



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**JOSEFA INAYARA DOS SANTOS SILVA**

**DIVERSIDADE DE AVES DE RAPINA EM UM COMPLEXO EÓLICO NA  
CAATINGA NO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

**SERRA TALHADA,**

**2023**

**JOSEFA INAYARA DOS SANTOS SILVA**

**DIVERSIDADE DE AVES DE RAPINA EM UM COMPLEXO EÓLICO NA  
CAATINGA NO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Ecologia, Conservação e uso da Biodiversidade de Ambientes Terrestres

**Prof. Dr. Alexandre Mendes Fernandes**  
Orientador

**SERRA TALHADA,**

**2023**

**JOSEFA INAYARA DOS SANTOS SILVA**

**DIVERSIDADE DE AVES DE RAPINA EM UM COMPLEXO EÓLICO NA  
CAATINGA NO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação julgada adequada para  
obtenção do título de mestre em  
Biodiversidade e Conservação.  
Defendida e aprovada em  
30/03/2023 pela seguinte Banca  
Examinadora.

---

Prof. Dr. Alexandre Mendes Fernandes  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST

---

Prof. Dr. Alexandre Gabriel Franchin – Membro Externo  
Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

---

Prof. Dr. Helder Farias Pereira de Araujo – Membro Externo  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586d

Silva, Josefa Inayara dos Santos

Diversidade de aves de rapina em um complexo eólico na Caatinga no estado de Pernambuco, Brasil / Josefa Inayara dos Santos Silva. - 2023.

36 f. : il.

Orientador: Alexandre Mendes Fernandes.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Serra Talhada, 2023.

1. Caatinga . 2. Energia eólica. 3. Impacto ambiental. I. Fernandes, Alexandre Mendes, orient. II. Título

CDD 338.95

---

## **Agradecimentos**

À Deus, por me conceder sabedoria e por me manter forte em meio às adversidades, permitindo que com determinação eu findasse mais essa etapa de tamanha importância na minha vida.

Aos meus pais e a toda minha família, que genuinamente torcem por mim e alegram-se a cada conquista e cada etapa vencida.

Ao meu orientador Alexandre Mendes Fernandes, por me fornecer subsídios que foram cruciais para a execução da pesquisa, pela orientação, ensinamentos e toda paciência.

Aos amigos que a ornitologia me deu, Alyson Melo, Verônica Lima, Rafael Salú e Angela Boaventura, que unidos por uma mesma paixão foram fundamentais nesse processo, através de uma ajuda mútua e de boas risadas, vinheram para somar e acrescentar demais nessa formação.

Aos amigos de turma, que junto comigo embarcaram nessa aventura chamada pós-graduação, Juliano Gomes, Nathane Jamilly, Alyson e Verônica, que apesar de tantos obstáculos, cada um com sua vida e suas particularidades, fizeram essa caminhada ficar mais leve.

Ao grupo de pesquisa Vale do Riacho São José, em especial aos amigos Alexandre e Gisele, que mais uma vez me acolheram, fizeram da minha pesquisa uma pesquisa do Vale do São José e me deram suporte e apoio necessário para que ela saísse do papel e fosse executada.

A banca examinadora, Prof. Dr. Alexandre Gabriel Franchin e Prof. Helder Farias Pereira de Araujo por terem sido solícitos e aceitarem contribuir com meu trabalho, e em especial ao Prof. Dr. Edgar Alberto e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Akemi que sempre estiveram a disposição para me ajudarem, e mais uma vez aceitaram contribuir com meu trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

## Resumo

A energia eólica tem ganhado destaque, graças ao seu baixo impacto ambiental. No entanto, mudanças no uso da terra são consequências do desenvolvimento de parques eólicos. Algumas espécies de aves de rapina são sensíveis a mudanças no uso da terra e a riqueza de espécies pode variar entre localidades pouco ou muito impactadas. Nesse trabalho, investigamos os impactos de parques eólicos na comunidade de aves de rapina, buscando compreender se a comunidade é afetada de modo a reduzir a riqueza e a diversidade em quatro áreas com diferentes graus de impactos: área de vegetação nativa sem instalação de torres eólicas (Caa), vegetação nativa com instalações de torres eólicas (Caa Tor), antropizada sem instalações de torres eólicas (Ant) antropizada com instalações de torres eólicas (Ant Tor). Calculamos a riqueza, abundância e equitabilidade das espécies. Constatamos que a área Caa foi a que apresentou a maior riqueza, abundância e equitabilidade entre todas as áreas, sendo classificada pelo índice de diversidade como a mais diversa. Em relação à abundância encontramos diferença significativa entre as áreas Caa e Ant e entre as áreas Caa e Ant Tor, no entanto não encontramos diferença significativa entre as áreas Caa e Caa Tor. Se tratando da riqueza, não encontramos diferença significativa entre as áreas. Nossos resultados apontam que as comunidades de aves sofrem modificações a partir de processos de alteração dos habitats, no entanto não encontramos diferenças estatísticas significativas de variância entre as nossas áreas de amostragem. Não podemos excluir que os resultados significativos reflitam uma antropização causada pelos parques eólicos, ao mesmo tempo que não podemos desconsiderar que esse resultado seja atribuído a outros fatores antropogênicos. Incentivamos as pesquisas mais detalhadas, com estudos de longo prazo, para o melhor estabelecimento das tendências de impacto.

**Palavras-chave:** Caatinga. Energia eólica. Impacto ambiental.

## **Abstract**

Wind energy has gained prominence, thanks to its low environmental impact. However, changes in land use are consequences of the development of wind farms. Some species of birds of prey are sensitive to changes in land use and species richness may vary between locations with little or much impact. In this work, we investigated the impacts of wind farms on the community of birds of prey, seeking to understand if the community is affected in order to reduce the richness and diversity in four areas with different degrees of impacts: area of native vegetation without installation of wind towers (Caa), native vegetation with wind tower installations (Caa Tor), anthropized without wind tower installations (Ant) anthropized with wind tower installations (Ant Tor). We calculated species richness, abundance and equitability. We found that the Caa area was the one that presented the greatest richness, abundance and evenness among all areas, being classified by the diversity index as the most diverse. Regarding abundance, we found a significant difference between the Caa and Ant areas and between the Caa and Ant Tor areas, however we did not find a significant difference between the Caa and Caa Tor areas. In terms of richness, we found no significant difference between the areas. Our results indicate that bird communities suffer modifications from processes of habitat alteration, however we did not find statistically significant differences in variance between our sampling areas. We cannot exclude that the significant results reflect an anthropization caused by wind farms, while we cannot disregard that this result is attributed to other anthropogenic factors. We encourage more detailed research, with long-term studies, to better establish impact trends.

**Keywords:** Caatinga. Wind energy. Environmental impact.

## Lista de figuras

Figura 1 - Localização das áreas de amostragem no município de Caetés, Pernambuco, Brasil.....	24
Figura 2 - Curva de acúmulo de espécies de aves de rapina diurnas observadas e estimadas para as amostragens no Vale do São José, no município de Caetés.....	27
Figura 3 - Riqueza (nº de espécies) e número de registros (abundância relativa) de aves de rapina por áreas de amostragem no Vale do São José, no município de Caetés.....	28
Figura 4 - Distribuição dos componentes da diversidade beta entre as localidades.....	29
Figura 5 - Boxplot indicando a abundância das espécies registradas na área de estudo em função das áreas de amostragens no Vale do São José, no município de Caetés.....	30
Figura 6 - Boxplot indicando a riqueza das espécies registradas na área de estudo em função das áreas de amostragens no Vale do São José, no município de Caetés.....	30

## **Lista de tabelas**

Tabela 1- Espécies de aves de rapina registradas no Vale do Riacho São José, no município de Caetés (Pernambuco).....	27
---	----

## Sumário

<b>1- Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>2- Referências bibliográficas.....</b>	<b>14</b>
<b>3- Artigo científico.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1- <i>Artigo científico I</i>.....</b>	<b>17</b>
<b>4. Conclusões.....</b>	<b>35</b>

## 1- Introdução

O constante crescimento das populações humanas tem por consequência o aumento na demanda por energia per capita, o que requer o desenvolvimento de novos projetos energéticos. Este desenvolvimento energético é marcado por preocupações globais, dentre elas a ameaça à biodiversidade (LIOR, 2010). Além disso, as fontes de energia que predominam a matriz energética global são de origem fóssil, logo provenientes de recursos naturais não renováveis, o que leva ao esgotamento dos recursos naturais, além de serem grandes emissores de gases do efeito estufa (GEE) (FGVENERGIA, 2020).

Uma busca urgente por alternativas mais sustentáveis de produção de energia e pelo aumento da participação de fontes renováveis se faz necessária. Nesse contexto, os parques eólicos podem ser citados como fontes produtoras de energia com condições adequadas para se alcançar uma boa integração ambiental. Estes utilizam de forma mínima combustíveis fósseis e respeitam as taxas de renovação dos recursos naturais (SAIDUR et al., 2011).

A energia eólica tem ganhado destaque mundial entre as fontes produtoras de energia renovável e vem se tornando cada vez mais importante na indústria energética (FARFÁN et al., 2017). No Brasil, a produção de energia eólica que representa 11,8% da matriz energética global, com 21,5 GW de capacidade instalada, distribuídas em 795 usinas, faz com que o país ocupe o 6º lugar no ranking mundial. Além disso, a energia eólica corresponde a fonte que mais cresceu no ano, representando 50,9% da nova capacidade de energia instalada no país (ABEEÓLICA, 2021).

Em 2008, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008) apontava a região Nordeste do Brasil, como uma das principais regiões de interesse para a expansão de parques eólicos. Dados recentes demonstram que a região Nordeste é o subsistema com maior geração de energia eólica, representando 88,7% do sistema total (ABEEÓLICA, 2021). De acordo com Neri et al. (2019) até o início de 2018 pelo menos 4.925 aerogeradores estavam operando nos domínios da Caatinga, que estão majoritariamente inseridos na região Nordeste do Brasil. Desse número, 47% (2.616) das turbinas instaladas encontram-se dentro de 18 das 282 Áreas Prioritárias de Conservação

da Caatinga, equivalente a mais de cinco milhões de hectares de áreas mapeadas para a conservação com aerogeradores em operação.

Apesar de minimizar determinados impactos existentes em outras fontes de energia, a produção de energia eólica gera novos tipos de impactos ao passo que demandam instalações em ambientes naturais pouco impactados anteriormente (MEIRELES, 2011). A interação de animais com estruturas de geração de energia eólica implica em impactos adversos na vida selvagem. Esses impactos podem ser diretos, a exemplo de colisões de animais com as hélices dos aerogeradores ou eletrocussão com as linhas de transmissão, ou indiretos, por meio da redução e fragmentação de habitats, através da supressão vegetal, além de processos de exposição do solo para abertura de novas estradas para linhas de transmissão (DAI et al., 2015).

As colisões que constituem um exemplo de impacto direto, resultam em mortalidade de espécimes e conseqüentemente em perda biodiversidade, sendo os morcegos e as aves apontados como os táxons mais afetados (DREWITT e LANGSTON, 2008; DE LUCAS et al., 2012). Estudos diversos sobre os impactos das instalações de energia eólica vêm sendo desenvolvidos em todo mundo. A maioria deles possui foco nas análises dos riscos de colisão das aves e morcegos com as turbinas eólicas e linhas de alta tensão (BERNARD et al., 2014; EICHHORN et al., 2012; PEROLD et al., 2020; WULFF et al., 2016). No entanto, os efeitos negativos dos impactos indiretos, como a fragmentação de habitats podem ser uma ameaça ainda maior à vida selvagem, do que a perda direta associada a colisões (HOVICK et al., 2014; DEGREGORIO et al., 2014).

As comunidades de aves têm sido comumente utilizadas em levantamentos biológicos e estudos de monitoramento em áreas sujeitas a impactos ambientais de diferentes atividades econômicas (VASCONCELOS, 2006; STRAUBE et al., 2010). Algumas características tornam as aves especialmente importantes para estes estudos, com o seu papel determinante em diversas interações ecológicas, sua alta diversidade de espécies e taxonomia bem definida (SICK, 1997; ROBINSON et al., 2018). Além disso, quando comparadas com outros grupos taxonômicos, as aves são relativamente mais fáceis de serem estudadas em relação à composição e estrutura de suas comunidades, uma vez que a maioria das espécies pode ser diretamente observada e ouvida, sem precisar ser capturada (ROBINSON et al., 2018).

Trabalhos testam hipóteses para explicar por que e como as aves são afetadas pelas instalações de energia eólica (WANG, WANG e SMITH, 2015). Estudos de similaridade

são utilizados para avaliar impactos de empreendimentos eólicos na composição de aves (FALAVIGNA et al., 2020). Alguns buscam avaliar a recuperação do uso dos habitats impactados, pela avifauna em diferentes períodos, observando o comportamento e a abundância das mesmas imediatamente após a implementação dos parques eólicos e posteriormente, em intervalos maiores de tempo (FARFÁN et al., 2009, 2017).

As mudanças no uso da terra são consequências do desenvolvimento de parques eólicos, e resultam principalmente na diminuição da cobertura de habitats naturais, levando a comunidade de aves responderem negativamente. Foram relatadas, mudanças na composição das comunidades de aves e alteração nas guildas ambientais após a construção de um parque eólico, assim como a redução na riqueza de espécies como consequência da instalação dos parques eólicos (FARFÁN et al., 2009; FALAVIGNA et al., 2020). Fernandez – Bellon et al. (2018) também evidenciaram uma diminuição na densidade populacional de espécies de aves florestais em consequência da redução da cobertura florestal adjacente a turbinas eólicas.

Os parques eólicos também se mostraram responsáveis pelo deslocamento ou exclusão de aves, através da modificação de seus territórios, implicando que o uso do habitat dentro e ao redor dos parques possa ser significativamente reduzido (LARSEN e GUILLEMETTE, 2007). Assim, torna-se evidente que haja uma associação entre os danos causados pelas construções de turbinas eólicas e a infraestrutura associada com a perda de habitat (LANGSTON e PULLAN, 2003).

Boa parte dos estudos de impactos de parques eólicos têm como foco as aves de rapina ou outras espécies de aves de grande porte (DREWITT e LANGSTON, 2008; MARTÍNEZ-ABRAÍN et al., 2012 e REID et al., 2015). Algumas espécies de aves de rapina, se mostram sensíveis a mudanças no uso da terra e podem sofrer impactos como a variação da riqueza de espécies entre locais pouco ou muito impactados (PETERSEN et al., 2021).

As aves de rapina constituem um grupo de aves que estão no topo das cadeias tróficas, que compartilham adaptações para a caça ativa, dentre elas o bico afiado e as garras fortes, uma excelente visão e audição aguçada (SICK, 1997). Estas aves desempenham um papel importante nos ecossistemas, uma vez que auxiliam na manutenção da diversidade por serem naturais controladores de presas, e são consideradas indicadoras de qualidade ambiental (FERGUSON-LEES e CHRISTIE, 2001).

Além disso, algumas espécies de aves de rapina diurnas são extremamente sensíveis a distúrbios antrópicos (CARVALHO e MARINI, 2007). Dessa maneira a diversidade de rapinantes fornece informações do estado de conservação de uma área, tendo em vista que várias espécies de aves de rapina são bastante exigentes e necessitam de grandes quantidades de recursos para desempenharem seus papéis ecológicos fundamentais, como alimentação, reprodução e nidificação (MENDES, et al. 2017).

O fato da grande maioria das áreas prioritárias para geração de energia eólica no país se localizarem na região da Caatinga, faz com que se torne ainda mais necessárias informações sobre os impactos, os desafios e as oportunidades de conservação (BERNARD et al., 2014). No entanto, são escassos estudos que abordam os impactos das instalações eólicas com enfoque na região da Caatinga. E ainda, estudos que avaliam o impacto de parques eólicos nas populações de vida selvagem a partir de avaliações contínuas, padronizadas e sistemáticas são menos comuns (FARFÁN et al., 2017).

Contudo, melhorar a compreensão de como a infraestrutura humana afeta as populações de vida selvagem, se faz necessário para que se busque estratégias a fim de reduzir a perda futura de biodiversidade e maximizar os esforços de conservação (HOVICK et al., 2014).

## 2 - Referências bibliográficas

- ABEEÓLICA. Associação Brasileira de Energia Eólica. **Dados ABEEólica: Boletim Anual 2021**. 2021. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2023.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília. ed 3., 2008. 236p.
- BERNARD, E; PAESE, A; MACHADO, R.B; SOUZA AGUIAR, L. M. de. Blown in the wind: bats and wind farms in Brazil. **Natureza & Conservação**, v. 12 (2), p. 106-111, 2014.
- CARVALHO, C.E.A; MARINI, M.A. Distribution patterns of diurnal raptors in open and forested habitats in south-eastern Brazil and the effects of urbanization. **Bird Conservation International**, v.17, p. 367–380, 2017.
- DAI, K; BERGOT, A; LIANG, C; XIANG, W.N; HUANG, Z. Environmental issues associated with wind energy – A review. **Renewable Energy**, v. 75, p. 911-921, 2015.
- DE LUCA, M; JANSS, G.F.E; WHITFIELD, D.P; FERRER, M. Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, p. 1695-1703, 2008.
- DEGREGORIO, B.A; WEATHERHEAD, P.J; SPERRY, J.H. Power lines, roads, and avian nest survival: effects on predator identity and predation intensity. **Ecology and Evolution**, v. 4 (9), p. 1589-1600, 2014.
- DREWITT, A.L; LANGSTON, R.H.W. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. **New York Academy of Sciences**, v.1134, p. 233–266, 2008.
- EICHHORN, M; JOHST, K; SEPPELT, R; DRECHSLER, M. Model-based estimation of collision risks of predatory birds with wind turbines. **Ecology and Society**, v. 17(2), 2012.
- FALAVIGNA, T.J; PEREIRA, D; RIPPEL, M.L; PETRY, M.V. Changes in bird species composition after a wind farm installation: A case study in South America. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 83, 2020.
- FARFÁN, M.A; VARGAS, J.M; DUARTE, J; REAL, R. What is the impact of wind farms on birds? A case study in southern Spain. **Biodiversity and Conservation**, v.18, p.3743-3758, 2009.
- FARFÁN, M.A; DUARTE, J; REAL, R; MUÑOZ, A.R; FA, J.E; VARGAS, J.M. Differential recovery of habitat use by birds after wind farm installation: A multi-year comparison. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 64, p. 8-15, 2017.
- FERGUSON-LEES, J; CHRISTIE, D. A. **Raptors of the world**. Houghton Mifflin Harcourt, 2001. Boston, New York: Houghton Mifflin Company, 2001. 320p.

FERNÁNDEZ-BELLON, D; WILSON, M.W; IRWIN, S; O'HALLORAN, J. Effects of development of wind energy and associated changes in land use on bird densities in upland areas. **Conservation Biology**, v.33 (2), p. 413-422, 2018.

FGV ENERGIA. Fundação Getulio Vargas. **Dados:** Matriz Energética. 2020. Disponível em: <[Dados - Matriz Energética | FGV Energia](#)>. Acesso em: 03 de janeiro de 2023.

HOVICK, T.J; ELMORE, R.D; DAHLGREN, D.K; FUHLENDORF, S.D; ENGLE, D.M. Evidence of negative effects of anthropogenic structures on wildlife: a review of grouse survival and behaviour. **Journal of Applied Ecology**, v. 51(6), p. 1680-1689, 2014.

LANGSTON, R.H.W; PULLAN, J.D. **Wind farms and birds:** an analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. 2003. Disponível em: <<http://migratorysoaringbirds.undp.birdlife.org>>. Acesso em: 02 de Janeiro de 2023.

LARSEN, J.K; GUILLEMETTE,M. Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, p. 516–622, 2007.

LIOR, N. Energy resources and use: The present (2008) situation and possible sustainable paths to the future. **Energy**, v. 35, 2631–2638, 2010.

MARTÍNEZ-ABRAÍN, A; TAVECCIA, G; REGAN, H.M; JINÉNEZ, J; SURROCA, M; ORO, D. Effects of wind farms and food scarcity on a large scavenging bird species following an epidemic of bovine spongiform encephalopathy. **Journal of Applied Ecology**, v.49, p. 109-117, 2012.

MEIRELES, A.J.A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Confins. Revista franco-brasileira de Geografia**, v 11, 2011.

MENDES, C.L.S; BELGA, L.S; GARCIA, A.B; KLEM, A.F.C. Levantamento das aves de rapina (Accipitriformes, Cathartiformes, Falconiformes, Strigiformes) no município de Manhuaçu, Minas Gerais. In: **I Seminário Científico da FACIG**, 2017, Manhuaçu. Anais. Minas Gerais. 2017. v. 1.

NERI, M; JAMELI, D; BERNARD, E; MELO, F.P.L. Green versus green? Adverting potential conflicts between wind power generation and biodiversity conservation in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17(3), p. 131-135, 2019.

PEARCE-HIGGINS, J.W; STEPHEN, L; DOUSE, A; LANGSTON, R.H.W. Greater impacts of wind farms on Bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, p. 386–394, 2012.

PEROLD, V; RALSTON-PATON, S; RYAN, P. On a collision course? The large diversity of birds killed by wind turbines in South Africa. **Ostrich**, v. 91(3), p. 228-239, 2020.

- PETERSEN, E.S.; PETRY, M.V.; KRÜGER-GARCIA, L. Utilização de diferentes habitats por aves de rapina no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 19 (3), p. 376–384, 2011.
- REID, T.; KRÜGER, S.; WHITFIELD, D.P.; AMAR, A. Using spatial analyses of bearded vulture movements in southern Africa to inform wind turbine placement. **Journal of Applied Ecology**, v.52, p. 881-892, 2015.
- ROBINSON, W. D.; LEES, A. C. & BLAKE, J. G. Surveying tropical birds is much harder than you think: a primer of best practices. **Biotropica**, v. 50 (6), p. 846-849, 2015.
- SAIDUR, R.; RAHIM, N.A.; ISLAM, M.R.; SOLANGI, K.H. Environmental impact of wind energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 2423-2430, 2011.
- SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, v. 2, 1997. 912p.
- STRAUBE, F. C.; VASCONCELOS, M. F.; URBEN-FILHO, A. & CÂNDIDO-JÚNIOR, J. F.. Protocolo mínimo para levantamentos de avifauna em Estudos de Impacto Ambiental. In: Von Matter, S. et al. (Eds). **Ornitologia e Conservação**. Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, p. 239-254, 2010.
- VASCONCELOS, M. F. Uma opinião crítica sobre a qualidade e a utilidade dos trabalhos de consultoria ambiental sobre a avifauna. **Atualidades Ornitológicas**, v. 131, p. 10-13, 2006.
- WULFF, S. J.; BUTLER, M. J.; BALLARD, W. B. Assessment of diurnal wind turbine collision risk for grassland birds on the Southern Great Plains. **Journal of Fish and Wildlife Management**, v. 7 (1), p. 129-140, 2016.

### **3 - Artigo científico**

#### ***3.1 - Artigo científico I***

Artigo científico a ser encaminhado à Revista  
*Journal of Ornithology*.

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma.

## **Declaração sobre plágio**

Eu, Josefa Inayara dos Santos Silva, autor(a) da dissertação intitulada “Diversidade de aves de rapina em um complexo eólico na Caatinga no estado de Pernambuco, Brasil”, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, declaro que:

- O trabalho de pesquisa apresentada nesta dissertação, exceto onde especificado, representa uma pesquisa original desenvolvida por mim;
- Esta dissertação não contém material escrito ou dados de terceiros, de qualquer fonte bibliográfica, a menos que devidamente citada e referenciada no item “Referências Bibliográficas”.

Serra Talhada, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

(assinatura)

Impactos de parques eólicos na diversidade de aves de rapina na Caatinga, Nordeste do Brasil.

Josefa Inayara dos Santos Silva<sup>1</sup>, Alexandre Mendes Fernandes

<sup>1</sup>Laboratório de Ornitologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Unidade Acadêmica de Serra Talhada, CEP:56903-400, Serra Talhada (PE), Brasil, inayarabio17@gmail.com; alexandre.mendesfernandes@ufrpe.br

## **RESUMO**

A energia eólica tem ganhado destaque por ser uma fonte renovável e aparentemente apresentar baixo impacto ambiental. No entanto, mudanças no uso da terra são consequências do desenvolvimento de parques eólicos. Algumas espécies de aves de rapina são sensíveis a mudanças no uso da terra e a riqueza de espécies pode variar entre localidades pouco ou muito impactadas. Nesse trabalho, investigamos os impactos de um dos maiores parques eólicos do nordeste do Brasil na comunidade de aves de rapina, buscando compreender se a comunidade é afetada de modo a reduzir a riqueza e a diversidade em quatro áreas na Caatinga com diferentes graus de impactos: (Caa) vegetação nativa sem instalação de torres eólicas, (Caa Tor) vegetação nativa com instalações de torres eólicas, (Ant) área antropizada sem instalações de torres eólicas, (Ant Tor) área antropizada com instalações de torres eólicas. Calculamos a riqueza, abundância e equitabilidade das espécies. Aplicamos um teste não paramétrico para determinar a significância da variação entre as áreas. Constatamos que a área sem instalação de torres eólicas foi a que apresentou a maior riqueza, abundância e equitabilidade entre todas as áreas, sendo classificada pelo índice de diversidade como a mais diversa. Em relação à abundância encontramos diferença significativa entre as áreas Caa e Ant, bem como entre as áreas Caa e Ant Tor, no entanto não encontramos diferença significativa entre as áreas de Caa e Caa Tor. Não encontramos diferença significativa na riqueza entre as áreas. Nossos resultados fortalecem a hipótese que as comunidades de aves sofrem modificações a partir de processos de alteração dos habitats, no entanto não encontramos diferenças estatísticas significativas de variância entre as nossas áreas de amostragem.

Palavras - chave: Caatinga. Energia eólica. Impacto ambiental.

## INTRODUÇÃO

As fontes de energia mais utilizadas no mundo são de origem fóssil, provenientes de recursos naturais não renováveis, estes são grandes emissores de gases de efeito estufa, que favorecem a poluição ambiental, além de levarem ao esgotamento dos recursos naturais (FGVEnergia, 2020). Como alternativa mais sustentável de produção de energia, a energia eólica tem ganhado destaque entre as fontes produtoras de energia renovável, tornando-se cada vez mais importante na indústria energética (Farfán et al. 2017).

No Brasil, a energia eólica representa a fonte energética que mais cresceu nos últimos anos e representa 11,8% da matriz energética do país, fazendo-o ocupar o 6º lugar no ranking mundial de produção de energia eólica (Abeeólica, 2021). A região Nordeste do Brasil, corresponde ao subsistema com maior geração de energia eólica, representando 88,7% da produção de energia eólica do sistema total (Abeeólica, 2021). Até o início de 2018, pelo menos 4.925 aerogeradores estavam operando na Caatinga, que está majoritariamente localizada na região Nordeste do Brasil (Neri et al. 2009).

Embora utilize de forma mínima combustíveis fósseis e respeite as taxas de renovação dos recursos naturais (Saidur et al. 2011), a energia eólica não é totalmente isenta de impactos, uma vez que tem sido instalada em ambientes naturais pouco impactados anteriormente (Meireles, 2011).

As instalações de energia eólica causam impactos negativos, por meio de colisões de animais com as hélices dos aerogeradores ou eletrocussão com as linhas de transmissão, e ainda a partir da redução e fragmentação de habitats, através da supressão vegetal, além de processos de exposição do solo para abertura de novas estradas para linhas de transmissão (Dai et al. 2015). Os impactos diretos e indiretos das instalações de parques eólicos na vida selvagem têm sido discutidos, e sugerem que as aves configuram a taxocenose mais afetada por parques eólicos (Drewitt e Langston, 2008).

Alguns estudos indicam que a implementação de parques eólicos causa a diminuição da riqueza de aves em consequência da redução da cobertura florestal, além de mudanças na composição das comunidades de aves e nas guildas ambientais (Farfán et al. 2009; Fernández-Bellon et al. 2018; Falavigna et al. 2020). Os parques eólicos também são responsáveis pelo deslocamento e exclusão de determinadas espécies de

aves, através da modificação de seus territórios e consequente redução do uso do habitat dentro e ao redor dos parques eólicos (Larsen e Guillemette, 2007).

Aves de rapina e outras aves de grande porte são sensíveis a destruição do habitat, devido à implementação de parques eólicos e a riqueza de espécies de comunidades dessas aves podem diminuir em locais muito impactados (Drewitt e Langston, 2008; Martínez-Abraín et al. 2012 e Reid et al. 2015; Petersen et al. 2021). Por estarem no topo das cadeias tróficas, as aves de rapina desempenham um papel importante nos ecossistemas naturais como controladores de presas (Sick, 1997). Informações acerca da diversidade e composição de aves de rapina em determinada área podem indicar o estado de conservação da mesma, tendo em vista que várias espécies de aves de rapina são bastante exigentes e necessitam de grandes quantidades de recursos para desempenharem seus papéis ecológicos fundamentais (Mendes et al. 2017).

Este trabalho teve como objetivo investigar os impactos causados pela implementação de parques eólicos na comunidade de aves de rapina, a partir da composição das comunidades em quatro áreas com diferentes graus de impactos e características de vegetação. Buscamos compreender se a comunidade de rapinantes é afetada de modo a reduzir a riqueza e a diversidade de espécies nas diferentes áreas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Delineamento e área amostral*

Á área de estudo está localizada no município de Caetés, situado na porção meridional do Planalto da Borborema a cerca de aproximadamente 240 quilômetros da capital do estado de Pernambuco, Recife. Na presente cidade, está localizado o Vale do Riacho São José, uma área de transição do Agreste para o Sertão pernambucano, no domínio da Caatinga (Vieira et al. 2015). A maioria das áreas prioritárias para geração de energia eólica no país se localizam na região da Caatinga, embora sejam escassos trabalhos que abordem os impactos dessas instalações na comunidade de aves dessa região, tornando fundamental que se tenha maior compreensão acerca dos impactos, desafios e estratégias de conservação (Bernard et al. 2014).

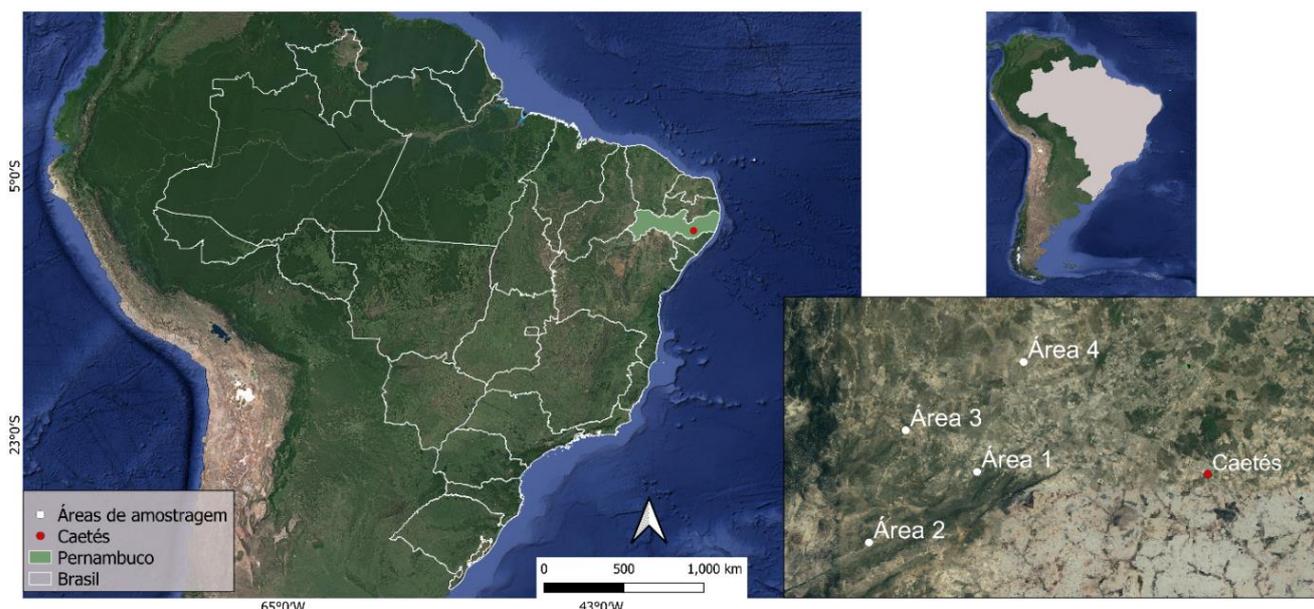
Na área do Vale do São José estão situados os complexos eólicos Ventos de Santa Brígida e Ventos de São Clemente. O complexo eólico Ventos de São Clemente

compreende o maior empreendimento eólico do estado de Pernambuco, ocupando uma área de 3.700 ha e está em operação desde o mês de junho de 2016. O empreendimento é composto por 126 aerogeradores e possui 233MW de capacidade instalada (Echoenergia, 2023).

O parque eólico escolhido para este estudo está inserido no complexo eólico Ventos de São Clemente e é composto principalmente por área de floresta remanescente, áreas de monoculturas e criação animal, além de áreas de habitação humana.

Foram definidas quatro áreas de amostragem compreendidas dentro e no entorno do parque eólico: Área 1 – Caa; que compreende uma área de remanescente natural, no entorno do parque, onde não houve instalações de torres eólicas, Área 2 – Caa Tor; sendo esta uma área de remanescente dentro do parque eólico, logo com instalações de torres eólicas e linhas de transmissão, Área 3 – Ant; área antropizada a partir de processos de habitação humana e uso de terra para pastagens, mas sem instalações de torres eólicas e Área 4 – Ant Tor; sendo esta uma área antropizada a partir dos mesmos processos da última área com adição de instalações de torres eólicas e das linhas de transmissão (Fig 1).

**Fig.1** Localização das áreas de amostragem no município de Caetés, Pernambuco, Brasil.



O inventário da avifauna foi realizado a partir de dois métodos conjugados, transectos e pontos fixos, aplicados em todas as áreas amostrais. A metodologia de pontos

fixos consiste em anotar, por um tempo pré-determinado, todas as espécies de aves registradas naquele ponto, tanto visualmente quanto por suas vocalizações, anotando também o número de indivíduos de cada espécie de ave (Vielliard et al. 2010). O método de transectos consiste em caminhar ao longo de áreas amostrais com quilometragem ou tempo pré-determinados anotando todas as espécies observadas ou ouvidas, além do número de indivíduos registrados, evitando contar um mesmo indivíduo duas vezes (Anjos et al. 2010). Os transectos foram definidos como o trajeto entre os pontos.

Para cada área de amostragem foram definidos 10 pontos de observação, com uma distância de 500 metros entre eles, totalizando 40 pontos. Cada ponto foi amostrado por um período de 20 minutos, até seguir para um próximo ponto, totalizando 1.056 horas de esforço amostral. Foram realizadas amostragens em campo mensalmente. Estas foram divididas nos turnos diurnos, tendo início geralmente às 6h da manhã e retornando logo após ao meio-dia, e noturnos, com início no anoitecer entre às 18h e 19h. Para as áreas Caa (1), Caa Tor (2) e Ant (3) as coletas se deram no período de março de 2021 até fevereiro de 2022, totalizando 12 meses de amostragens, já para a área Ant Tor (4) as coletas se iniciaram em julho de 2021 até fevereiro de 2022, totalizando oito meses de amostragens.

Para tanto, contamos com auxílio de um gravador (Zoom H4n) com microfone direcional, além de um binóculo (Comet 8x42) e uma câmera (Canon EOS Rebel T100) para o registro dos possíveis contatos visuais.

### *Análises de dados*

Quantificamos a riqueza e a abundância a partir da contagem de indivíduos registrados para cada espécie, tanto para toda área de estudo, como separadamente para cada área de amostragem. Verificamos a suficiência amostral através do estimador de riqueza Jackknife 1, onde a partir dele confeccionamos a curva do coletor.

Calculamos os índices de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e de Equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) a fim de se compreender, como se dá a diversidade de espécies nas áreas amostrais e como esta se relaciona com a distribuição de indivíduos entre as espécies registradas, e evidenciam o quão equitativas são as áreas de amostragens.

Analizamos a beta diversidade, a partir do índice de similaridade de Sorensen ( $\beta$ -sor), onde buscamos compreender a variação da composição em função do *turnover* que

se refere a troca de espécies ( $\beta$ -SIM) e do *aninhamento*, ou seja, da perda de espécies ( $\beta$ -SEN).

Aplicamos os testes de Shapiro-Wilk para se verificar a normalidade dos dados e a presença de outliers, e o teste de Levene para se verificar a homogeneidade dos mesmos, para posterior análise de variância. No entanto, os pressupostos não foram atendidos pelos testes, sendo assim aplicamos o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparação tanto da riqueza, quanto da abundância. Para todos os testes consideramos nível de significância  $p > 0,05$ . Os resultados e gráficos dos índices e testes foram obtidos no programa R 4.1.0.

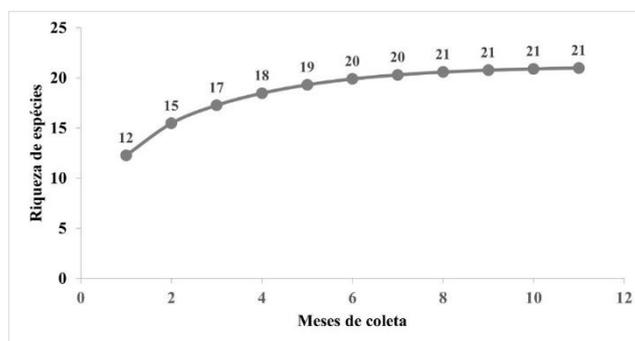
## RESULTADOS

A riqueza total foi de 21 espécies distribuídas em quatro ordens e cinco famílias (Tab. 1). A curva do coletor chegou à estabilização, sendo registradas aproximadamente 95,89% das espécies estimadas por Jackknife 1 ( $21,90 \pm 0,90$ ) (Fig. 2).

**Tab.1** Espécies de aves de rapina registradas no Vale do Riacho São José, no município de Caetés (Pernambuco). X = detecção da espécie na área de amostragem; Caa – vegetação nativa sem instalação de torres eólicas, Caa Tor – vegetação nativa com instalação de torres eólicas, Ant – área antropizada sem instalações de torres eólicas e Ant Tor – área antropizada com instalações de parques eólicos.

Ordem / Família	Espécie	Caa	Caa Tor	Ant	Ant Tor
<b>Ordem Cathartiformes</b>					
<b>Família Cathartidae</b>	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	x	x	x	x
	<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	x			
	<i>Cathartes burrovianus</i> Cassin, 1845	x	x	x	x
<b>Ordem Accipitriformes</b>					
<b>Família Accipitridae</b>	<i>Gampsonyx swainsonii</i> Vigors, 1825		x	x	
	<i>Elanus leucurus</i> (Vieillot, 1818)	x	x	x	x
	<i>Geranoospiza caerulescens</i> (Vieillot, 1817)	x	x		
	<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	x	x	x	x
	<i>Parabuteo unicinctus</i> (Temminck, 1824)		x	x	
	<i>Geranoaetus melanoleucus</i> (Vieillot, 1819)	x	x		
	<i>Buteo brachyurus</i> Vieillot, 1816	x			
<b>Ordem Falconiformes</b>					
<b>Família Falconidae</b>	<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	x	x	x	x
	<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	x		x	
	<i>Herpetotheres cachinnans</i> (Linnaeus, 1758)	x	x		
	<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x
	<i>Falco femoralis</i> (Temminck, 1822)		x		
<b>Ordem Strigiformes</b>					
<b>Família Tytonidae</b>	<i>Tyto furcata</i> (Temminck, 1827)	x	x	x	
<b>Família Strigidae</b>	<i>Megascops choliba</i> (Vieillot, 1817)	x			
	<i>Glaucidium brasilianum</i> (Gmelin, 1788)	x			
	<i>Athene cuniculari</i> a (Molina, 1782)	x	x	x	x
	<i>Asio clamator</i> (Vieillot, 1808)	x			
	<i>Strix virgata</i> (Cassin, 1849)	x			

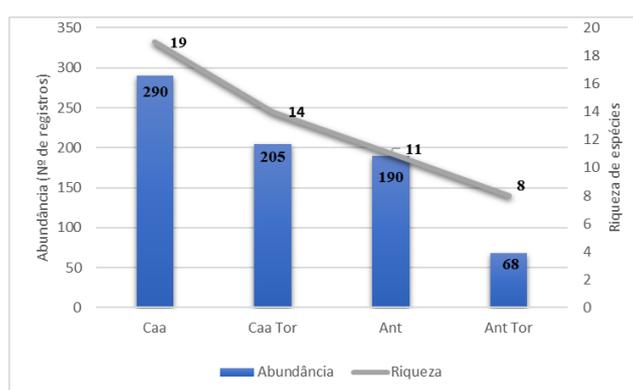
**Fig. 2** Curva de acúmulo de espécies de aves de rapina diurnas observadas e estimadas para as amostragens no Vale do São José, no município de Caetés. Jack 1 = Jackknife 1 (999 randomizações).



A área de maior riqueza foi a área Caa ( $n = 19$ ) seguida, respectivamente, pelas áreas Caa Tor, Tor e Tor Ant. Considerando o número de registros de aves de rapina para cada área de amostragem, obtivemos os seguintes resultados: 290 registros para área Caa

(38,5%); 205 registros para área Caa Tor (27,2%); 190 registros para área Tor (25,2 %) e 68 registros para área Tor Ant (9,0%) (Fig. 3).

**Fig. 3** Riqueza (nº de espécies) e número de registros (abundância relativa) de aves de rapina por áreas de amostragem no Vale do São José, no município de Caetés. Legenda: Caa – vegetação nativa sem instalação de torres eólicas, Caa Tor – vegetação nativa com instalação de torres eólicas, Ant – área antropizada sem instalações de torres eólicas e Ant Tor – área antropizada com instalações de parques eólicos.

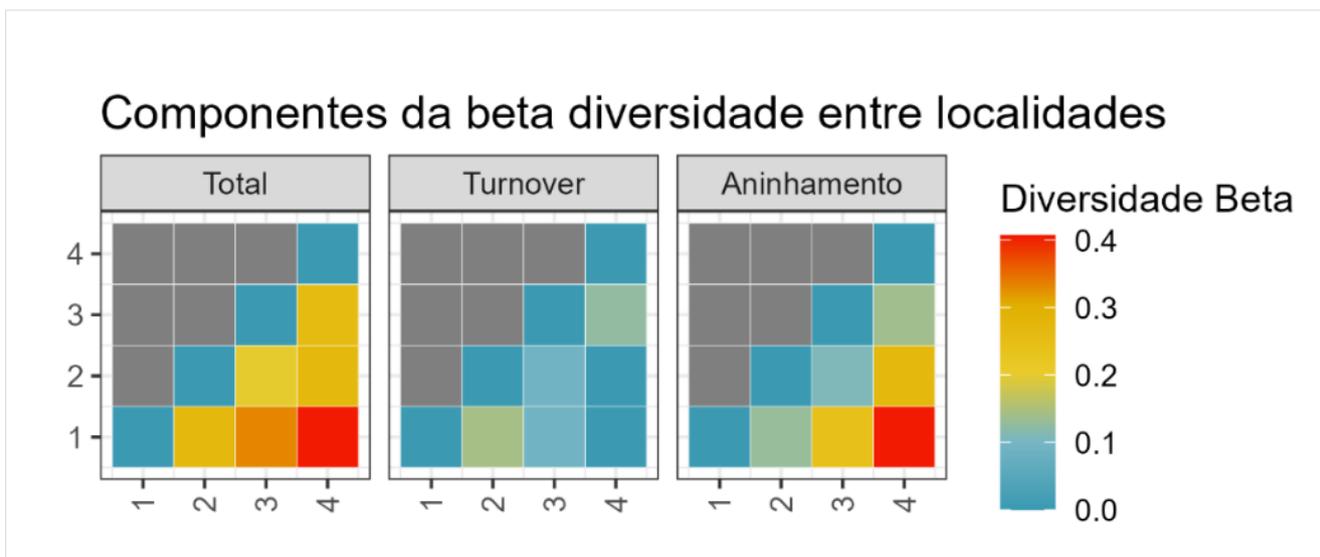


A partir do índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) constatamos que a área Caa é de maior diversidade ( $H' = 2,38$ ), seguida respectivamente pela área Caa Tor ( $H' = 1,96$ ), área Ant ( $H' = 1,64$ ) e área Ant Tor ( $H' = 1,58$ ). Com base no índice de Equitabilidade ( $J'$ ) a área Caa se apresenta como a área mais equitativa ( $J' = 0,80$ ), seguida pelas áreas Ant Tor ( $J' = 0,76$ ) e Caa Tor ( $J' = 0,74$ ) respectivamente, enquanto a Área Ant se mostra como a área menos equitativa ( $J' = 0,68$ ).

Em relação a análise de diversidade beta, o valor da similaridade de Soresen ( $\beta$ -SOR) foi de  $0,42 \pm$  variando de 0 a 1. O índice de similaridade indica existir uma variação na composição das áreas de amostragens, e que essa variação na composição ocorre majoritariamente em função do *aninhamento* ( $\beta$ -SEN 0.28) do que em função do *turnover* ( $\beta$ -SIM 0.13) entre as áreas de amostragens. Também foi constatado que existe uma maior variação na composição entre as áreas Caa e Ant Tor (Fig. 4).

**Fig. 4** Distribuição dos componentes da diversidade beta entre as localidades. Total = variação na composição entre as áreas de amostragem; *Turnover* = variação na

composição em função da troca de espécies entre as áreas de amostragem; *Aninhamento* = variação na composição em função da perda de espécies entre as áreas de amostragem.

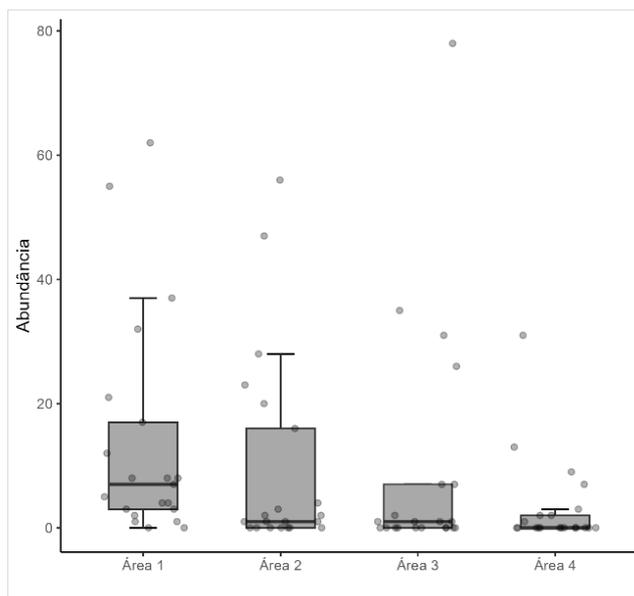


O teste de Kruskal-Wallis mostrou que existe diferença significativa em relação à abundância das espécies de aves nas áreas amostradas,  $X^2 = 13.348$ ;  $p = 0,003942$  (Fig.5). Os resultados do teste de *post hoc* de Dunn evidenciaram que, em relação ao número de registros, a área Caa (1) diferiu significativamente da área Ant (3) ( $p = 0,00798$ ) e da área Ant Tor (4) ( $p = 0,000476$ ), no entanto, não houve diferença significativa entre as áreas Caa (1) e Caa Tor (2) ( $p > 0,05$ ).

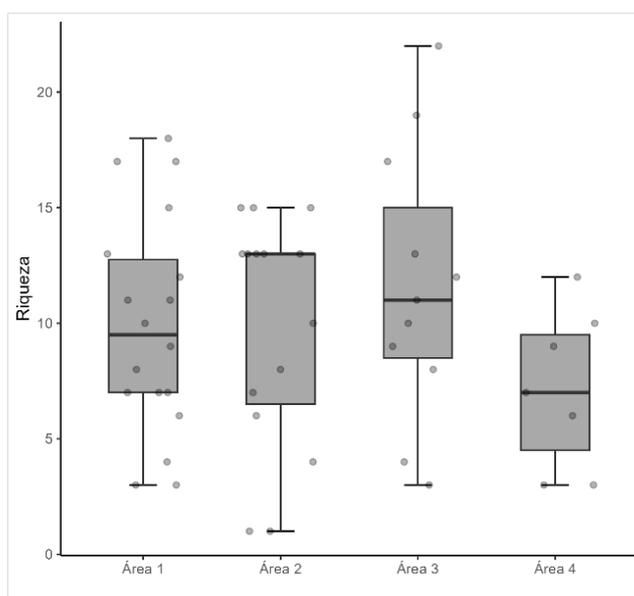
Ainda em relação à abundância, não encontramos diferenças significativas entre a área Caa Tor e as áreas Ant e Ant Tor ( $p > 0,05$ ), respectivamente. Também não houve diferença significativa entre as abundâncias das áreas Ant e Ant Tor ( $p > 0,05$ ).

No que se refere à riqueza de espécies, a partir do teste de Kruskal – Wallis não encontramos diferença significativa entre as áreas,  $X^2 = 3.445$ ;  $p = 0,3279$  ( $p > 0,05$ ) (Fig.6).

**Fig. 5** Boxplot indicando a abundância das espécies registradas na área de estudo em função das áreas de amostragens no Vale do São José, no município de Caetés. Legenda: Área 1 – área de Caatinga sem instalação de torres eólicas, Área 2 – área de Caatinga com instalação de torres eólicas, Área 3 – área antropizada sem instalações de torres eólicas e Área 4 – área antropizada com instalações de parques eólicos.



**Fig. 6** Boxplot indicando a riqueza das espécies registradas na área de estudo em função das áreas de amostragens no Vale do São José, no município de Caetés. Legenda: Área 1 – área de Caatinga sem instalação de torres eólicas, Área 2 – área de Caatinga com instalação de torres eólicas, Área 3 – área antropizada sem instalações de torres eólicas e Área 4 – área antropizada com instalações de parques eólicos.



## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que a riqueza de espécies encontrada na área de estudo equivale à 39,62% do número de aves de rapina listadas para a Caatinga (Araujo e Silva 2017) e representa 24,13% das espécies listadas como residentes no Brasil. A partir das medidas de diversidade, os dados demonstraram que a área de Caatinga sem instalação de parques eólicos (Caa) apresenta a maior riqueza e a maior abundância de aves de rapina de toda área de estudo. No que se refere a riqueza, no entanto, o teste de Kruskal-Wallis não apresentou diferença significativa entre as áreas, indicando que mesmo que constatado uma diferença no número de espécies entre as áreas, o efeito do parque eólico exclusivamente não é significativo.

Embora não seja possível confirmar que a diferença nos números de riqueza e abundância nas áreas sejam causadas exclusivamente pela presença dos parques eólicos, é possível propor que essa diferença na composição se dá pelas condições dos ambientes nessas áreas, que apresentam diferentes graus de antropização. Farfán et al. (2009) constataram que houve uma redução na riqueza de espécies de aves de rapina após a construção de um parque eólico na Província de Málaga, na Espanha. Os autores desse estudo constataram que o número de espécies de rapinantes registradas diminuiu nos anos consecutivos após a instalação do parque eólico. Falavigna et al. (2020) também evidenciaram mudanças na composição e riqueza das comunidades de aves nas fases de construção e operação de um parque eólico no município de Palmares do Sul, no Brasil.

Embora não encontradas diferenças estatísticas significativas entre as áreas, é possível notar a partir dos nossos resultados que houve uma diferenciação no padrão de ocorrência de determinadas espécies nas áreas. Estudos confirmam que algumas espécies de aves de rapina podem vir a sofrer variação na riqueza entre locais pouco ou muito impactados (Petersen et al. 2021). Notamos que espécies mais generalistas além de possuírem distribuição em todas as áreas de amostragens também se mostram mais abundantes. O oposto também foi observado, detectamos algumas espécies mais restritas aos habitats mais conservados, sendo menos registradas e exclusivamente na área de Caatinga sem a presença das torres eólicas.

Por outro lado, estudos já demonstraram que em determinadas áreas ocorreu o inverso, onde foi possível constatar o aumento na presença de aves de rapina a longo

prazo, em um parque eólico (Smallwood e Thelander, 2004), sugerindo que possivelmente as aves tenham se acostumado com as estruturas dos parques eólicos.

Os resultados do teste de Kruskal-Wallis indicam que existe de fato uma diferença significativa entre as áreas de amostragem no que se refere à abundância das espécies, e aponta que essa diferença se dá em relação a variação nas abundâncias da área Caa em comparação com as áreas Ant e Ant Tor, mas não demonstrou uma diferença entre as áreas Caa e Caa Tor. Aqui, mais uma vez, enfatizamos o provável efeito da antropização na diminuição da abundância de espécies entre as áreas, mas esse efeito talvez não possa ser atribuído ao parque eólico exclusivamente.

A área que apresentou a menor riqueza, abundância e diversidade (Ant Tor) foi a que apresenta o segundo maior valor de equitabilidade. Isso pode se dar devido ao fato de na área existir uma maior dominância de determinada (as) espécie (es), indicando que existe um padrão diferente de distribuição das espécies na área, e que essa dominância de espécies pode estar relacionada com a presença de espécies generalistas, que não sofrem com o efeito da antropização.

Corroborando com outros estudos a exemplo de Farfán et al. 2017, nosso trabalho mostra que a presença dos parques eólicos pode resultar em menor uso do habitat, pelo menos para algumas espécies específicas de aves. Larsen e Guillemette (2009) demonstraram que os parques eólicos são responsáveis pelo deslocamento e exclusão de aves, havendo uma redução no uso dos habitats dentro e ao redor dos parques eólicos, por determinadas espécies.

O índice de similaridade de Soresen aponta uma dissimilaridade na composição das espécies entre as áreas, e principalmente evidencia a distância entre a composição de espécies da área Caa em relação a área Ant Tor. Essa distância na variação da composição entre estas áreas é atribuída à perda de espécies, onde é possível constatar um maior valor na função de aninhamento ( $\beta$ -SEN 0.28). Embora em nosso estudo, a maior dissimilaridade aconteça entre uma área com menor grau de antropização e uma área com grau de antropização para além das instalações de torres eólicas, alguns trabalhos atribuem à presença dos parques eólicos a diminuição de espécies em consequência de deslocamento delas nesses habitats. Pearce-Higgins et al. (2009) afirmam que espécies de aves podem responder negativamente aos efeitos dos parques eólicos, apontando que as espécies em áreas de habitação próximas às turbinas deixaram seus habitats. Fernandez – Bellon et al. (2018) também evidenciaram uma diminuição na densidade populacional

de espécies de aves florestais em consequência da redução da cobertura florestal adjacente a turbinas eólicas.

A partir desse trabalho, percebemos que a comunidade de aves de rapina difere em riqueza de espécies e em abundância entre as áreas sem instalações de parques eólicos, com diferentes graus de antropização das áreas com instalações de torres eólicas também com diferentes graus de antropização. Conseqüentemente, existe uma variação na similaridade entre essas áreas, onde a área com menor grau de antropização e sem a presença de parques eólicos (área Caa) se destaca, sendo mais distante das demais. Notamos também que essa diminuição de riqueza e abundância se deu principalmente pela perda de espécies entre as áreas e em menor grau pela troca de espécies. No entanto, não encontramos diferenças estatísticas significativas entre essas áreas, principalmente entre as duas áreas com menor grau de antropização, mas com presença e ausência do parque eólico (Caa e Caa Tor, respectivamente).

Isso nos faz questionar se as diferenças entre as 4 áreas amostradas se dão exclusivamente pela presença dos parques eólicos, ou se estão atreladas a antropização seja ela de qual origem for. Portanto, torna-se necessário uma melhor compreensão de como as estruturas humanas afetam as populações de vida selvagem a fim de que se busque soluções para que se reduza a perda de biodiversidade e se intensifique os efeitos das medidas de conservação (Hovick et al. 2014).

## **CONCLUSÕES**

Nossos resultados apontam que há uma diferença na composição das espécies de aves de rapina nas áreas de amostragem, embora os dados apontem que não exista diferença significativa para riqueza e abundância entre as áreas amostradas. Percebemos uma diferenciação no padrão de ocorrência das espécies entre as áreas.

Com base nos nossos resultados, incentivamos pesquisas mais detalhadas, com estudos de longo prazo, para o melhor estabelecimento das tendências de impacto causados pelos parques eólicos. A partir do nosso trabalho ainda é possível concluir, que essa variação na ocorrência das espécies merece uma atenção no que se refere à novas tomadas de decisões, uma vez que a ocorrência ou não ocorrência de determinadas espécies em áreas com a presença das torres eólicas, pode nos fornecer informações de

que a espécie em questão esteja sendo impactada pelas instalações dos parques eólicos, carecendo de melhores planejamentos para empreendimentos futuros.

## REFERÊNCIAS

ABEÉolica (2022) Dados ABEÉolica. <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>. Acessado em 09 de janeiro de 2022.

Anjos, L et al. (2010) Técnicas de levantamento quantitativo de aves em ambiente florestal: uma análise comparativa baseada em dados empíricos. In: Von Matter, S. et al. (Eds), *Ornitologia e Conservação. Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, RJ, p. 61-76.

Araujo, HFP e Silva, JMC (2017) The Avifauna of the Caatinga: Biogeography, Ecology, and Conservation. In: Silva, M C, Leal, IR e Tabarelli, M (ed) *Caatinga The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*, p. 193-222.

Bernard, E et al. (2014) Blown in the wind: bats and wind farms in Brazil. *Natureza & Conservação*, v. 12, n. 2, p. 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2014.08.005>.

Dai, K et al. (2015) Environmental issues associated with wind energy – A review. *Renewable Energy*, v. 75, p. 911-921, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>.

Drewitt, AL e Langston, RHW (2008) Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *New York Academy of Sciences*, v.1134, p. 233-266. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.015>.

Echoenergia (2023) Nossos ativos. <https://www.echoenergia.com.br/nossos-ativos/complexo-eolico-sao-clemente/>. Acessado em 10 de fevereiro de 2022.

Falavigna TJ et al (2020) Changes in bird species composition after a wind farm installation: A case study in South America. *Environmental Impact Assessment Review*. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106387>.

Farfán MA et al (2009) What is the impact of wind farms on birds? A case study in southern Spain. *Biodiversity and Conservation*, v.18, p.3743-3758.

Farfán MA et al. (2017) Differential recovery of habitat use by birds after wind farm installation: A multi-year comparison. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 64, p. 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.02.001>.

Fernández-Bellon D et al. (2018) Effects of development of wind energy and associated changes in land use on bird densities in upland areas. *Conservation Biology*, v.33 (2), p. 413-422. <https://doi.org/10.1111/cobi.13239>.

FGV Energia (2020). Dados: Matriz Energética. <https://fgvenergia.fgv.br/dados-matriz-energetica>. Acessado em 03 de janeiro de 2023.

Hovick, TJ et al. (2014) Evidence of negative effects of anthropogenic structures on wildlife: a review of grouse survival and behaviour. *Journal of Applied Ecology*, v. 51, n. 6, p. 1680-1689. <https://www.jstor.org/stable/43869660>.

Larsen JK, Guillemette M (2007) Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk. *Journal of Applied Ecology*, v. 44, p. 516–622. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01303.x>.

Martínez-Abraín et al. (2012) Effects of wind farms and food scarcity on a large scavenging bird species following an epidemic of bovine spongiform encephalopathy. *Journal of Applied Ecology*, v.49, p. 109-117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02080.x>.

Meireles AJA (2011) Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locacionais. *Confins. Revista franco-brasileira de Geografia*. Vol.11.

Mendes CLS et al. (2017) Levantamento das aves de rapina (Accipitriformes, Cathartiformes, Falconiformes, Strigiformes) no município de Manhuaçu, Minas Gerais. *Anais do Seminário Científico do UNIFACIG*, n. 1, 2017.

Neri, M et al. (2019) Green versus green? Adverting potential conflicts between wind power generation and biodiversity conservation in Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 17, n. 3, p. 131-135. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.08.004>.

Petersen ES et al (2011) Utilização de diferentes hábitats por aves de rapina no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 19 (3), 376–384.

Reid T et al (2015) Using spatial analyses of bearded vulture movements in southern Africa to inform wind turbine placement. *Journal of Applied Ecology*, v.52, p. 881-892. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12468>

SAIDUR R et al (2011) Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, p. 2423-2430. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.024>.

Sick H (1997) *Ornitologia Brasileira*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

Vieira, AGT et al (2015) Análise interdisciplinar e arqueológica do vale do São José, Caetés, Agreste Meridional de Pernambuco, Brasil. *Revista Tarairú*, 1 (10): 7-25.

Vielliard, JME et al. (2010) Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). In: Von Matter, S. et al. (Eds). *Ornitologia e Conservação. Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, RJ, p. 45-60.

#### **4 - Conclusões**

Nossos resultados apontam que há uma diferença na composição das espécies de aves de rapina nas áreas de amostragem, embora os dados apontem que não exista diferença significativa para riqueza e abundância entre as áreas amostradas. Percebemos uma diferenciação no padrão de ocorrência das espécies entre as áreas.

Com base nos nossos resultados, incentivamos pesquisas mais detalhadas, com estudos de longo prazo, para o melhor estabelecimento das tendências de impacto causados pelos parques eólicos. A partir do nosso trabalho ainda é possível concluir, que essa variação na ocorrência das espécies merece uma atenção no que se refere à novas tomadas de decisões, uma vez que a ocorrência ou não ocorrência de determinadas

espécies em áreas com a presença das torres eólicas, pode nos fornecer informações de que a espécie em questão esteja sendo impactada pelas instalações dos parques eólicos, carecendo de melhores planejamentos para empreendimentos futuros.