018	Combining radar and direct observation to estimate pelican collision risk at a proposed wind farm on the Cape west coast, South Africa	Colisão
Käm et al. merle 2021	Environmental and seasonal correlates of capercaillie movement traits in a Swedish wind farm	Locomoção e velocidade
Kruszynski, et al. 2022	High vulnerability of juvenile <i>Nathusius' pipistrelle</i> bats (<i>Pipistrellus nathusii</i>) at wind turbines	Colisão
Kumara, et.al 2022	Responses of birds and mammals to long-established wind farms in India	Colisão e Diversidade
Lehnert, et al 2014	Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far	Colisão
Lopucki; Klich; Gielarek, 2017	Do terrestrial animals avoid areas close to turbines in functioning wind farms in agricultural landscapes?	Áreas funcionais
Lopucki; Mróz, 2016	An assessment of non-volant terrestrial vertebrates response to wind farms—a study of small mammals	Diversidade
Marques, et al. 2019	Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds	Evitação
Richardson, et al 2021	Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats	Atração e Estratégia de Mitigação

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Sabe-se que as turbinas eólicas podem representar uma ameaça a pássaros por risco de colisão e morte por consequência. Num estudo indiano, desenvolvido ao longo de dois anos investigou a taxa de mortalidade de aves devido à colisão com turbinas eólicas. De acordo com as regiões selecionadas, Kumara, et.al (2022) realizavam buscas entre 124 a 144 dias, as carcaças de diversas aves foram encontradas entre 2 e 118 m de distância da base do aerogerador. A taxa de mortalidade animal calculada foi de 0,26 animal/turbina eólica/ano. Considerado pelo estudo baixa mortalidade aviária, porém justifica-se que o deslocamento e a perda de habitat poderiam ser as razões deste índice. Certas espécies tendem a evitar as imediações dos parques eólicos para se alimentarem, nidificarem e empoleirarem-se durante a instalação e operação. Em contrapartida, em estudo desenvolvido na África do Sul o risco de colisão de turbinas do grande pelicano branco por Jenkins et.al (2018), essa população esteve exposta ao risco de colisão a uma taxa média de 2,02 voos de alto risco.h -1. O risco limitou-se às horas do dia, sendo maior durante o meio do dia e em condições de fortes ventos noroeste e as taxas médias de mortalidade previstas foi de 22 fatalidades.ano -1. Esse maior índice pode ser decorrente do fato de que aves de grande porte com baixa capacidade de manobra levam geralmente a maior risco de colisão com estruturas.

Para além do risco de colisão, algumas espécies podem ser mais afetadas que outras, Thaxter, et al., 2017, p.5 mostrou: “os Accipitriformes (aves de rapina) tiveram as maiores taxas de colisão. Entre outras, os Bucerotiformes (calaus e poupas), os Ciconiformes (cegonhas e garças) e alguns Charadriiformes (aves limícolas) também eram vulneráveis, mas notavelmente muitas aves aquáticas (por exemplo, Anseriformes) não se mostraram vulneráveis”.

Com o objetivo de prever a mortalidade por colisão de abutres-cinzentos em parques eólicos operacionais no sudeste da Europa, já ameaçados de extinção e a única população desta região, Vasilakis, et al. (2022), propuseram um Modelo de Risco de Colisão (CRM) e concluíram que, num cenário mais favorável, se a operação deste empreendimento não excedesse a meta nacional para o aproveitamento do vento na área de estudo (960 MW), a mortalidade acumulativa por colisão ainda seria elevada (17% da população atual) e provavelmente levaria ao desaparecimento desta espécie. Esses achados fomentam a magnitude da discussão entre o desenvolvimento de parques eólicos industriais em grande escala e seus possíveis conflitos nos impactos ambientais para a vida selvagem e do ecossistema.

Na tentativa de mitigar o impacto por colisão de aves, Gradolewski, et al. (2017), propõem uma solução baseada em um sistema de visão estéreo, que após a detecção de uma ave em uma zona definida, o sistema de tomada de decisão aciona uma rotina anti-colisão composta por dissuasores luminosos e sonoros e o procedimento de parada da turbina. A identificação das aves é realizada por meio de algoritmos de inteligência artificial. O sistema testado neste artigo mostrou-se confiável para detecção, localização e classificação das aves. Contudo, os autores sugerem aprimoramentos do sistema em pesquisas futuras, como de avaliações mais sistematizadas em diferentes condições climáticas; um algoritmo de rastreamento para antecipar as trajetórias de voo das aves e diminuir as paradas desnecessárias da turbina e a implementação de filtros para melhorar a precisão das aves.

Outro impacto para o reino animal é o ruído gerado pelas turbinas eólicas, que podem levar a alteração do comportamento vocal de pássaros. Os animais dependem das vocalizações para transmitir e receber informações biologicamente relevantes. Tais vocalizações podem sofrer ajustes (plasticidade vocal) e adaptações (mudanças evolutivas) que permitem essas espécies superar modificações no ambiente. Catasús, et al. (2022) avaliaram a cotovia de Dupont *Chersophilus duponti*, uma espécie ameaçada de extinção e altamente dependente da comunicação acústica. Baseados em gravações de 49 machos cantando e cantando expostos a um gradiente de nível de ruído de turbina (de 15 a 51 dBA). Os resultados mostraram que as

espécies desenvolvem uma plasticidade fenotípica e ajustaram suas vocalizações em resposta ao ruído das turbinas eólicas, aumentaram a emissão de assobios mais complexo (com maior número de notas) e mudaram a nota dominante (ênfatizando a nota mais longa e mais aguda). Portanto, os projetos eólicos devem atentar-se para avaliação das consequências da exposição de ruído para esses animais e buscar soluções para a criação de máquinas mais silenciosas.

A locomoção e velocidade de aves são características essenciais dos sistemas biológicos, essa concepção dinâmica leva as aves a tomarem decisões comportamentais podendo influenciar no ecossistema. Tais variáveis não são aspectos triviais, mas regem a interação das atitudes de um animal com seu ambiente. Nesse sentido, Kämmerle et al. (2021), estudaram características de movimento de 13 tetrazes (*Tetrao urogallus*), uma espécie de ave florestal principalmente terrestre, durante duas temporadas de verão em um parque eólico sueco, usando dados de rastreamento GPS de alta resolução. A velocidade de movimento do tetraz foi significativamente relacionada à visibilidade das turbinas eólicas e à distância até as estradas de acesso às turbinas, mas não à sombra das turbinas. Os animais moviam-se mais lentamente quando mais turbinas eram visíveis, essa pode ser uma estratégia conhecida para evitar predadores.

Manter distância dos empreendimentos eólicos também tem sido um comportamento observado no reino animal. Dois estudos dessa revisão, testaram essa hipótese através do monitoramento por GPS. Em águias douradas na Escócia e em pipas pretas (*Milvus migrans*) no Estreito de Gibraltar. Fielding et al. (2021) e Marques et al. (2019), verificaram que a evitação dos parques por esses animais é um impacto adverso substancial e leva a perda do seu habitat funcional. Após o início da operação desses parques as águias marcadas com GPS evitaram de forma significativa quando comparado antes da operacionalização dos parques. E as pipas evitaram as áreas de até aproximadamente 674m de distância as turbinas eólicas.

Na Finlândia, a águia de cauda branca (*Haliaeetus albicilla*) está listada como espécie vulnerável na Lista Vermelha Nacional. Concomitante a esse cenário, no ramo na energia eólica, a meta é atingir uma produção anual de ca. 9TWh até 2025 (Estratégia Nacional de Energia e Clima 2013). Estima-se para todo o país, a implantação de mais de 4000 turbinas (principalmente ao longo da costa). Justamente, local de reprodução da das águias-de-cauda-branca (80-90%). Por isso, Balotari-Chiebao et al. (2016) monitoraram os movimentos de 14 águias de cauda branca desde o nascimento até o início da dispersão da área natal. E, a pesquisa sugere que quanto mais perto do ninho uma turbina for implantada, maior será o risco deste animal nesta fase visitar a sua vizinhança. Implementar turbinas mais distantes desses ninhos, podem contribuir para a conservação dessa espécie.

Uma publicação brasileira de Guzzi, et al. (2015) caracterizaram a composição e dinâmica das espécies de aves residentes e migratórias presentes numa usina eólica no Piauí. E, o resultado da diversidade encontrada foi de 6.843 aves pertencentes a 67 espécies distribuídas em 27 famílias e 16 ordens. A maioria das espécies registradas foi composta por espécies residentes, com contundente demarcação territorial, e com predomínio das pertencentes a ordem Charadriiformes. Todavia, quando analisaram o risco de colisão, durante o período amostral (setembro de 2011 a agosto de 2013) não foram observadas colisões de aves com os aerogeradores. Acredita-se que muitas aves observadas se adaptaram a presença das torres, como *Cathartes aura*, *Caracara plancus* e muitas espécies de Charadriiformes que sobrevoaram paralelamente à linha dos aerogeradores, se ajustavam voando perpendicularmente, ou faziam voos mais altos, ou abaixo das paletas, o que pode justificar o baixo impacto direto nessas estruturas. Por outro lado, Kumara et.al (2022), nos parques indianos concluíram que a abundância e diversidade médias de aves de rapina foram 1,3 vezes maiores nos locais de controle em comparação com os locais de turbinas eólicas.

Segundo a BBC News Brasil, as torres para geração de energia eólica podem representar uma ameaça também para as populações de morcegos. Como parte integrante do reino animal, os morcegos são predadores de insetos noturnos, entre os quais, espécies que destroem colheitas e florestas por exemplo. O pesquisador, Gary Mccracken, da universidade do Tennessee em Knoxville, afirma: “sem os morcegos, a produtividade das colheitas é afetada. As aplicações de pesticidas aumentam. As estimativas claramente mostram o imenso potencial dos morcegos de influenciar a economia da agricultura e das florestas”.

Estudos vem se concentrado no sentido de avaliar esses danos na cadeia animal. O morcego Noctule (*Nyctalus noctula*), vitimados nas instalações eólicas alemãs, de acordo com Lehnert et.al (2014) eram tanto de origem local como migrantes de longa distância. Mostrando que esse impacto pode afetar as populações locais e distantes. E, uma proporção relativamente alta de fêmeas mortas foram registradas entre animais migratórios, enquanto mais juvenis do que adultos foram registrados entre morcegos mortos de origem local. Tais conclusões corroboram com uma publicação mais atual desenvolvido por Kruszynski et.al (2022), comparam as características das *Pipistrelles* de *nathusius* (*pipistrellus nathusii*) mortas em turbinas eólicas ($n = 119$) com as observadas dentro da população viva ($n = 524$) durante o período de migração de verão na Alemanha. Os morcegos jovens foram encontrados em maior proporção de carcaças nas turbinas eólicas. Entretanto, diferente do morcego noctule descrito no artigo anterior, não houve evidências de aumento da vulnerabilidade entre os sexos, mas havia uma proporção maior de fêmeas do que de machos entre as carcaças e a população viva.

Nos parques eólicos britânicos, mais de 50% das mortes de morcegos são da espécie *P. Pipistrellus*. Segundo Richardson et.al (2021), essa espécie representa 91% de toda a atividade ao redor das turbinas (*P. Pipistrellus* 66% e *P. Pygmaeus* 25%). A movimentação para *P. pipistrellus* foi 37% maior nas turbinas (4,95% ci 2–7) em comparação aos controles (3,95% ci 1–5). Esses dados remetem o autor a propor uma mitigação operacional (minimizando a rotação das pás em períodos de alto risco de colisão) como uma finalidade eficaz para reduzir os impactos por colisão.

Diferentemente do comportamento das aves que evitam as torres eólicas, as pesquisas mostram eu os morcegos se sentem atraídos por elas. Algumas hipóteses têm sido levantadas para explicar esse fenômeno. Foo et.al (2017), conduziram um estudo para investigar a hipótese de atração de forrageamento em uma instalação eólica no sul das Grandes Planícies, nos EUA, de 2011 a 2016. Usaram técnicas de código de barras de DNA para entenderem a composição da dieta de morcegos. Analisaram Oconteúdo estomacal de 47 carcaças de morcego vermelho oriental (*Lasiurus borealis*) e 24 morcegos grisalhos (*Lasiurus cinereus*) e conteúdos fecais de 23 morcegos vermelhos orientais que foram encontrados em torres de turbinas. E, observaram que a maioria dos morcegos encontrados os estômagos estavam cheios ou parcialmente cheios, indicando que provavelmente foram mortos enquanto procuravam alimentos. Quando foi comparado os insetos presentes nas turbinas com os resultados da análise da dieta dos morcegos, concluiu-se que os insetos mais abundantes nas turbinas eólicas, tais como grilos e várias pragas importantes nas colheitas, também eram comumente consumidos pelos morcegos vermelhos e grisalhos orientais. Essa hipótese confirma que os morcegos se alimentam de insetos ao redor ou presentes nas turbinas podendo ser esse um dos motivos que essas espécies não evitem essas estruturas.

A maioria das publicações se concentram nos impactos ambientais sobre aves e morcegos, conforme exposto no gráfico 1, porém poucos se debruçam sobre a vida animal terrestre. Por isso, Agnew et.al (2016), desenvolveram um interessante trabalho que dosou o nível de cortisol em texugos (*Meles meles*) que vivem em tocas das proximidades de parques na Grã-Bretanha. A escolha desse animal se deu porque são mamíferos adequados para avaliar alterações

fisiológicas, residem em habitats onde as turbinas são construídas e têm um alcance auditivo semelhante ao dos humanos. Sabe-se que, os ruídos gerados pelas instalações eólicas afetam tanto humanos como a vida selvagem terrestre. Para avaliar o stress desses animais, foi dosado os níveis de cortisol. Um aumento prolongado deste hormônio pode levar a uma grave supressão do sistema imunológico e pode afetar a reprodução. Em humanos, foi registrado que uma resposta exacerbada leva a uma suscetibilidade à infecção. E, o resultado mostrou que os texugos que viviam a menos de 1 km de um parque eólico apresentavam um nível de cortisol 264% mais elevado do que os dos texugos a mais de 10 km de um parque eólico, demonstrando um estado fisiologicamente estressados neste mamífero.

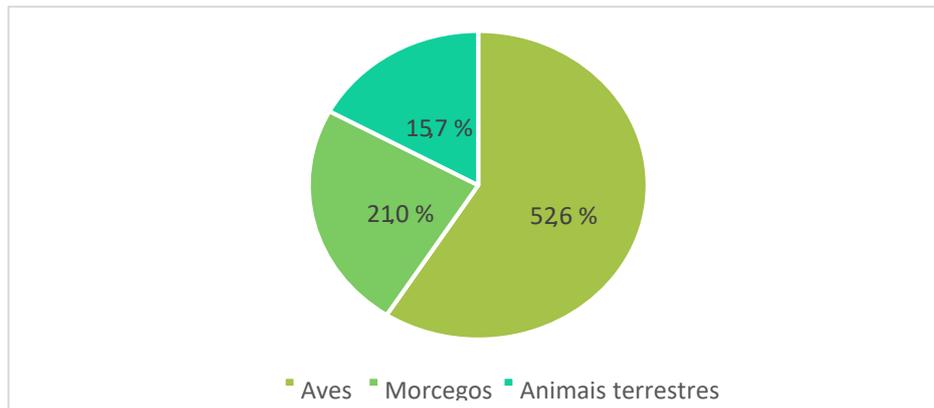


Gráfico 1. Impactos ambientais sobre a fauna.

Neste outro artigo que compõe essa revisão, Lopucki; Klich e Gielarek (2017) estudaram a utilização de áreas funcionais de parques eólicos por quatro animais terrestres comuns em paisagens agrícolas: o corço europeu (*Capreolus capreolus*), a lebre europeia (*Lepus europaeus*), a raposa vermelha (*Vulpes vulpes*) e o faisão comum (*Colchicus*). Os mamíferos herbívoros (corços e lebres europeias) evitavam o interior dos parques, mais do que os locais de controle, provavelmente pelos efeitos fisiológicos do ruído e o prejuízo da capacidade auditiva em ouvir os predadores que se aproximam. O faisão comum mostrou uma reação contrária aos mamíferos herbívoros, visitaram mais as turbinas do que nas regiões de controle, mostrando que não houve impacto sobre essa ave galiforme, possivelmente pela menor pressão dos predadores aviários e a disponibilidade de gastrólitos perto das bases das turbinas. E, a raposa vermelha teve a resposta mais neutra às turbinas eólicas.

Lopucki e Mróz (2016) quando analisaram uma comunidade terrestre de pequenos mamíferos (roedores e musaranhos), viram que a riqueza de espécies de pequenos mamíferos encontrados nas turbinas eólicas e nos locais de controle foi de 12 e 11 espécies, respectivamente. E, estas medianas não representaram um valor estaticamente significativamente ($Z = 0,38$, $p = 0,7$).

Não foi possível estabelecer comparações diretas entre os estudos sobre animais terrestre, pois possuíam diferentes objetivos. Contudo, podemos concluir que as reações dos animais terrestres aos parques eólicos são diversas e dependem das espécies, as formas de alimentação, presença de predadores, entre outros aspectos que podem afetar significativamente os hábitos desses animais.

Para além da fauna, um estudo brasileiro por Costa et al. (2019) detectaram impactos na floral e socioambientais, tais como: diminuição da fauna e da flora, desgastes das vias de acesso, produção de ruídos, descaracterização da paisagem natural. Nesse parque houve a suspensão da vegetação nativa apenas nos arredores das torres e nas estradas de acesso, utilizada para passagem de caminhão para montagem e manutenção das torres. Contudo, os funcionários do

parque afirmaram que houve substituição da vegetação nativa através do replantio de capim de praia (*Paspalum vaginatum*) sobre as dunas para evitar a movimentação dos sedimentos de dunas.

As consequências dos impactos sobre a flora podem desencadear outros problemas, como visto por Heal et al. (2020), associaram o desenvolvimento de parques eólicos a qualidade da água. O aumento das concentrações e exportações de macronutrientes estava relacionada ao desenvolvimento dos parques, particularmente a derrubada de florestas e empréstimo de poços.

O processo de construção e de implementação de um parque eólico causa repercussões ao meio ambiente, como a poluição do solo e dos corpos hídricos, modificação na paisagem natural. O desmatamento e a desagregação do solo podem levar a destruição de habitats e afetar o equilíbrio dos ecossistemas locais.

5. Conclusão

Os resultados do presente estudo permitem concluir a necessidade emergente da promoção de práticas sustentáveis que permitam suavizar os impactos sobre a fauna e flora causados pela implementação de parques eólicos. Esta pesquisa pode nortear empreendedores, governantes e consultores ambientais a fomentar iniciativas de conservação ambiental que comunguem com os benefícios da energia limpa produzida pelos ventos.

Estudos futuros devem ser encorajados que visem possibilidades e planejamentos sobre os aspectos da área, espécies animais e florestais existentes e a partir de então a viabilidade para receber tal empreendimento. Vale ressaltar, a importância do desenvolvimento de políticas socioambientais que aliem a importância da preservação da natureza com a implementação de uma matriz energética sustentável.

Esta revisão de literatura sugere que haja uma avaliação minuciosa da diversidade da fauna e flora, englobando movimentos sazonais, ocupação, habitat funcional e os possíveis impactos sobre eles. Considerar potenciais riscos para a biodiversidade, analisando-os previamente e desenvolvendo um planejamento apropriado para cada lócus.

Referências

AGNEW R; SMITH V; FOWKES R. *Wind turbines cause chronic stress in badgers (meles meles) in great britain.* J Wildl Dis, v. 52, ed. 3, p. 459-467, jul. 2016.

BALOTARI-CHIEBAO, F. et al. *Post-fledging movements of white-tailed eagles: Conservation implications for wind-energy development.* Ambio, p. 831-840, nov. 2016.

CONFESSOR, L. et. al. *Avaliação dos impactos ambientais gerados em empreendimento eólicos.* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. 2019.

COSTA, M. et al. *Impactos Socioeconômicos, Ambientais e Tecnológicos Causados pela Instalação dos Parques Eólicos no Ceará.* Ceará: Revista Brasileira de Meteorologia, v. 34, n. 3, p. 399- 411, 2019.

CRICHTON, F. et al. *The Link between Health Complaints and Wind Turbines: Support for the Nocebo Expectations Hypothesis.* v. 2, Front Public Health, nov. 2014.

FAB - Força Aérea Brasileira. *Parques de geração de energia eólica deverão seguir regras de navegação aérea: Nova portaria da Aeronáutica determina pintura especial e sistema de iluminação.* Publicada em: 16/10/2015 11:42. Disponível em:

<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/23257/ESPA%C3%87O%20A%C3%89REO%20Parques%20de%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20e%C3%B3lica%20dever%C3%A3o%20seguir%20regras%20de%20navega%C3%A7%C3%A3o%20a%C3%A9rea>. Acesso em: 29 mar. 2023.

FIELDING, A. et al. *Non-territorial GPS-tagged golden eagles *Aquila chrysaetos* at two Scottish wind farms: Avoidance influenced by preferred habitat distribution, wind speed and blade motion status.* PLOS ONE. v 16 n. 8. p. 1-26, agos. 2021.

- FOO, C. et al.** *Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines.* PeerJ, p. 123, nov. 2017.
- GOLDEMBERG, J; LUCON, O.** *Energias renováveis: um futuro sustentável.* São Paulo: revista USP, n. 72, dez./ fev. 2006-2007. 6-15 p.
- GÓMEZ-CATASÚS, J. et al.** *Wind farm noise shifts vocalizations of a threatened shrubsteppe passerine.* Environmental pollution. V. 303, n 15, jun. 2022.
- GUZZI, A. et al.** *Composição e dinâmica da avifauna da usina eólica da praia da Pedra do Sal, Delta do Parnaíba, Piauí, Brasil.* Iheringia: Série Zoologia, v. 105, n. 2, p. 164 – 173, Jun. 2015.
- HEAL K, et al.** *Wind farm development on peatlands increases fluvial macronutrient loading.* Ambio, v. 49, ed. 2, p. 442-459, fev. 2020.
- JENKINS, A. et al.** *Combining radar and direct observation to estimate pelican collision risk at a proposed wind farm on the Cape west coast, South Africa.* PLOS ONE, p.1-21, fev. 2018.
- KÄMMERLE, J. et al.** *Environmental and seasonal correlates of capercaillie movement traits in a Swedish wind farm.* Eco Evol, v.11, ed. 10, p. 11762-11773, set. 2021.
- KRUSZYNSKI, C. et al.** *High vulnerability of juvenile *Nathusius' pipistrelle* bats (*Pipistrellus nathusii*) at wind turbines.* Ecological Applications, v. 32, ed. 2, p. 1-12, 2022.
- KUMARA, H. et al.** *Responses of birds and mammals to long-established wind farms in India.* Scientific Reports. v. 12, Article number: 1339, 2022.
- LEHNERT, L. et al.** *Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far.* PLoS One, v. 9. ed. 8, p. 1-8, agos. 2014.
- LIMA, L. et al.** *Impactos Ambientais na Instalação de Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro.* Rio de Janeiro: Brasil windpower, 2017.
- LOPUCKI R; KLICH D; GIELAREK S.** *Do terrestrial animals avoid areas close to turbines in functioning wind farms in agricultural landscapes? Environ Monit Assess.* V. 198, ed. 7, p. 1-16, jul. 2017.
- LOPUCKI R; MRÓZ I.** *An assessment of non-volant terrestrial vertebrates response to wind farms—a study of small mammals.* Environ Monit Assess, v. 188, ed. 2, fev. 2016.
- MARQUES, A. et al.** *Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds.* J Anim Ecol, v. 89, ed. 1, p. 93-103, jan. 2020.
- MEYER, M. et. al.** *Energia eólica e seus impactos ambientais.* 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014.
- MOREIRA,** *Relatório Especial sobre Fontes de Energia Renovável.* 2013, p.47.
- OLIVEIRA, K. L. M.** *Projeto básico de um parque eólico e estudos de conexão.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em engenharia elétrica). Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, 2014.
- PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.** *O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais.* Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 12, n. 6, nov. / dez. 2017.
- QU, F.; TSUCHIYA, A.** *Perceptions of Wind Turbine Noise and Self-Reported Health in Suburban Residential Areas.* v.12, Front Psycho. 2021.
- REIS, L. B.** *Geração de Energia Elétrica.* [S.l.]: Manole Ltda, 2011.
- RICHARDSON, S. et al.** *Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats.* Sci Rep, v. 11, ed. 1, p. 1-6, fev. 2021.
- SILVA, L. et al.** *Implantação de parques eólico no brasil.* XXXV Encontro nacional de engenharia de produção: Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção. Fortaleza. Out. 2015.
- THAXTER, C. et al.** *Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment.* Proc Biol Sci, p. 1-10, 2017.
- TURBINAS DE VENTO 'SÃO AMEAÇA PARA MORCEGO', DIZ ESTUDO.** *BBC News Brasil.* 1 de abril de 2011. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/04/110401_morcegos_turbinas_pu>.
- Acessado em 1 de novembro de 2023.

VASILAKIS, D. et al. *A balanced solution to the cumulative threat of industrialized wind farm development on cinereous vultures (Aegypius monachus) in south-eastern Europe.* PLoS One. v. 12, n. 2, p. 1-17, fev. 2017.

WANG, P. et al. *Effects of habitat factors on the plant diversity on naturally-restored wind farm slopes.* Wuhan: Peer J, 2023.