



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

JEFFERSON SANTOS SILVA

**DINÂMICA DE FRAGMENTAÇÃO E PERDA DE HABITAT EM UMA REGIÃO ALVO DE
INTERESSE DE COMPLEXOS EÓLICOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE - PB

2024

JEFFERSON SANTOS SILVA

DINÂMICA DE FRAGMENTAÇÃO E PERDA DE HABITAT EM UMA REGIÃO ALVO DE INTERESSE DE COMPLEXOS EÓLICOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Ecologia e Conservação de Ecossistemas.

Linha de pesquisa: Biodiversidade e Conservação de Ecossistemas.

Orientadora: Profa. Dra. Julia Caram Sfair

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Kelly Gomes da Silva

CAMPINA GRANDE - PB

2024

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586d Silva, Jefferson Santos.

Dinâmica de fragmentação e perda de habitat em uma região alvo de interesse de complexos eólicos no semiárido brasileiro [manuscrito] / Jefferson Santos Silva. - 2024.

35 p. : il. colorido.

Digitado. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2025. "Orientação : Prof. Dr. Julia Caram Sfair, UECE - Universidade Estadual do Ceará." "Coorientação: Prof. Dr. Fernanda Kelly Gomes da Silva , Coordenação de Curso de Biologia - CCBS. "

1. Ecologia de paisagem. 2. Semiárido. 3. Aerogeradores.
4. Energias renováveis. I. Título

21. ed. CDD 577

JEFFERSON SANTOS SILVA

DINÂMICA DE FRAGMENTAÇÃO E PERDA DE HABITAT EM UMA REGIÃO ALVO DE INTERESSE DE COMPLEXOS EÓLICOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Ecologia e Conservação de Ecossistemas.

Linha de pesquisa: Biodiversidade e Conservação de Ecossistemas.

Aprovada em: 30/10/2024.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Julia Caram Sfair (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dra. Lucianna Marques Rocha Ferreira
Membro externo



Dr. Anderson Silva Pinto
Membro externo

Ao meu bom Deus e à minha família,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus por me sustentar, ser meu refúgio e proteção em cada passo durante essa minha caminhada.

Ao meu pai, Severino dos Santos, à minha mãe, Santana Santos, aos meus irmãos, Júlio César e Jessica Samara, que sempre me apoiaram e me deram forças.

À minha orientadora, profa. Dra. Julia Caram Sfair e à minha coorientadora Dra. Fernanda Kelly Gomes da Silva por toda dedicação e empenho nesse trabalho.

Aos professores, colegas e funcionários do programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação da UEPB, em especial a profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão, por todo incentivo durante esse meu processo formativo humano e profissional.

Ao Deputado Estadual Buba Germano, por todo seu empenho e dedicação a educação, ciência e tecnologia e a essa pesquisa.

Por fim, a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba pela bolsa concedida, Edital: Emenda Impositiva de Apropriação nº 484- LOA 2022.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A fragmentação é o processo de transformação e configuração do habitat em que ocorre a diminuição da área total florestal em vários pequenos fragmentos. Em florestas sazonalmente secas, as principais áreas foram fragmentadas principalmente para potencializar as diversas práticas exploratórias de uso da terra, a exemplo da agropecuária e recentemente, a construção de complexos eólicos. Dessa forma, o primeiro objetivo desta pesquisa foi investigar como aconteceram as principais mudanças espaço-temporais da vegetação de Caatinga e suas possíveis perdas e fragmentações do habitat na região do Seridó, no semiárido brasileiro. O segundo objetivo, foi comparar as localizações dos maiores fragmentos florestais e aerogeradores com os dados de curvas de nível que correspondem a altitude de um ponto em relação ao nível do mar. A construção dessa pesquisa utilizou uma série histórica de imagens entre o período de 1985 e 2023 que foram disponibilizadas pela coleção 9.0 do Projeto MapBiomias. Com o *software* Qgis versão 3.28, essas imagens foram reprojetadas e reclassificadas para as classes de uso da terra: Floresta, Agropecuária, Formação Natural Não Florestal, Corpos Hídricos, Área não vegetada. Utilizou-se também o *software* Fragstats 4.2 em que foram calculadas as métricas de paisagem: área total, porcentagem de área, número de fragmentos e índice de agregação. Para o período de análise entre 1985 e 2023, constatou-se a redução floresta de 56,6% em 1985 para 46,8% em 2023, o que pode apontar o aumento da perda e fragmentação de habitat. Além disso, o presente estudo evidenciou que a instalação dos novos empreendimentos eólicos está explorando as áreas de maiores altitudes que são vistas como região de interesse para exploração de energia eólica, podendo representar grande ameaça e refletindo nesse aumento da fragmentação e perda de habitat.

Palavras-chave: ecologia de paisagem; semiárido; aerogeradores; energias renováveis.

ABSTRACT

Fragmentation is the process of habitat transformation and configuration in which the total forest area is reduced into several smaller fragments. In seasonally dry forests, the main areas have been fragmented primarily to accommodate various exploitative land use practices, such as agriculture, livestock farming, and, more recently, the construction of wind energy complexes. The first objective of this study was to investigate the primary spatio-temporal changes in the Caatinga vegetation and assess its potential habitat loss and fragmentation in the Seridó region of the Brazilian semi-arid zone. The second objective was to compare the spatial distribution of the largest forest fragments and wind turbines with contour line data, which represent elevation relative to sea level. This study utilized a historical series of satellite images spanning from 1985 to 2023, obtained from the MapBiomas Project Collection 9.0. Using QGIS software version 3.28, these images were reprojected and reclassified into the following land use categories: Forest, Agriculture, Non-Forest Natural Formation, Water Bodies, and Non-Vegetated Areas. Additionally, Fragstats 4.2 software was employed to calculate landscape metrics, including total area, percentage of area, number of fragments, and aggregation index. The analysis revealed a decrease in forest cover from 56.6% in 1985 to 46.8% in 2023, indicating an increase in habitat loss and fragmentation. Furthermore, the study highlighted that new wind energy developments are targeting higher-altitude areas, which are considered strategic for wind energy exploitation. This trend poses a significant threat to these regions, contributing to increased habitat fragmentation and loss.

Keywords: landscape ecology; semi-arid; wind turbines; renewable energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa de localização do Seridó na região Nordeste do Brasil..... | 14 |
| Figura 2 – Torre eólica no Sítio Sombrio, Nova Palmeira-PB..... | 18 |
| Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 2010, 2015, 2020 e 2023 na região de Seridó, na Caatinga..... | 21 |
| Figura 4 – Porcentagem de uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2023 para a região do Seridó, na Caatinga..... | 23 |
| Figura 5 – Índice de agregação entre os anos 1985 e 2023 para a classe floresta na região de Seridó, na Caatinga..... | 23 |
| Figura 6 – Números de aerogeradores mapeados por ano na região do Seridó do RN e PB..... | 24 |
| Figura 7 – Mapa de concentração dos aerogeradores, fragmentos florestais e curvas de nível (m) na região de Seridó, na Caatinga..... | 25 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Métricas utilizadas na quantificação da estrutura da paisagem no Seridó, Brasil..... | 18 |
| Tabela 2 – Porcentagem de uso e cobertura da terra no Seridó por ano entre 1985 e 2023 (Apêndice A)..... | 33 |
| Tabela 3 – Índice de agregação das classes de uso da terra por ano entre 1985 e 2023 (Apêndice B)..... | 34 |
| Tabela 4 – Número de fragmentos por classe e ano (Apêndice C)..... | 35 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| IPCC | PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS |
| PB | PARAÍBA |
| RN | RIO GRANDE DO NORTE |
| SRTM | SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION |
| UTM | UNIVERSAL TRANSVERSO DE MERCATOR |
| WGS | WORLD GEODETIC SYSTEM |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 | CARACTERIZAÇÃO DO SERIDÓ..... | 14 |
| 2.1 | Localização e aspectos socioambientais..... | 14 |
| 2.2 | Complexos eólicos no Seridó..... | 15 |
| 3 | MATERIAS E MÉTODOS..... | 17 |
| 3.1 | Classificação do uso e ocupação da terra e métricas de paisagem..... | 17 |
| 3.2 | Potencial eólico..... | 18 |
| 4 | RESULTADOS..... | 21 |
| 5 | DISCUSSÃO..... | 26 |
| 5.1 | Estrutura e fragmentação da paisagem..... | 26 |
| 5.2 | Novos empreendimentos eólicos e fragmentação das áreas de altitude.... | 27 |
| 6 | CONCLUSÃO..... | 29 |
| | REFERENCIAS..... | 30 |
| | APÊNDICE A - TABELA DA PORCENTAGEM DE USO E COBERTURA DA TERRA NO SERIDÓ POR ANO ENTRE 1985 E 2023..... | 33 |
| | APÊNDICE B - TABELA DE ÍNDICE DE AGREGAÇÃO DAS CLASSES DE USO DA TERRA POR ANO ENTRE 1985 E 2023..... | 34 |
| | APÊNDICE C – TABELA DE NÚMEROS DE FRAGMENTOS POR CLASSE E ANO..... | 35 |

1 INTRODUÇÃO

A fragmentação da paisagem é o processo de ruptura ou divisão de uma área contínua de habitat (Fahrig, 2017; Taubert *et al.*, 2018). Esse processo ocorre na transformação da estrutura da paisagem em que um habitat se torna subdividido em fragmentos menores e, posteriormente, mais isolados (McGarigal; Cushman, 2002). Esse processo de fragmentação envolve outro conceito interligado, mas diferente, que é a perda de habitat (Fahrig, 2019). Esse processo, por sua vez, caracteriza a profunda degradação e até mesmo destruição do habitat (Fahrig, 2017).

Portanto, em sua maioria, a perda de habitat contribui significativamente para a fragmentação de habitat, ainda que a perda cause consequências mais danosas à estrutura de habitat (Franklin; Noon; George; 2002). Isso é evidenciado em um estudo realizado no Equador com florestas sazonalmente secas - que são destacadas como as mais ameaçadas pela fragmentação e perda de habitat - foi constatado que cerca de 27,04% da cobertura vegetal foi perdida desde 1990, representando uma perda de habitat anual de 94 km² (Rivas; Guerrero-Casado; Navarro-Cerillo, 2021). Em outras palavras, a perda e a fragmentação de habitat aumentam o número de pequenos fragmentos florestais e, por conseguinte, diminuem a área total florestal (Taubert *et al.*, 2018).

Nesse sentido, o domínio morfoclimático da Caatinga (Ab'Saber, 2003) é caracterizado por uma floresta seca de vegetação arbustiva-decídua, com a particularidade de perder suas folhas durante a estação seca, estando situada no Nordeste brasileiro, sendo restrita ao Brasil (Tabarelli *et al.*, 2018). Essa vegetação teve a sua exploração pelo ser humano caracterizada com o seu uso em práticas agropecuárias de pastagem para rebanhos, pousio para agricultura itinerante de corte e queima, ou ainda a produção de lenha (Silva; Leal; Tabarelli, 2017) que contribuem significativamente para a fragmentação e perda de habitat (Primack; Rodrigues; 2001).

Historicamente, essa exploração do uso e cobertura da terra para as práticas agropecuárias, sempre foi preferível as terras planas do que terras íngremes ou com relevo acidentado como serras, maciços e escarpas (Andrade *et al.*, 2016). Um estudo recente realizado na Caatinga analisou o nível de desmatamento através de um gradiente de altitude e concluiu que os maiores índices de desmatamento ocorreram em áreas mais baixas e com menor declividade do que em áreas de terrenos mais íngremes (Nogueira *et al.*, 2024).

Portanto, a agropecuária pode ser um fator determinante para a fragmentação e perda de habitat (Tilman *et al.*, 2017; Rogan; Lacher, 2018). Contudo, recentemente, na Caatinga a instalação em massa de complexos eólicos pode apresentar mudanças futuras nesse cenário de conservação,

principalmente em razão da exploração das áreas de altitude que foram pouco exploradas pela agropecuária devido à topografia e à limitação da mecanização (Toledo Filho *et al.*, 2010).

De acordo com Pacheco (2015), no processo de instalação de complexos eólicos, existem fases e estas causam impactos socioeconômicos e físicos à biota local, como o revolvimento e retirada da camada superficial dos solos; perda de solos por impermeabilização superficial; perda de vegetação natural; fragmentação da habitat; afugentamento da fauna silvestre; redução de habitat; atropelamento da fauna silvestre; acidentes de espécies aladas com aerogeradores e aumento da caça em função da melhoria de acessos. Desse modo, a fragmentação de habitat provoca uma matriz antropizada que podem ser as estradas (Miranda, 2008), mas também os próprios aerogeradores em si que podem atuar como uma barreira limitadora de movimento de espécies, sejam para dispersão, seja para colonização (Primack; Rodrigues; 2001).

Portanto, para compreender processos ecológicos como a fragmentação ou a perda de habitat, são utilizadas as métricas de paisagem que podem ser baseadas em mapas categóricos e possibilitam quantificar as classes de uso da terra, sendo possível compreender a estrutura, composição e configuração da paisagem (Neel; McGarigal; Cushman, 2004). Dessa forma, com objetivos e funcionalidades específicas é possível quantificar a forma, tamanho e conectividade dos elementos presentes na paisagem que podem ser divididos nos grupos de paisagem, classe e fragmento (Turner, 2005; Kumar *et al.*, 2018).

Através de imagens capturadas por sensores a bordo de satélites, são obtidos e gerados dados que se tornam fundamentais para compreender e analisar a estrutura da paisagem (Frazier; Kedron, 2017; Cunningham; Cunningham; Fagan, 2020). O uso dessas métricas tem o objetivo de quantificar e analisar a fragmentação ou perda de habitat ao longo de uma série histórica de anos (Baker; Cai, 1992) de forma a dimensionar as possíveis alterações da paisagem para compreender a dinâmica e os padrões de fragmentação e de estruturação da paisagem (Jackson; Fahrig, 2013).

A presente pesquisa justifica-se pela pelo avanço em massa desses novos empreendimentos das energias renováveis que tem o objetivo comum de explorar o potencial eólico nas áreas de altitude do Seridó e que por conseguinte serão impactadas pelos processos de fragmentação e perda de habitat na região.

Nessa perspectiva, O primeiro objetivo investigou como aconteceram as principais mudanças espaço-temporais da vegetação de Caatinga e suas possíveis perdas e fragmentações do habitat na região do Seridó no semiárido brasileiro. O segundo objetivo focou em comparar as localizações dos maiores fragmentos florestais e aerogeradores com os dados de curvas de nível que correspondem a

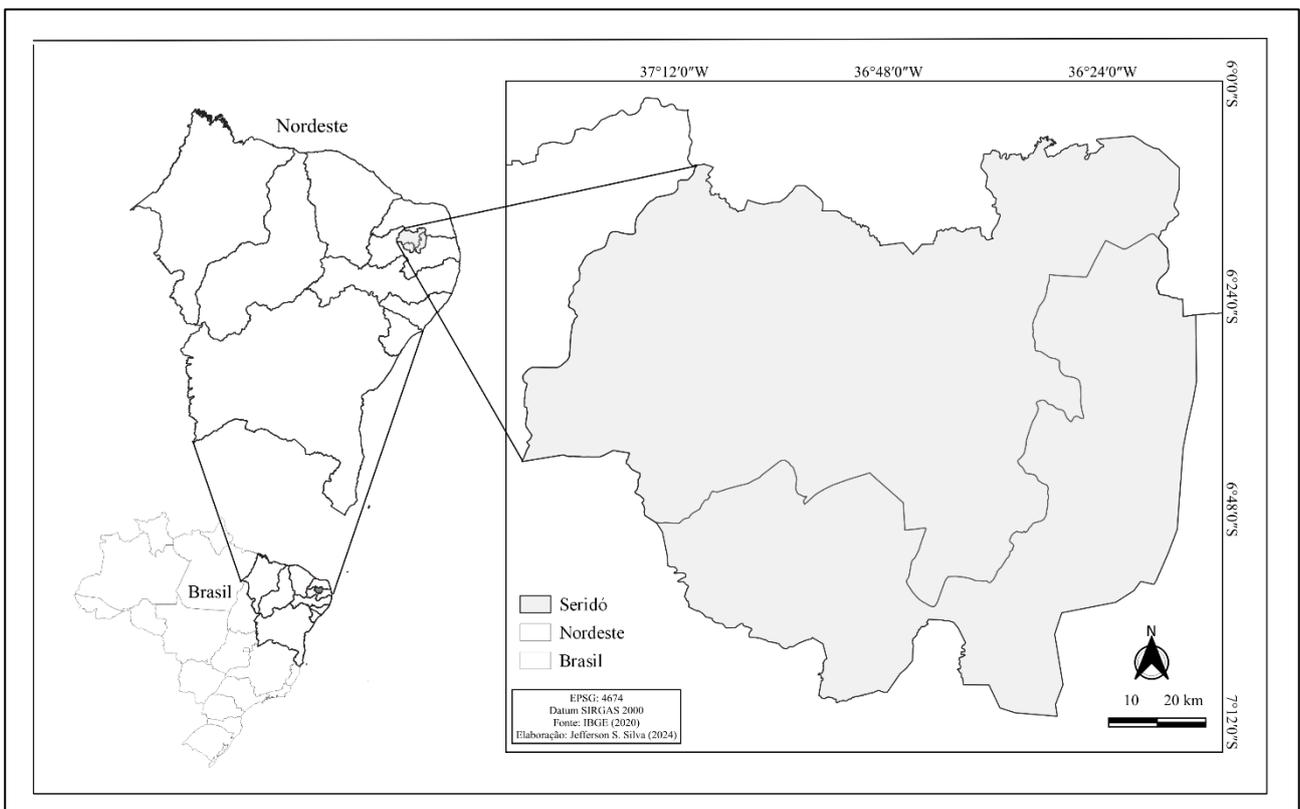
altitude de um ponto em relação ao nível do mar. Portanto, a hipótese dessa pesquisa é que os maiores e mais conservados fragmentos florestais estão localizados nas áreas de maiores cotas altimétricas que estão sendo, ou serão exploradas pelos novos empreendimentos eólicos.

2 CARACTERIZAÇÃO DO SERIDÓ

2.1 Localização e aspectos socioambientais

O Seridó (11.176 km²) está inserido na região semiárida do Brasil, precisamente no Nordeste brasileiro entre os Estados da Paraíba (PB) e Rio Grande do Norte (RN), composto por 32 municípios (Figura 1), sendo 15 na PB e 17 no RN (IBGE, 1990). Sua história retrata uma ocupação marcada por conflitos, escravidão do povo indígena, além do histórico de uso e ocupação da terra predominantemente caracterizado por práticas exploratórias como a pecuária e a cultura do algodão (Macedo, 2014).

Figura 1: Mapa de localização do Seridó na região Nordeste do Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Essa região também está inserida na bacia hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu e sub-bacia do Rio Seridó, área incidente de conflitos por água (ANA, 2018). Sua estrutura geomorfológica se caracteriza principalmente pela Depressão Sertaneja, Planalto da Borborema, áreas sobre Planícies Fluviais e topografia montanhosa a escarpada (Brasil, 2012). Os solos do Seridó são considerados de baixa fertilidade (Brasil, 2012), caracterizados como Neossolo Litólico, Luvisolo Crômico, Planossolo Nátrico (Santana, 2007). Todo o Seridó está listado como uma área suscetível à

desertificação em níveis que vão de grave a muito grave, sendo considerado também um núcleo de desertificação (Santana, 2007).

Nessa região é predominante o clima tropical quente e seco de tipo semiárido – BSh (Köppen) com temperaturas máximas e mínimas entre 22° e 33° C e precipitações anuais abaixo de 1000 mm (Immet, 2012). A vegetação consolidada é o domínio da Caatinga, vegetação hiperxerófila que varia entre aspectos de árvores e arbustos em uma estrutura de habitat esparsa (Brasil, 2012; Santana, 2007).

As condições geofísicas do seminário brasileiro e do domínio fitogeográfico da Caatinga que incluem o Seridó, somadas ao histórico de exploração e perturbações antropogênicas, como o uso de pastagem para rebanhos, pousio para agricultura itinerante de corte e queima, ou ainda a produção de lenha, empobreceram a vegetação em comparação com as formações originais dominantes na região outrora (Silva; Leal; Tabarelli, 2017).

2.2 Complexos eólicos no Seridó

A região do Seridó possui grande potencial eólico para instalação de complexos eólicos acima dos 100m de altitude acima do nível do mar (Amarante *et al.*, 2001; Rio Grande do Norte, 2022). Inclusive, algumas cidades da região já possuem parques eólicos funcionando ou em processo de licenciamento e construção, como Santa Luzia, Junco do Seridó, Salgadinho, Parelhas, Santana do Seridó, São José do Sabugi, Acari, Carnaúba dos Dantas, Currais Novos, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí.

Os municípios de Parelhas-RN e Santa Luzia-PB já tem complexos eólicos instalados e funcionando. O empreendimento ‘Oeste Seridó’ de responsabilidade da Empresa Elera, estabeleceu 10 parques eólicos com 55 aerogeradores para a cidade de Parelhas-RN. Já o município de Santa Luzia-PB conta com a administração da Empresa Neoenergia para o empreendimento ‘Chafariz’ que é composto por 15 parques eólicos com 136 aerogeradores. Só para melhorar o acesso aos parques eólicos do Chafariz, foram construídos cerca de 116 Km de estradas (Iberdrola, 2024).

Para além disso, existem outras empresas como Ventos de São Cleófas Energias Renováveis S.A. e Casa dos Ventos Energias Renováveis S.A. que desejam se instalar em municípios do Seridó, e construir complexos eólicos como o: Complexo Eólico Pedra Lavrada, que, pretende ser instalado entre os municípios de Pedra Lavrada, Nova Palmeira, Picuí e Frei Martinho, no estado da Paraíba, e Currais Novos, Acari, Parelhas e Carnaúba dos Dantas, no Rio Grande do Norte (Gimenes, 2023).

Esse complexo eólico conta com a previsão de 27 parques eólicos com cerca de 372 aerogeradores, afetando uma área aproximadamente de 1.599,31 hectares (Santos, 2024). Além desses, a CTG Brasil, também busca a instalação de mais 23 parques eólicos com 108 aerogeradores na região do Seridó Intitulado: Complexo eólico Serra da Palmeira exemplificado na Figura 02 (Tractebel, 2023).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Classificação do uso e ocupação da terra e métricas de paisagem

A dinâmica de fragmentação de habitat espaço-temporal foi realizada através técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica, sendo considerados todos os anos (tabela 01) entre 1985 e 2020. Os dados de uso e ocupação da terra foram adquiridos através da rede colaborativa, constituída por ONGs, universidades, *startups* de tecnologia, intitulada de: Projeto MapBiomas Brasil (Sousa *et al.*, 2020) que tem por objetivo levantar dados de uso e cobertura da terra para o Brasil.

Essa pesquisa foi desenvolvida através da mais recente coleção 9 do Mapbiomas para a Caatinga que utiliza imagens do programa de satélites *Landsat*. A classificação de uso e cobertura da terra pelo Mapbiomas foi construída com base nos algoritmos de aprendizado de máquina *Random Forest* e *gradient boosting* (ROCHA *et al.*, 2024).

Inicialmente, essas imagens adquiridas foram reprojatadas utilizando o *software* Quantum GIS (QGIS), versão 3.28 Firenze, para WGS 84, UTM zona 24, Sul, projeção respectiva a área de estudo. Posteriormente, foi feita a reclassificação por tabela das classes de uso e cobertura da terra que foram disponibilizadas pelo Mapbiomas - seguindo sua própria metodologia - para as de interesse que seriam utilizadas nas métricas de paisagem. Foram utilizados os dados na imagem que equivaliam ao valor mínimo de um *pixel* na paisagem, ou seja, 30m.

Dessa forma, algumas classes foram reclassificadas da seguinte forma: as classes de Formação Florestal e Formação Savânica foram reclassificadas para Floresta. As classes de Pastagem, Outras Lavouras Temporárias e Mosaico de Usos foram reclassificadas também para uma única classe: Agropecuária. Áreas não vegetadas, Áreas de Mineração e área Construída, foram todas reclassificadas para Área não vegetada. As áreas de formação Campestre já estavam classificadas como Formação Natural Não Florestal, então não tiveram reclassificações. Da mesma forma, a classe de Corpos Hídricos que corresponde a todos os rios e lagos presentes na imagem.

As métricas de paisagem foram calculadas no *Software* livre Fragstats 4.2 (McGarigal, 2023) que utiliza imagens de entrada em formato GeoTiff e pode realizar o cálculo em três grupos: Fragmentos, Classes e Paisagem. Foram calculadas as seguintes métricas para Classe: percentagem da paisagem (Pland), número de fragmentos e índice de agregação; e para métricas de Paisagem, área total. O uso de cada métrica (Tabela 1) foi essencial para quantificar e analisar a fragmentação e perda de habitat ao longo de uma série histórica de 38 anos.

Tabela 1: Métricas utilizadas na quantificação da estrutura da paisagem no Seridó, Brasil.

| | Métrica | Sigla e Unidade | Grupo |
|--|---|----------------------------|----------|
| Área Total | Define a extensão da paisagem. | TA > 0 (m ²) | Paisagem |
| Porcentagem Da Área De Paisagem | CPLAND é igual à soma das áreas centrais de cada mancha (m ²) do tipo de classe correspondente, dividida pela área total da paisagem (m ²), multiplicada por 100. | Porcento | Classe |
| Número De Patches | NP é igual ao número de <i>patches</i> do tipo de <i>patch</i> correspondente (classe). | NP ≥ 1 (adimensional) | Classe |
| Índice De Agregação | AI é igual ao número de adjacências semelhantes envolvendo a classe correspondente. | 0 ≤ AI ≤ 100 (Porcento) | Classe |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

De acordo com as métricas fornecidas pelo *fragstats* (Mcgarigal; Cushman.; Ene, 2023) a métrica de Área total, foi utilizada com o objetivo de dimensionar o tamanho da área de estudo. A métrica de porcentagem de área por paisagem, teve o objetivo de definir a porcentagem de cada classe de uso da terra na paisagem, essas classes são: Floresta, agropecuária, formação natural não florestal, corpos hídricos, área não vegetada. O número de patches define o número de fragmentos por cada classe, sendo a soma de todos os fragmentos, o número total de fragmentos na paisagem analisada. Por fim, o índice de agregação definindo que quanto mais próximo o valor da classe estiver de 100%, maior será o nível de agregação e compactação dos fragmentos em um único fragmento.

3.2 Potencial eólico

Com o QGIS 3.28 (Firenze) foram extraídas as curvas de níveis de cotas altimétricas para a respectiva área de estudo tentando compreender as relações entre os maiores fragmentos florestais e as áreas de maiores altitudes, e em que cotas altimétricas estão instalados os aerogeradores presentes na região, por se tratar de uma área que brevemente será explorada por seu potencial eólico e em que ainda mais aerogeradores serão instalados nessas áreas.

Através do site TOPODATA (Kanegae, 2011) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, foi obtido a imagem SRTM do Seridó para extração das curvas de nível que serviram como modelo das cotas altimétricas do Seridó. Dessa forma foi possível cruzar os dados de localização dos aerogeradores e dos maiores fragmentos florestais com as cotas de altitude do Seridó.

Figura 2: Torre eólica no Sítio Sombrio, Nova Palmeira-PB.



Fonte: Geraldo Junior, 2024.

Dessa forma, para compreender a fragmentação e perda de habitat causada pelos empreendimentos eólicos foram mapeados todos os aerogeradores encontrados no Seridó por ano desde 2017 através de imagens de satélites disponibilizadas pelo *software Google Earth Pro*. Esse programa, dispõe de uma série histórica de imagens capturas por sensores a bordo de satélites (Landsat/Copernicus) que supria as necessidades dessa pesquisa, sendo possível localizar e realizar o mapeamento dos aerogeradores.

Todos, foram localizados pela marcação de pontos em sua localização, sendo conferido ano após ano na série histórica de imagens. O objetivo era dimensionar a quantidade existente de aerogeradores por ano entre 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, e que foi realizado com sucesso e exatidão.

Após esse mapeamento, foi utilizado o software Qgis 3.28 Firenze para converter de raster para vetor as imagens obtidas através do projeto Mapbiomas. Com base na tabela de atributos, utilizando a ferramenta de selecionar por feição no Qgis 3.28 Firenze, foram considerados e obtidos os maiores fragmentos florestais presentes na paisagem, depois disso, cada fragmento foi salvo separadamente no projeto e por fim, mapeado.

4 RESULTADOS

Inicialmente, para o período de análise entre os anos de 1985 e 2023 (Figura 3), constatou-se que o ano de 1985 apresentou o maior índice de conservação da classe de floresta, com cerca de 56,6% de área florestal, sendo este também, o maior índice da floresta analisado nessa dinâmica. Nesse mesmo ano, a classe de agropecuária registrava cerca de 37% da área total. Sendo descoberto ainda, que para o Seridó as áreas de pastagem são as maiores e mais utilizadas das práticas agropecuárias, em sua maioria, usadas para rebanhos bovinos e caprinos.

O ano de 1990 registra uma inversão desses valores se comparado a 1985 em que a classe de Floresta pela primeira vez, nesse período de análise, aparece com percentuais de cobertura da terra menores que de outras classes, com cerca de 48,5%. Essa diminuição expressiva da cobertura florestal entre 1985 e 1990 pode ser explicado pelo aumento da Agropecuária que registrou 49,2% da paisagem, representando assim a diminuição da cobertura vegetal e por conseguinte, o aumento da fragmentação de habitat baseado em práticas agropecuárias (Figuras 3 e 4).

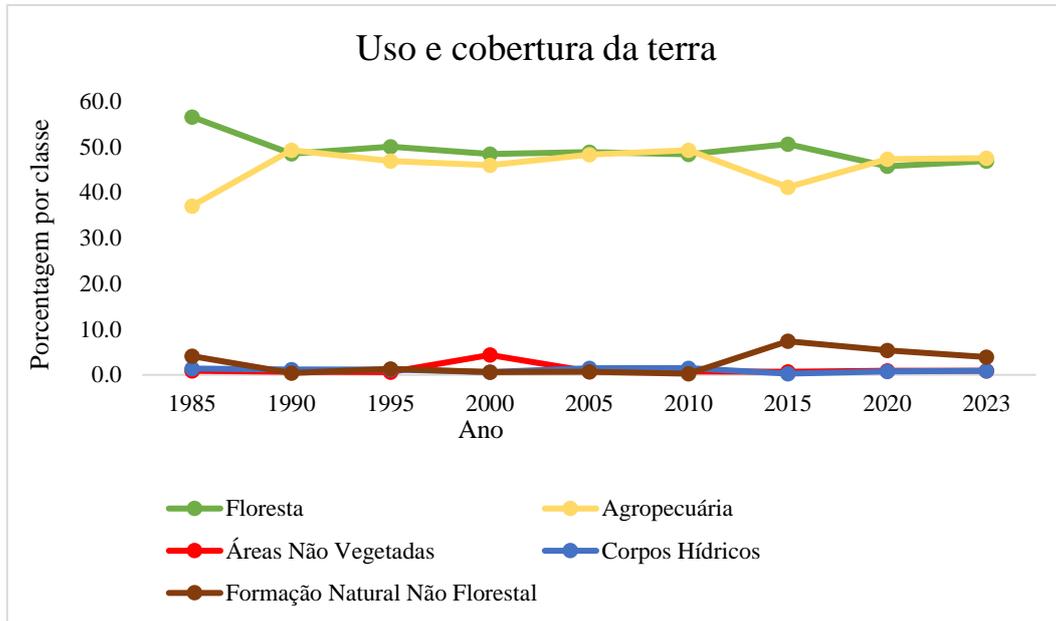
De acordo com os dados obtidos na dinâmica espaço-temporal do Seridó é possível compreender, que entre 1990 e 2023 existem momentos de alternância dos maiores valores de percentagem de uso e cobertura da terra para as classes de floresta e agropecuária. Esses dados podem evidenciar a perda e fragmentação de habitat a partir dos avanços das práticas agropecuárias, principalmente em áreas de pastagem. Essa alternância na percentagem da cobertura da terra se comparado ao período inicial da análise, evidencia a clara diminuição da cobertura florestal e o aumento da classe de agropecuária (Figuras 2 e 3).

Figura 3: Mapa de Uso e Cobertura da terra para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 2010, 2015, 2020 e 2023 na região de Seridó, na Caatinga.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 4: Porcentagem de uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2023 para a região do Seridó, na Caatinga.



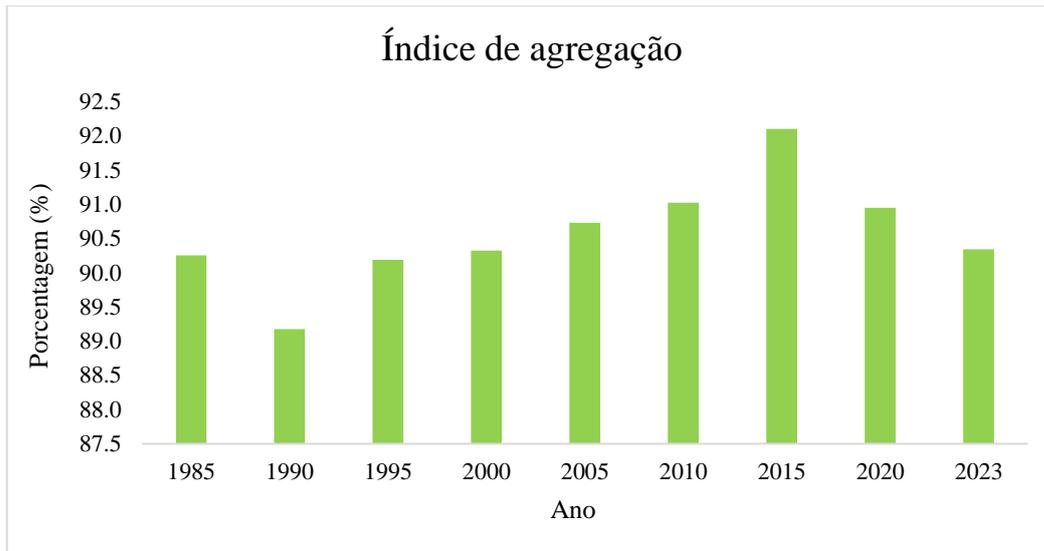
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O número de fragmentos (NP) na paisagem para o ano de 1985 equivalia ao total de 34.865 (111 mil ha), sendo 7.958 (63 mil ha) para a classe de floresta; 11.450 (41 mil ha) para agropecuária; 4.876 (1 mil ha) para áreas não vegetadas que representam área construída, solo exposto e ambientes antropizados; 2.279 (1,5 mil ha) fragmentos que representavam corpos hídricos da região; e 8.302 (4,5 mil ha) para formação natural não florestal.

Para o ano de 2023, se comparado ao início da análise, a métrica de número de fragmentos já indica uma estrutura de paisagem com menos fragmentos totais, cerca de 30.829. Contudo, esse número de fragmentos aumenta quando se trata da classe de floresta, com 12.111. Além disso, o tamanho desses fragmentos somados em hectares (ha) apresenta diminuição, saindo de 63 mil ha em 1985 para 52 mil hectares em 2023. Os dados apresentam o inverso para a agropecuária com 8.298 fragmentos e 53 mil hectares.

Nesse sentido, o ano de 1990 é o que apresenta a menor média para este período de análise com 89,2 %. Essa média é a mais baixa em comparação aos outros anos delimitados (Figura 5) e de acordo com as outras métricas já analisadas. O que pode indicar através da métrica de índice de agregação que principalmente a floresta tem fragmentos com bons níveis de agregação.

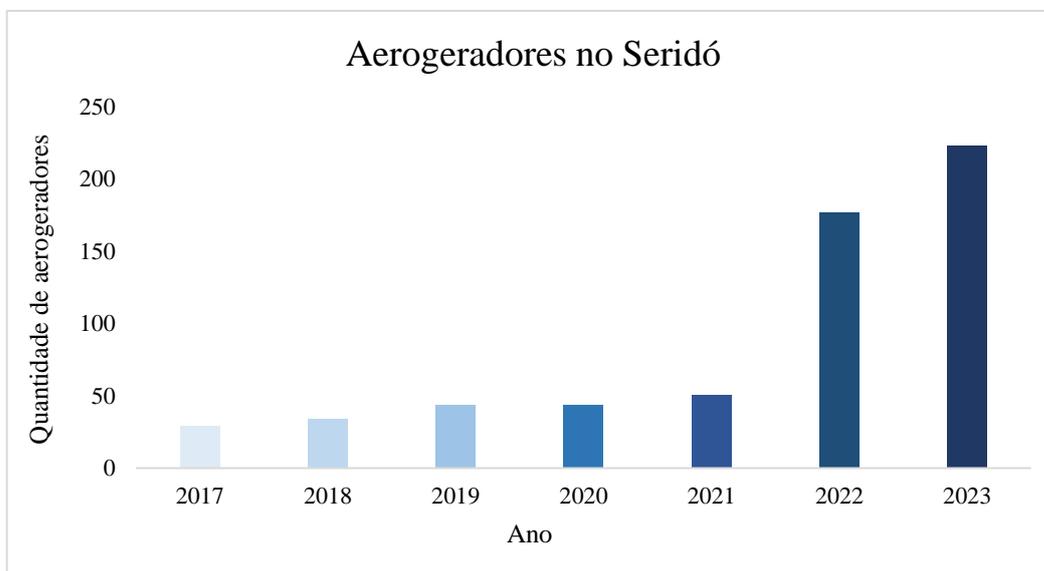
Figura 5: Índice de agregação entre os anos 1985 e 2023 para a classe floresta na região de Seridó, na Caatinga.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Os primeiros complexos eólicos se tornam visíveis em 2017 com 29 aerogeradores. No ano de 2018 foram localizadas 34 torres eólicas. Em 2019 e 2020 esse número é ampliado e são registradas 44 torres. O ano de 2021 são localizados 51 aerogeradores e rapidamente, esse número passa 177 no ano de 2022. Para o ano de 2023, foram mapeadas ao todo 223 torres eólicas no Seridó (Figura 6).

Figura 6: Números de aerogeradores mapeados por ano na região do Seridó do RN e PB.



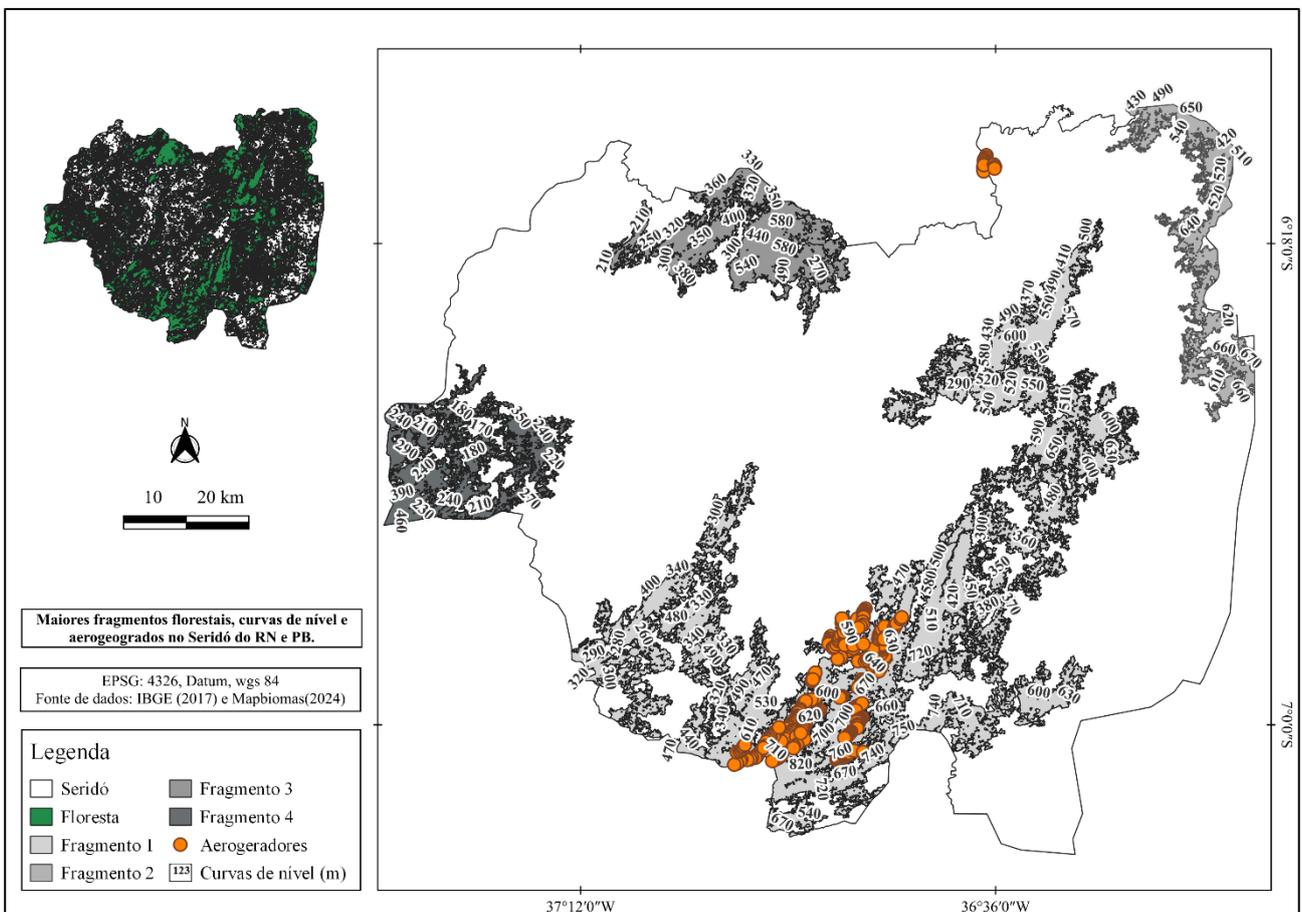
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A exceção de 13 aerogeradores localizados na cidade de Currais Novos-RN, porção Norte do Seridó, a maior concentração dessas torres está acentuada entre os municípios de: São Mamede, Santa

Luzia, São José do Sabugi e Junco do Seridó que abrigam as maiores cotas altimétricas e o maior fragmento florestal existente na região.

Foram mapeados quatro (04) grandes fragmentos florestais na região, que não estão conectados entre si, mas são considerados os maiores e que devem abrigar maior biodiversidade. O fragmento 01 possui cerca de 185.290 mil hectares; o fragmento 02 cerca de 24.164 mil hectares; o fragmento 03 possui 33.828 mil hectares; e por fim, o fragmento 04 com cerca de 31.666 mil hectares.

Figura 7: Mapa de concentração dos aerogeradores, fragmentos florestais e curvas de nível (m) na região de Seridó, na Caatinga.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Na localização desses fragmentos florestais foram extraídas curvas de nível que confirmam que os principais e maiores fragmentos estão concentrados, principalmente, acima de 200m de altitude, o que indica uma relação direta entre os níveis de altitude e os fragmentos florestais mais conservados da região do Seridó.

5 DISCUSSÃO

5.1 Estrutura e fragmentação da paisagem

A análise da dinâmica espaço-temporal da paisagem do Seridó evidencia transformações no uso e cobertura da terra como, a diminuição da cobertura florestal, principalmente, devido ao aumento do uso de práticas agropecuárias a exemplo da pastagem para rebanhos (Barbosa *et al.*, 2021). De acordo com Périco *et al.* (2005), essas práticas proporcionam a substituição de áreas de floresta por áreas de pastagem. Dessa forma, o grau de supressão da floresta determina os níveis de fragmentação e degradação do habitat (Ma *et al.*, 2023).

Portando, ao analisar e comparar os anos dessa dinâmica para o Seridó, foi registrado cerca de 9,8% de perda de cobertura florestal e 10,5% de aumento da agropecuária, o que poderia ser explicado de acordo com Brasil (2002) que as atividades agrícolas praticadas no semiárido brasileiro representam uma das maiores causas de redução da floresta e, conseqüentemente, da biodiversidade. Em outras palavras, isso significa que no Seridó entre 1985 e 2023 houve considerável expansão das práticas agropecuárias e, conseqüentemente, aumento da perda e fragmentação de habitat.

Para além disso, um recente estudo realizado na Caatinga brasileira, destaca que a floresta se encontrava subdividida em 47.100 fragmentos, e que cerca de 91% deles possuem menos de 500 ha, e apenas 720 fragmentos têm mais de 10.000 ha, o que corresponde a cerca de 78% da vegetação remanescente (Antongiovanni; Venticinque; Fonseca, 2018). Para este estudo citado, por limitação de processamento de imagens, já que se tratava de uma área muito grande, foram desconsideradas áreas menores de 1 hectare em sua metodologia, não levando em consideração fragmentos menores que também são importantes para outros processos ecológicos.

Por se tratar de uma área menor (11.117 km²), no presente estudo, foram considerados também os fragmentos florestais menores que 1 hectare, sendo proposto que os 46,8% da área de floresta para o ano de 2023 estavam distribuídos em 12.111 fragmentos florestais totais, sendo um número muito grande de fragmentos para o tamanho da área, se comparado ao estudo de Antongiovanni; Venticinque; Fonseca (2018) para toda a Caatinga. Esse dado revela a importância de estudos também com áreas de fragmentos menores que 1 hectare para compreender toda a estrutura do habitat.

Dessa forma, para compreendermos processos ecológicos, além de conhecer a quantidade e tamanho dos fragmentos florestais, é importante compreender o quão próximos estes estão (Tucker *et al.*, 2024). Nessa análise, o ano de 1990, apresentou o menor índice de agregação para o Seridó (89,2%), esse número pode sugerir o aumento da perda e fragmentação de habitat no Seridó para o

ano de 1990. Contudo, os outros anos da análise (tabela 02) podem indicar boa conectividade entre os fragmentos florestais e corroborar os dados trazidos por Fonseca (2017) propondo que a Caatinga se encontrava razoavelmente bem conectada, principalmente para espécies com maior capacidade de deslocamento.

5.2 A fragmentação das áreas de altitude e os novos empreendimentos eólicos

Um estudo recente aponta que no processo de ocupação do território para a urbanização, foram preferíveis as áreas planas do que as áreas de altitude, proporcionando, nesses processos, perda de habitat para todas as classes de floresta analisadas nas áreas mais planas (Loge; Fonseca; Silveira, 2024). Desse modo, pode-se compreender que algumas ações antrópicas só não são mais incisivas por limitações impostas pela própria natureza, como a altitude, o que corrobora dados da presente pesquisa identificando que os maiores e mais conservados fragmentos florestais estavam concentrados principalmente em áreas acima de 200m de altitude.

Portanto, sendo exposto que além da capacidade de superar limitações topográficas, a instalação de aerogeradores avança rapidamente no Seridó. No ano 2017 existiam 29 aerogeradores, e em 2023 já somam 223 torres eólicas funcionando no Seridó. A exceção do crescimento tímido entre 2019 e 2021, que pode ser explicado pelo momento delicado vivenciado durante a pandemia de Covid-19, o avanço em massa desses empreendimentos eólicos é considerável e gigantesco.

Estudos sobre a instalação complexos eólicos indicam inúmeros impactos dessa ocupação ao ecossistema: a fragmentação, perda de habitat e aumento da caça predatória em resposta as facilidades de acesso pelas estradas construídas (Kiesecker *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2019). Dessa forma, a instalação em massa de complexos eólicos pode colocar em risco a conservação dos maiores e mais conservados fragmentos florestais do Seridó, e por conseguinte, toda a sua biodiversidade, o que causaria danos incalculáveis ao ecossistema local.

Para além disso, outro fator que deve ser levado em consideração sobre a fragmentação e perda de habitat são as mudanças climáticas, de acordo com dados do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC): as mudanças nos padrões atmosféricos aumentam a imprevisibilidade do clima e conseqüentemente, o aumento de eventos climáticos extremos como as cheias e secas (IPCC, 2021). Isso significa que para a região semiárida do Seridó (Santos; Perez-Marin; Forero *et al.*, 2013), esses fenômenos climáticos podem indicar um cenário de aumento e intensificação da fragmentação e perda de habitat (Mantyka-Pringle; Martin; Rhodes, 2012).

Nesse sentido, se levado em consideração a imprevisibilidade climática e a capacidade dos empreendimentos eólicos de superarem as limitações naturais de cotas altimétricas - que atuam como refúgio dessas áreas de Caatinga - tem-se a possível criação de um cenário crítico e ameaçador para a manutenção e conservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou que a agropecuária até então, tem sido o fator de maior impacto na fragmentação e perda de habitat no Seridó, principalmente, com a prática agropecuária de pastagem para rebanhos, sendo a atividade mais desenvolvida. Além disso, a instalação dos aerogeradores está explorando as áreas de maiores cotas altimétricas do Seridó pelo seu potencial eólico. Contudo, é também nessas áreas que estão concentrados os maiores fragmentos florestais da região.

Dessa forma, compreende-se que além das práticas agropecuárias e processos de urbanização, a instalação em massa desses empreendimentos eólicos, representa o aumento do potencial de exploração, fragmentação e perda de habitat nas florestas do Seridó. Como consequência, ameaça aos maiores e mais conservados fragmentos florestais encontrados na região do Seridó e que estão localizados nessas áreas que são de interesse para instalação desses complexos eólicos.

Recomenda-se então que, novos estudos são essenciais para aprofundar o entendimento sobre os futuros impactos dos complexos eólicos nas áreas de altitude do Seridó, especialmente no que diz respeito à fragmentação e perda de habitat, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis para a expansão da tão importante e necessária energia renovável.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. *Os domínios de natureza do Brasil: Potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AMARANTE, O. A. C. et al. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília: Ministério de Minas e Energia (MME), 2001. p.45. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em: 21 nov. 2024.
- ANA - Agência Nacional das Águas (Brasil). *Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu: resumo executivo*. Brasília: ANA, 2018.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. *Landscape Ecology*, v. 33, n. 8, p. 1353–1367, 1 ago. 2018.
- BAKER, W. L.; CAI, Y. Os programas de papel para análise multiescala da estrutura da paisagem usando o sistema de informação geográfica GRASS. *Landscape Ecology*, v. 7, p. 291–302, 1992. DOI: 10.1007/BF00131258.
- BARBOSA, C. S. et al. Caracterização da pastagem em Caatinga raleada no Semiárido Baiano. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 22, n. 2, p. 61–65, 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros*. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Desenvolvimento Regional. *Plano de Ação Integrada e Sustentável da Mesorregião do Seridó*. Brasília, 2012. 176 p.
- CUNNINGHAM, D.; CUNNINGHAM, P.; FAGAN, M. E. Evaluating Forest Cover and Fragmentation in Costa Rica with a Corrected Global Tree Cover Map. *Remote Sensing*, v. 12, n. 3226, 2020. DOI: 10.3390/rs12193226.
- FAHRIG, L. Habitat fragmentation: A long and tangled tale. *Global Ecology and Biogeography*, v. 28, p. 33–41, 2019. DOI: 10.1111/geb.12839.
- FAHRIG, L. Ecological responses to habitat fragmentation per se. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 48, p. 1-23, 2017.
- FONSECA, M. A. *Fragmentação, conservação e restauração da Caatinga*. 2017. 102 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Natal, 2017.
- FRANKLIN, A.; NOON, B.; GEORGE, T. What is habitat fragmentation? *Studies in Avian Biology*, v. 25, p. 20–29, 2002.
- FRAZIER, A. E.; KEDRON, P. Landscape Metrics: Past Progress and Future Directions. *Current Landscape Ecology Reports*, v. 2, n. 3, p. 63–72, 1 set. 2017.
- GIMENES, Erick. Energia eólica: projeto ameaça destruir sítios arqueológicos e quilombolas. *The Intercept Brasil*, 15 mar. 2023. Disponível em: <https://www.intercept.com.br/2023/03/15/energia-eolica-projeto-ameaca-destruir-sitios-arqueologicos-e-quilombolas/>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. Rio de Janeiro, 1990.

- IBERDROLA, S.A. Complexo eólico Chafariz: Chafariz reafirma nosso compromisso com a energia eólica onshore na América Latina. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/quem-somos/nossa-atividade/energia-eolica-onshore/complexo-eolico-terrestre-chafariz>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Climatologia e gráficos. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- IPCC, Intergovernmental Panel On Climate Change. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. v. 1, 3949 p.
- JACKSON, H.; FAHRIG, L. *Habitat Loss and Fragmentation*. In: **Encyclopedia of Biodiversity**. 31 dez. 2013. p. 50-58. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00399-3>.
- KIESECKER, J. M. *et al.* Win-Win for Wind and Wildlife: A Vision to Facilitate Sustainable Development. *PLoS ONE*, v. 6, n. 4, p. e17566, 2011.
- KUMAR, M. *et al.* Landscape metrics for assessment of land cover change and fragmentation of a heterogeneous watershed. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 10, p. 224–233, 2018.
- LOGE, P.; FONSECA, E. L. D.; SILVEIRA, A. L. L. D. Fragmentação da paisagem no contexto conceitual de uma trama verde-azul em Porto Alegre (Rio Grande do Sul), Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, p. 279–290, 2023.
- MANTYKA-PRINGLE, C. S.; MARTIN, T. G.; RHODES, J. R. Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, v. 18, n. 4, p. 1239-1252, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02593.x.
- MA, J. *et al.* Global forest fragmentation change from 2000 to 2020. *Nature Communications*, v. 14, n. 3752, p. 1-10, 2023. DOI: 10.1038/s41467-023-39221-x.
- MACEDO, H. A. M. de. Reflexões sobre a questão indígena no Seridó: entre a história e o patrimônio cultural. *Revista Espacialidades*, v. 7, n. 01, p. 217–238, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/espacialidades/article/view/17696>. Acesso em: 19 mar. 2024.
- McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; ENE, E. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. 2023. Software produzido pelos autores. Disponível em: <https://www.fragstats.org>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- MIRANDA, G.; AQUINO, F. Consequências Ambientais da Fragmentação de Hábitats no Cerrado. In: *Cerrado: ecologia e flora*, p. 383-398, 2008.
- NEEL, M. C.; MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology*, v. 19, p. 435–455, 2004. DOI: 10.1023/B.0000030521.19856.cb.
- NOGUEIRA, E. *et al.* Cutting of dry forests in a semiarid region of northeastern Brazil. *Regional Environmental Change*, v. 24, p. 2, fev. 2024.
- PACHECO, T. B. Brasil Energia eólica e seus impactos ambientais: estudo de caso Complexo Eólico Moinhos de Vento-BA. 116 f. UNIFACS, 2015.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. *Biologia da conservação*. Londrina: Editora Planta, 2001.

RIO GRANDE DO NORTE. Atlas eólico e solar do Estado do Rio Grande do Norte. Natal: Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis, 2022. 212 p. Disponível em: [arquivo fornecido pelo usuário]. Acesso em: 21 nov. 2024.

RIVAS, C. A.; GUERRERO-CASADO, J.; NAVARRO-CERILLO, R. M. Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: impact on conservation. *Forest Ecosystems*, v. 8, n. 46, 2021. DOI: 10.1186/s40663-021-00329-5.

ROCHA, W. J. S. F. *et al.* Caatinga: Appendix Collection 9 Version 1. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2024. P. 1-35

SANTOS, A. P. S.; PEREZ-MARIN, A. M.; FORERO, L. F. U. *et al.* Conhecendo o Semiárido. In: *Seridó: O Semiárido Brasileiro – Riquezas, Diversidades e Saberes*. Campina Grande-PB: Instituto Nacional do Semiárido – Ministério de Ciência e Tecnologia, 2013. p. 73.

SANTOS, I. Novo complexo eólico no RN e PB ameaça biodiversidade, arqueologia e comunidades tradicionais, alerta nota técnica. Disponível em: <https://saibamais.jor.br/2023/01/novo-complexo-eolico-no-rn-e-pb-ameaca-biodiversidade-arqueologia-e-comunidades-tradicionais-alerta-nota-tecnica/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SILVA, J. M. C. da; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Eds.). *Caatinga—The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer International Publishing, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-68339-3.

TABARELLI, M. *et al.* Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. *Ciência e Cultura*, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018.

TRACTEBEL ENGINEERING Ltda. *Estudo de impacto ambiental: complexo eólico Serra da Palmeira*. Belo Horizonte: Tractebel, abril de 2023.

TILMAN, D. *et al.* Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, v. 546, n. 7656, p. 73–81, 2017.

TOLEDO FILHO, D. V. *et al.* Estudo de três fragmentos florestais de altitude no município de Itapira – Estado de São Paulo. *Revista Instituto Florestal*, v. 80, n. 158, p. 243-256, 2010.

TURNER, M. G. Landscape ecology: what is the state of the science? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 36, p. 319-344, 2005.

**APÊNDICE A - TABELA DA PORCENTAGEM DE USO E COBERTURA DA TERRA NO
SERIDÓ POR ANO ENTRE 1985 E 2023**

| Ano | Floresta | Agropecuária | Áreas Não Vegetadas | Corpos Hídricos | Formação Natural Não Florestal |
|------------|-----------------|---------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1985 | 56,6 | 37,0 | 0,9 | 1,4 | 4,1 |
| 1986 | 56,4 | 37,0 | 1,5 | 1,0 | 4,0 |
| 1987 | 53,6 | 41,0 | 1,0 | 1,4 | 3,0 |
| 1988 | 49,1 | 47,4 | 0,9 | 1,3 | 1,3 |
| 1989 | 48,8 | 48,0 | 0,8 | 1,3 | 1,0 |
| 1990 | 48,5 | 49,2 | 0,7 | 1,2 | 0,4 |
| 1991 | 48,6 | 49,2 | 0,7 | 1,2 | 0,5 |
| 1992 | 49,5 | 48,1 | 0,6 | 1,0 | 0,7 |
| 1993 | 50,7 | 47,0 | 1,0 | 0,7 | 0,6 |
| 1994 | 50,5 | 47,0 | 0,6 | 1,0 | 0,9 |
| 1995 | 50,0 | 46,9 | 0,6 | 1,2 | 1,3 |
| 1996 | 50,1 | 46,7 | 0,6 | 1,2 | 1,4 |
| 1997 | 50,6 | 44,1 | 3,6 | 1,1 | 0,6 |
| 1998 | 50,7 | 43,9 | 4,2 | 0,6 | 0,6 |
| 1999 | 49,8 | 44,1 | 4,8 | 0,6 | 0,6 |
| 2000 | 48,4 | 46,0 | 4,4 | 0,6 | 0,6 |
| 2001 | 49,7 | 44,9 | 0,6 | 0,6 | 4,1 |
| 2002 | 50,3 | 45,0 | 3,2 | 0,9 | 0,7 |
| 2003 | 50,5 | 45,3 | 2,9 | 0,7 | 0,6 |
| 2004 | 49,3 | 47,4 | 0,6 | 1,8 | 0,9 |
| 2005 | 48,8 | 48,3 | 0,7 | 1,5 | 0,7 |
| 2006 | 48,7 | 48,7 | 0,4 | 1,5 | 0,8 |
| 2007 | 48,1 | 49,4 | 0,4 | 1,4 | 0,7 |
| 2008 | 47,6 | 49,5 | 0,7 | 1,9 | 0,2 |
| 2009 | 48,0 | 49,2 | 0,7 | 1,8 | 0,2 |
| 2010 | 48,3 | 49,2 | 0,7 | 1,5 | 0,3 |
| 2011 | 49,3 | 46,2 | 2,4 | 1,4 | 0,7 |
| 2012 | 51,6 | 41,4 | 5,2 | 1,0 | 0,7 |
| 2013 | 51,5 | 40,9 | 0,5 | 6,5 | 0,7 |
| 2014 | 50,7 | 41,3 | 0,7 | 6,9 | 0,4 |
| 2015 | 50,6 | 41,1 | 0,3 | 7,4 | 0,7 |
| 2016 | 50,1 | 41,6 | 0,3 | 7,2 | 0,7 |
| 2017 | 49,4 | 43,2 | 0,3 | 6,4 | 0,7 |
| 2018 | 48,6 | 44,6 | 0,8 | 0,6 | 5,4 |
| 2019 | 47,8 | 45,0 | 0,9 | 0,6 | 5,7 |
| 2020 | 45,7 | 47,3 | 0,9 | 0,8 | 5,4 |
| 2021 | 45,5 | 47,0 | 1,0 | 0,6 | 5,9 |
| 2022 | 45,2 | 47,6 | 0,8 | 0,9 | 5,5 |
| 2023 | 46,8 | 47,5 | 0,9 | 0,9 | 3,9 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

**APÊNDICE B - TABELA DE ÍNDICE DE AGREGAÇÃO DAS CLASSES DE USO DA
TERRA POR ANO ENTRE 1985 E 2023**

| Ano | Floresta | Agropecuária | Áreas Não Vegetadas | Corpos Hídricos | Formação Natural Não Florestal |
|------|----------|--------------|---------------------|-----------------|--------------------------------|
| 1985 | 90,3 | 85,1 | 71,0 | 84,6 | 68,7 |
| 1986 | 90,2 | 85,0 | 84,1 | 71,9 | 68,5 |
| 1987 | 89,9 | 86,7 | 72,8 | 83,6 | 65,1 |
| 1988 | 89,2 | 88,3 | 73,4 | 83,3 | 61,4 |
| 1989 | 89,2 | 88,6 | 73,4 | 83,8 | 61,8 |
| 1990 | 89,2 | 89,1 | 74,0 | 83,7 | 59,7 |
| 1991 | 89,4 | 89,3 | 74,2 | 82,8 | 62,1 |
| 1992 | 89,8 | 89,3 | 82,7 | 74,8 | 62,9 |
| 1993 | 90,1 | 89,2 | 62,6 | 80,7 | 76,0 |
| 1994 | 90,1 | 89,2 | 77,2 | 82,2 | 62,2 |
| 1995 | 90,2 | 89,3 | 78,0 | 82,9 | 62,7 |
| 1996 | 90,2 | 89,3 | 78,5 | 83,2 | 64,1 |
| 1997 | 90,5 | 89,1 | 72,1 | 83,0 | 78,6 |
| 1998 | 90,6 | 89,3 | 74,0 | 79,2 | 79,9 |
| 1999 | 90,6 | 89,4 | 74,3 | 77,7 | 80,6 |
| 2000 | 90,3 | 89,5 | 73,8 | 79,2 | 80,6 |
| 2001 | 90,7 | 89,3 | 80,6 | 79,3 | 73,6 |
| 2002 | 90,8 | 89,3 | 72,5 | 79,7 | 80,6 |
| 2003 | 90,9 | 89,5 | 70,0 | 78,4 | 81,1 |
| 2004 | 90,7 | 90,0 | 81,6 | 84,6 | 61,9 |
| 2005 | 90,7 | 90,3 | 61,2 | 84,3 | 81,5 |
| 2006 | 90,6 | 90,4 | 57,7 | 84,2 | 81,3 |
| 2007 | 90,7 | 90,7 | 57,5 | 84,2 | 81,8 |
| 2008 | 90,8 | 90,9 | 82,0 | 85,1 | 55,9 |
| 2009 | 90,9 | 90,9 | 81,8 | 84,8 | 56,4 |
| 2010 | 91,0 | 91,0 | 82,3 | 85,2 | 57,1 |
| 2011 | 91,4 | 90,4 | 75,0 | 84,8 | 82,6 |
| 2012 | 92,0 | 89,8 | 80,1 | 85,5 | 83,1 |
| 2013 | 92,2 | 90,2 | 80,3 | 80,2 | 83,7 |
| 2014 | 92,1 | 90,2 | 80,6 | 85,1 | 78,0 |
| 2015 | 92,1 | 90,4 | 77,1 | 81,0 | 86,2 |
| 2016 | 92,0 | 90,3 | 76,2 | 80,7 | 86,0 |
| 2017 | 91,8 | 90,2 | 76,5 | 79,5 | 85,1 |
| 2018 | 91,6 | 89,8 | 84,0 | 78,6 | 77,7 |
| 2019 | 91,5 | 89,7 | 83,4 | 79,2 | 77,4 |
| 2020 | 90,9 | 89,7 | 82,9 | 79,9 | 76,4 |
| 2021 | 90,8 | 89,6 | 82,5 | 79,2 | 76,5 |
| 2022 | 90,7 | 89,6 | 78,5 | 83,1 | 75,3 |
| 2023 | 90,3 | 89,6 | 84,1 | 79,9 | 74,9 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

**APÊNDICE C - TABELA DE NÚMEROS DE FRAGMENTOS POR CLASSE E ANO
ENTRE 1985 E 2023.**

| Ano | Floresta | Agropecuária | Áreas Não Vegetadas | Corpos Hídricos | Formação Natural Não Florestal |
|-------------|-----------------|---------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1985 | 7.958 | 11.450 | 4.876 | 2.279 | 8.302 |
| 1986 | 8.176 | 11.545 | 2.867 | 5.496 | 8.487 |
| 1987 | 10.351 | 9.937 | 5.168 | 3.035 | 10.228 |
| 1988 | 12.292 | 7.787 | 4.609 | 2.929 | 5.793 |
| 1989 | 11.883 | 7.558 | 4.367 | 2.872 | 4.255 |
| 1990 | 11.896 | 7.172 | 3.837 | 2.636 | 2.383 |
| 1991 | 11.749 | 7.425 | 3.660 | 2.877 | 1.996 |
| 1992 | 11.158 | 7.576 | 3.507 | 2.641 | 2.894 |
| 1993 | 10.451 | 7.575 | 3.652 | 2.314 | 3.219 |
| 1994 | 10.415 | 7.695 | 2.956 | 2.680 | 3.536 |
| 1995 | 10.653 | 7.750 | 2.778 | 2.914 | 4.293 |
| 1996 | 10.389 | 7.956 | 2.617 | 2.942 | 4.526 |
| 1997 | 10.168 | 9.334 | 6.328 | 2.767 | 2.792 |
| 1998 | 9.927 | 8.383 | 6.522 | 2.451 | 2.539 |
| 1999 | 10.715 | 8.137 | 7.216 | 2.534 | 2.422 |
| 2000 | 10.714 | 8.051 | 7.387 | 2.401 | 2.476 |
| 2001 | 8.683 | 7.501 | 2.268 | 1.904 | 6.109 |
| 2002 | 9.344 | 8.203 | 6.092 | 2.732 | 2.616 |
| 2003 | 9.272 | 8.019 | 6.342 | 2.649 | 2.542 |
| 2004 | 9.603 | 7.508 | 2.365 | 3.401 | 4.912 |
| 2005 | 9.659 | 7.015 | 3.196 | 3.150 | 2.450 |
| 2006 | 9.527 | 6.936 | 2.450 | 3.157 | 2.569 |
| 2007 | 9.758 | 6.767 | 2.046 | 3.058 | 2.454 |
| 2008 | 9.811 | 6.810 | 2.361 | 3.384 | 1.492 |
| 2009 | 9.537 | 6.754 | 2.461 | 3.466 | 1.415 |
| 2010 | 9.272 | 6.765 | 2.374 | 2.920 | 1.476 |
| 2011 | 8.772 | 8.262 | 3.649 | 2.913 | 2.362 |
| 2012 | 7.701 | 10.516 | 2.200 | 4.562 | 2.273 |
| 2013 | 7.775 | 8.991 | 2.061 | 5.363 | 2.162 |
| 2014 | 7.704 | 8.545 | 1.780 | 5.500 | 1.714 |
| 2015 | 7.448 | 8.646 | 1.295 | 5.695 | 1.576 |
| 2016 | 7.547 | 8.692 | 1.470 | 6.092 | 1.632 |
| 2017 | 7.972 | 8.937 | 1.427 | 6.803 | 1.900 |
| 2018 | 8.251 | 9.254 | 2.376 | 2.183 | 6.432 |
| 2019 | 8.696 | 9.159 | 2.688 | 2.057 | 6.161 |
| 2020 | 9.485 | 8.609 | 2.932 | 2.380 | 6.250 |
| 2021 | 9.521 | 8.667 | 3.158 | 2.100 | 6.953 |
| 2022 | 9.779 | 8.252 | 2.875 | 2.982 | 6.954 |
| 2023 | 12.111 | 8.298 | 2.710 | 2.486 | 5.224 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.