

## Perda e fragmentação da Caatinga na APA do Cariri, estado da Paraíba

Jean Oliveira Campos <sup>1</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2874-754X>

Valéria Raquel Porto de Lima <sup>2</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7744-3502>

Eduardo Rodrigues Viana de Lima <sup>3</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1116-9090>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil\*

<sup>2</sup> Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande/PB, Brasil\*\*

<sup>3</sup> Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil\*\*\*

*Artigo recebido em 17/08/2025 e aceito em 28/03/2026*

### RESUMO

A ocupação histórica do Cariri paraibano, marcada pela pecuária e pela agricultura de subsistência, contribuiu para a supressão progressiva da vegetação nativa. Nesse contexto, foi criada a Área de Proteção Ambiental do Cariri (APA do Cariri), uma das poucas unidades de conservação do Semiárido paraibano. Apesar de sua importância, a dinâmica espaço-temporal da perda e da fragmentação da vegetação nessa área ainda é pouco conhecida. Este estudo avaliou a trajetória de perda e fragmentação da Caatinga na APA do Cariri entre 1985 e 2023, utilizando métricas de paisagem para identificar áreas prioritárias à regeneração. Foram utilizados dados de uso e cobertura da terra do projeto MapBiomas, obtidos por meio da plataforma *Google Earth Engine*, a partir dos quais foi extraída a classe de vegetação nativa. As análises incluíram métricas de área, fragmentação, forma, isolamento e conectividade funcional, com destaque para o Índice Integral de Conectividade (IIC). Os resultados indicaram redução superior a 50% da cobertura vegetal nativa, acompanhada da formação de fragmentos menores, mais isolados e mais vulneráveis. Dentre os municípios que integram a APA, Cabaceiras destacou-se por apresentar a situação mais crítica em termos de perda e fragmentação da vegetação nativa. Além disso, as porções centrais da APA, embora relevantes para a conectividade da paisagem, concentram fragmentos pequenos e suscetíveis à degradação. Esses resultados reforçam a necessidade de estratégias de restauração ecológica em áreas sob risco de desertificação.

**Palavras-chave:** Caatinga; fragmentação; ecologia da paisagem; APA do Cariri; restauração ecológica.

\* Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Coordenador pedagógico na rede municipal de Esperança-PB. E-mail: [jeannolliveira@gmail.com](mailto:jeannolliveira@gmail.com)

\*\* Doutora em Geografia Física pela Universidad de Sevilla (US), Espanha. Professora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). E-mail: [vrportol@yahoo.com.br](mailto:vrportol@yahoo.com.br)

\*\*\* Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). E-mail: [eduvianalima@gmail.com](mailto:eduvianalima@gmail.com)



## **Loss and Fragmentation of the Caatinga in the APA do Cariri, state of Paraíba**

### **ABSTRACT**

The historical occupation of the Cariri region of Paraíba, marked by livestock raising and subsistence agriculture, contributed to the progressive suppression of native vegetation. In this context, the Área de Proteção Ambiental do Cariri (APA do Cariri) was created as one of the few conservation units in the semiarid region of Paraíba. Despite its importance, the spatiotemporal dynamics of vegetation loss and fragmentation in this area remain poorly understood. This study evaluated the trajectory of Caatinga loss and fragmentation in the APA do Cariri between 1985 and 2023, using landscape metrics to identify priority areas for regeneration. Land use and land cover data from the MapBiomass project were obtained through the Google Earth Engine platform, from which the native vegetation class was extracted. The analyses included metrics of area, fragmentation, shape, isolation, and functional connectivity, with emphasis on the Integral Index of Connectivity (IIC). The results indicated a reduction of more than 50% in native vegetation cover, accompanied by the formation of smaller, more isolated, and more vulnerable fragments. Among the municipalities within the APA, Cabaceiras stood out as the most critical in terms of native vegetation loss and fragmentation. In addition, the central portions of the APA, although relevant for landscape connectivity, concentrate small fragments susceptible to degradation. These findings reinforce the need for ecological restoration strategies in areas under risk of desertification.

**Keywords:** Caatinga; fragmentation; landscape ecology; APA do Cariri; ecological restoration.

## **Pérdida y fragmentación de la Caatinga en la APA do Cariri, estado de Paraíba**

### **RESUMEN**

La ocupación histórica del Cariri paraibano, marcada por la ganadería y la agricultura de subsistencia, contribuyó a la supresión progresiva de la vegetación nativa. En este contexto, se creó el Área de Proteção Ambiental do Cariri (APA do Cariri), una de las pocas unidades de conservación del semiárido paraibano. A pesar de su importancia, la dinámica espacio-temporal de la pérdida y fragmentación de la vegetación en esta área aún es poco conocida. Este estudio evaluó la trayectoria de pérdida y fragmentación de la Caatinga en la APA do Cariri entre 1985 y 2023, utilizando métricas del paisaje para identificar áreas prioritarias para la regeneración. Se utilizaron datos de uso y cobertura de la tierra del proyecto MapBiomass, obtenidos por medio de la plataforma *Google Earth Engine*, a partir de los cuales se extrajo la clase de vegetación nativa. Los análisis incluyeron métricas de área, fragmentación, forma, aislamiento y conectividad funcional, con énfasis en el Índice Integral de Conectividad (IIC). Los resultados indicaron una reducción superior al 50 % de la cobertura vegetal nativa, acompañada por la formación de fragmentos más pequeños, más aislados y más vulnerables. Entre los municipios que integran la APA, Cabaceiras se destacó por presentar la situación más crítica en términos de pérdida y fragmentación de la vegetación nativa. Además, las porciones centrales de la APA, aunque relevantes para la conectividad del paisaje, concentran fragmentos pequeños y susceptibles a la degradación. Estos resultados refuerzan la necesidad de estrategias de restauración ecológica en áreas en riesgo de desertificación.

**Palabras clave:** Caatinga; fragmentación; ecología del paisaje; APA do Cariri; restauración ecológica.

### **INTRODUÇÃO**

A ocupação histórica do Cariri paraibano foi marcada pela expansão da pecuária e da agricultura de subsistência, com destaque para a criação de bovinos e caprinos e o cultivo de milho, feijão e algodão (Duque, 2004; Moreira; Targino, 1996; Souza; Souza, 2016). Essas atividades contribuíram diretamente para a supressão da vegetação nativa da Caatinga, inicialmente para abertura de pastagens e áreas de cultivo e, posteriormente, para uso madeireiro e construção de cercas e moradias. A intensificação do uso da terra,

aliada à expansão urbana, resultou em um processo contínuo de degradação ambiental, marcado pela perda de cobertura vegetal, fragmentação dos remanescentes e aumento da pressão sobre a fauna silvestre, ainda afetada por práticas como caça e consumo de animais nas áreas rurais (Alves *et al.*, 2012; Antongiovanni; Venticinque; Fonseca, 2018; Souza *et al.*, 2020).

Esses impactos alteraram expressivamente a estrutura ecológica da paisagem, promovendo a redução do tamanho dos fragmentos, o aumento do isolamento e a intensificação dos efeitos de borda, fatores que afetam diretamente a biodiversidade e a resiliência dos ecossistemas (Costa *et al.*, 2009; Forman; Godron, 1986; Lima *et al.*, 2019). A fragmentação compromete o fluxo gênico, a disponibilidade de recursos e o funcionamento ecológico da Caatinga, sobretudo em áreas com baixa oferta hídrica e alta pressão antrópica (Artigas; Souza; Lima, 2022; Caballero *et al.*, 2023; Lima *et al.*, 2019; Medeiros *et al.*, 2023; Pascual-Hortal; Saura, 2006; Vancine *et al.*, 2024). Neste cenário, a criação de Unidades de Conservação, como a Área de Proteção Ambiental do Cariri (APA do Cariri), representa uma estratégia importante para mitigar os impactos ambientais e promover a recomposição da vegetação nativa.

Contudo, apesar de sua relevância, a APA do Cariri, uma das poucas unidades de conservação no Semiárido da Paraíba, ainda carece de estudos que avaliem, de forma sistemática, a dinâmica espaço-temporal da perda e fragmentação da vegetação nativa. Considerando que essa região está inserida em uma das faixas do Semiárido brasileiro com alto grau de suscetibilidade à desertificação, compreender os padrões de degradação da paisagem é fundamental para o planejamento de ações preventivas (Costa *et al.*, 2009; Medeiros *et al.*, 2023; Souza; Souza, 2016). Para isso, o uso de métricas de paisagem oferece uma abordagem metodológica eficiente, permitindo quantificar alterações na cobertura vegetal, identificar padrões espaciais dos fragmentos florestais e avaliar a conectividade ecológica da paisagem ao longo do tempo.

No campo da Ecologia da Paisagem, as métricas de paisagem constituem instrumentos analíticos voltados à quantificação da estrutura espacial dos remanescentes de vegetação, permitindo examinar atributos como área, forma, isolamento, conectividade e grau de fragmentação (Lang; Blaschke, 2009; McGarigal; Ene; Cushman, 2023). Em termos conceituais, essas métricas correspondem a índices desenvolvidos para a análise de padrões espaciais em mapas categóricos, funcionando como algoritmos capazes de quantificar características específicas de fragmentos, classes de fragmentos ou do mosaico da paisagem (McGarigal; Marks, 1995). Tais métricas têm se consolidado como ferramentas essenciais na análise de cenários de fragmentação e no suporte à tomada de decisões em gestão territorial e conservação ambiental (Campos; Lima; Costa, 2025; Lang; Blaschke, 2009; McGarigal; Marks, 1995).

Diante disso, o objetivo deste estudo é avaliar a trajetória de perda e fragmentação da Caatinga na APA do Cariri entre 1985 e 2023, com base em métricas de paisagem que possibilitem identificar áreas prioritárias para ações de regeneração. Os resultados contribuem para diagnosticar a estrutura ecológica

atual da unidade, subsidiar estratégias de restauração e fortalecer políticas de conservação em regiões semiáridas sob risco de colapso ecológico.

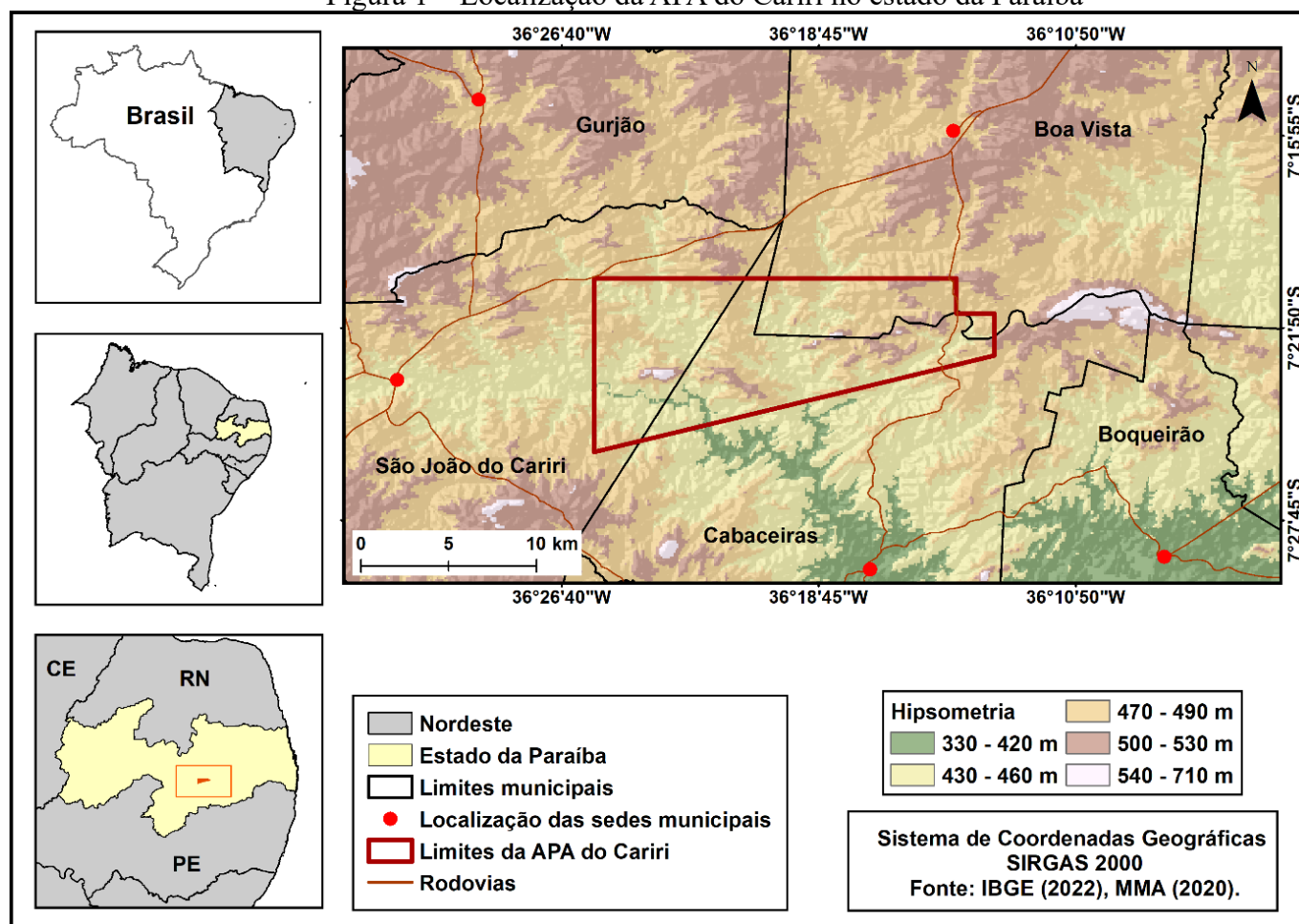
## **METODOLOGIA**

### **Área de estudo**

A APA do Cariri é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável situada entre os municípios de Cabaceiras, Boa Vista e São João do Cariri, no estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil (Figura 1). Foi criada por meio do Decreto Estadual nº 25.083, de 08 de junho de 2004 e, além de outros objetivos, busca garantir a conservação da Caatinga arbustiva-arbórea e disciplinar o processo de uso e ocupação da terra, garantindo a sustentabilidade no manejo dos recursos naturais, bem como a melhoria na qualidade de vida da população (Paraíba, 2004). A área protegida possui uma área aproximada de 18.560 ha e é administrada pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) (Paraíba, 2004).

O clima local é Semiárido quente e seco, com chuvas irregulares e temperaturas médias anuais entre 25 e 27 °C (Lima; Almeida, 2017). Em termos de declividade, na sua maior parte, o relevo é ondulado, com a predominância de colinas amplas suaves, superfícies aplainadas e morrotes (Xavier *et al.*, 2022). Em termos geológicos, o embasamento é cristalino na maior parte da APA, com predominância de granitos e ganisses variados (Ballén; Souza; Lima, 2016).

Figura 1 – Localização da APA do Cariri no estado da Paraíba



Fonte: elaborado pelos autores.

A base pedológica é composta predominantemente por luvisolos, neossolos e planossolos, onde se desenvolve a principal atividade econômica dos municípios integrantes da APA, a agricultura familiar de baixo nível técnico (Ballén; Souza; Lima, 2016; Lima *et al.*, 2024). A vegetação nativa da unidade de conservação é Caatinga, que se apresenta nos portes arbustivo e arbóreo (Lima *et al.*, 2024; Paraíba, 2004). Nas áreas de riacho, notadamente nos leitos de rios intermitentes, e nas áreas úmidas adjacentes aos reservatórios hídricos, destaca-se a presença da espécie invasora algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.), que, em interação com as populações locais, presta diversos serviços ecossistêmicos, como o fornecimento de madeira, sombra e alimento para os rebanhos (Moreira; Targino, 1996).

### Procedimentos operacionais

No presente estudo, foram utilizados os seguintes instrumentos: i) a plataforma de análise geoespacial *Google Earth Engine* (GEE); ii) os softwares *Microsoft Office Excel*®, *ArcMap 10.2*®, *Fragstats 4.2*, *V-LATE*, *Patch Analyst*, *Conefor Inputs* e *Conefor 2.6*; iii) imagens raster da Coleção 9 do

MapBiomas, com acurácia geral de 81,9% para o bioma Caatinga; e iv) a base cartográfica do estado da Paraíba disponibilizada pelo IBGE, além do arquivo vetorial com a delimitação da APA do Cariri.

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos na plataforma *GEE*, a partir da Coleção 9 do MapBiomas, considerando o recorte espacial correspondente aos limites da APA do Cariri, no período de 1985 a 2023. Os produtos foram exportados em formato raster e reprojetados para um sistema de coordenadas planas, assegurando maior precisão nos cálculos espaciais. Em seguida, no ambiente do *ArcMap 10.2®*, foi extraída apenas a classe correspondente à vegetação nativa, que constituiu o objeto central das análises.

O primeiro conjunto de métricas foi calculado no *software* gratuito *Fragstats 4.2*, amplamente utilizado na quantificação da estrutura espacial da paisagem a partir de mapas categóricos (McGarigal; Ene; Cushman, 2023). Nessa etapa, foram obtidas métricas relacionadas à composição e à configuração da paisagem, incluindo área total da classe (CA), número de fragmentos (NP), tamanho médio dos fragmentos (AREA\_MN) e distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN\_MN). Os resultados foram organizados em tabelas e gráficos, permitindo analisar a dinâmica espaço-temporal da fragmentação da vegetação nativa.

Para a análise detalhada em nível de fragmento, foi executado um segundo conjunto de métricas. Para isso, os dados raster da vegetação nativa foram convertidos para o formato vetorial (*shapefile*). A partir dessa base, foram calculadas métricas de paisagem no *V-LATE*, extensão do *ArcMap* destinada à análise de padrões espaciais em dados vetoriais.

Nessa etapa, foram obtidas métricas de área, forma e proximidade, incluindo área da classe (CA), tamanho médio dos fragmentos (MPS), índice de forma (SHAPE), índice de forma médio (MSI) e distância ao vizinho mais próximo (NNDist), esta última utilizada como indicadora do grau de isolamento entre os fragmentos. Adicionalmente, a área individual de cada fragmento foi utilizada para sua espacialização e integração à base cartográfica municipal. Em conjunto, essas métricas e atributos permitiram avaliar a configuração espacial da paisagem em nível de mancha, complementando as análises realizadas em ambiente raster.

Para fins de interpretação cartográfica, os valores do Índice de Forma (SHAPE) foram agrupados em três classes: compacto ( $< 2$ ), intermediário (2 a 5) e irregular ( $> 5$ ), conforme o critério proposto por Durigan et al. (2009), permitindo identificar o grau de regularidade geométrica dos fragmentos e sua suscetibilidade aos efeitos de borda.

Por fim, foi calculado o Índice Integral de Conectividade (IIC), que permite estimar a importância estrutural dos fragmentos para o fluxo ecológico entre manchas de vegetação, incluindo o deslocamento da fauna e o potencial de conexão entre habitats (Saura; Pascual-Hortal, 2007). A análise foi realizada com a extensão *Conefor Inputs*, integrada ao *ArcMap*, e o *software* gratuito *Conefor 2.6*, adotando-se 50 metros

como distância máxima de dispersão das espécies. A partir desse parâmetro, foi calculado o índice IICflux, que expressa a contribuição de cada fragmento para a conectividade global da paisagem. Os resultados foram vinculados aos polígonos dos fragmentos, permitindo sua representação espacial. Para fins de análise, os valores de conectividade foram classificados segundo o método de quebras naturais de Jenks, em três categorias: baixa (0,00–1,54), média (1,55–23,73) e alta (23,74–73,72).

O *Patch Analyst*, por sua vez, foi utilizado para relacionar as métricas à área dos municípios, permitindo obter informações tanto para a extensão total da APA do Cariri quanto para as porções municipais inseridas nessa unidade de conservação. Destaca-se que as extensões *V-LATE*, *Conefor Inputs* e *Patch Analyst* não constituem ferramentas nativas do *ArcMap*, sendo aplicações complementares utilizadas em estudos de Ecologia da Paisagem.

Em termos de apresentação, os resultados obtidos a partir do cálculo das métricas de paisagem e da análise de conectividade foram sistematizados em tabelas, gráficos e produtos cartográficos, permitindo a análise comparativa dos padrões espaço-temporais de perda, fragmentação, isolamento e conectividade da vegetação nativa ao longo do período analisado.

## RESULTADOS

A análise da dinâmica da vegetação nativa na APA do Cariri, entre os anos de 1985 e 2023, evidencia um processo contínuo e expressivo de perda e fragmentação da Caatinga. Em 1985, a vegetação nativa ocupava uma área de 10.506,62 hectares, distribuída em 116 fragmentos, com um tamanho médio de 90,57 ha e uma distância média entre fragmentos de 77,69 metros (Tabela 1). Ao longo do período analisado, observou-se uma redução acumulada de 51,30% da vegetação nativa, atingindo em 2023 uma área remanescente de apenas 6.951,81 hectares. Esse processo foi acompanhado por um aumento no número de fragmentos, que passou de 116 para 216, indicando uma intensificação do processo de fragmentação da paisagem. Em paralelo, o tamanho médio dos fragmentos caiu drasticamente de 90,57 ha para 32,18 ha, enquanto a distância média entre fragmentos aumentou para 86,76 metros, refletindo maior isolamento dos remanescentes florestais.

Tabela 1 – Perda e fragmentação da vegetação nativa na APA do Cariri entre 1985 e 2023.

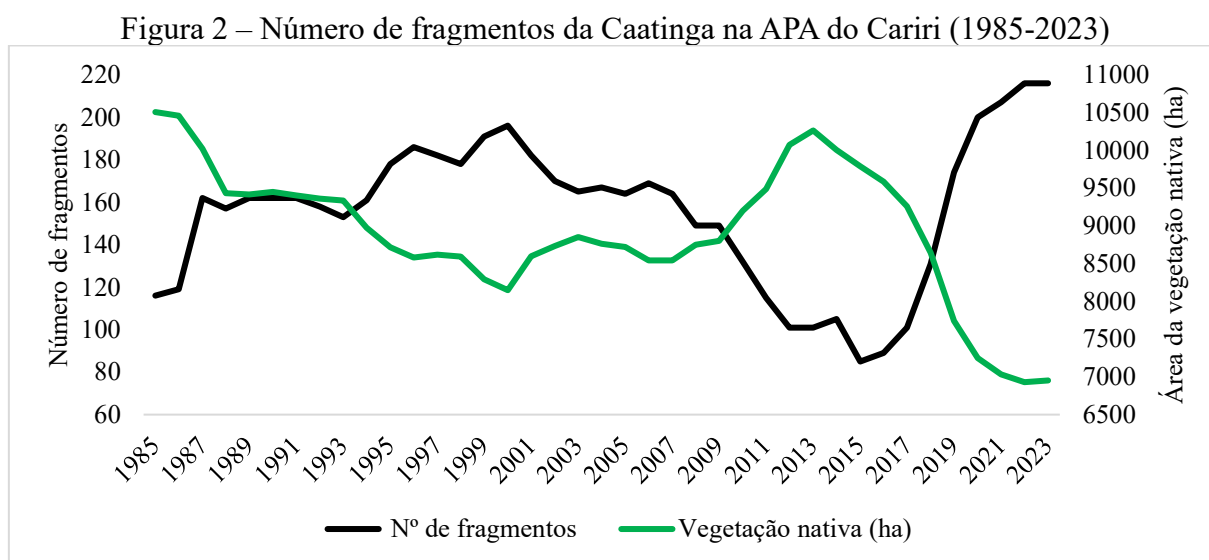
| <b>Anos</b> | <b>Vegetação nativa (ha)</b> | <b>Perda (%)</b> | <b>Nº de fragmentos</b> | <b>Fragmentação (%)</b> | <b>Tamanho médio (ha)</b> | <b>Distância Média (m)</b> |
|-------------|------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1985        | 10506,62                     | 0                | 116                     | 0                       | 90,57                     | 77,69                      |
| 1986        | 10457,54                     | -0,47            | 119                     | 2,59                    | 87,88                     | 77,84                      |
| 1987        | 10019,65                     | -4,66            | 162                     | 38,66                   | 61,85                     | 90,38                      |
| 1988        | 9433,65                      | -10,71           | 157                     | 25,31                   | 60,09                     | 90,73                      |
| 1989        | 9413,95                      | -11,58           | 162                     | 29,30                   | 58,11                     | 89,63                      |
| 1990        | 9447,86                      | -11,25           | 162                     | 28,40                   | 58,32                     | 89,63                      |
| 1991        | 9401,40                      | -11,70           | 162                     | 28,40                   | 58,03                     | 90,81                      |
| 1992        | 9361,82                      | -12,18           | 158                     | 25,93                   | 59,25                     | 88,36                      |
| 1993        | 9332,96                      | -12,54           | 153                     | 23,42                   | 61,00                     | 91,78                      |
| 1994        | 8976,32                      | -16,40           | 161                     | 29,41                   | 55,75                     | 94,11                      |
| 1995        | 8716,36                      | -19,94           | 178                     | 38,51                   | 48,97                     | 92,22                      |
| 1996        | 8579,58                      | -22,11           | 186                     | 39,33                   | 46,13                     | 92,59                      |
| 1997        | 8618,55                      | -22,01           | 182                     | 35,48                   | 47,35                     | 91,98                      |
| 1998        | 8591,87                      | -22,22           | 178                     | 34,07                   | 48,27                     | 91,59                      |
| 1999        | 8292,95                      | -25,76           | 191                     | 42,13                   | 43,42                     | 90,96                      |
| 2000        | 8147,36                      | -28,45           | 196                     | 41,88                   | 41,57                     | 90,51                      |
| 2001        | 8596,93                      | -23,44           | 182                     | 33,67                   | 47,24                     | 88,04                      |
| 2002        | 8734,58                      | -20,61           | 170                     | 29,67                   | 51,38                     | 87,13                      |
| 2003        | 8852,71                      | -18,94           | 165                     | 28,82                   | 53,65                     | 88,78                      |
| 2004        | 8761,17                      | -19,72           | 167                     | 30,91                   | 52,46                     | 91,13                      |
| 2005        | 8720,55                      | -20,39           | 164                     | 28,74                   | 53,17                     | 91,89                      |
| 2006        | 8540,61                      | -22,54           | 169                     | 32,32                   | 50,54                     | 94,76                      |
| 2007        | 8541,40                      | -23,01           | 164                     | 28,40                   | 52,08                     | 98,09                      |
| 2008        | 8751,58                      | -20,55           | 149                     | 20,12                   | 58,74                     | 98,16                      |
| 2009        | 8800,84                      | -19,49           | 149                     | 22,15                   | 59,07                     | 99,54                      |
| 2010        | 9199,15                      | -14,86           | 132                     | 10,74                   | 69,69                     | 101,90                     |
| 2011        | 9489,27                      | -11,06           | 115                     | -0,76                   | 82,52                     | 106,64                     |
| 2012        | 10071,70                     | -4,58            | 101                     | -13,04                  | 99,72                     | 88,58                      |
| 2013        | 10262,62                     | -2,42            | 101                     | -14,85                  | 101,61                    | 90,90                      |
| 2014        | 10005,36                     | -4,88            | 105                     | -10,89                  | 95,29                     | 96,16                      |
| 2015        | 9788,55                      | -7,18            | 85                      | -29,52                  | 115,16                    | 103,16                     |
| 2016        | 9584,73                      | -9,42            | 89                      | -31,76                  | 107,69                    | 101,84                     |
| 2017        | 9259,47                      | -13,01           | 101                     | -16,85                  | 91,68                     | 121,21                     |
| 2018        | 8645,05                      | -20,10           | 131                     | 14,85                   | 65,99                     | 113,38                     |
| 2019        | 7738,68                      | -32,02           | 174                     | 44,27                   | 44,48                     | 88,76                      |
| 2020        | 7248,05                      | -42,11           | 200                     | 48,28                   | 36,24                     | 86,34                      |
| 2021        | 7031,15                      | -47,95           | 207                     | 45,50                   | 33,97                     | 84,87                      |
| 2022        | 6929,50                      | -50,88           | 216                     | 48,31                   | 32,08                     | 87,55                      |
| 2023        | 6951,82                      | -51,30           | 216                     | 46,30                   | 32,18                     | 86,76                      |

Fonte: elaborado pelos autores.

Os períodos de maior perda de cobertura vegetal ocorreram entre 1994 e 1996, e novamente entre 2018 e 2023, sendo este último o mais crítico. Em 2019, por exemplo, a vegetação nativa representava apenas 7.738,68 ha, e em 2020 chegou a 7.248,04 ha, configurando um declínio acentuado. Em 2021, a perda acumulada atingiu 47,95%, e, em 2023, chegou ao valor máximo de 51,30%, com apenas 6.951,81

ha de vegetação nativa remanescente. Esse cenário confirma a tendência de intensificação da degradação ao longo dos anos mais recentes do período avaliado.

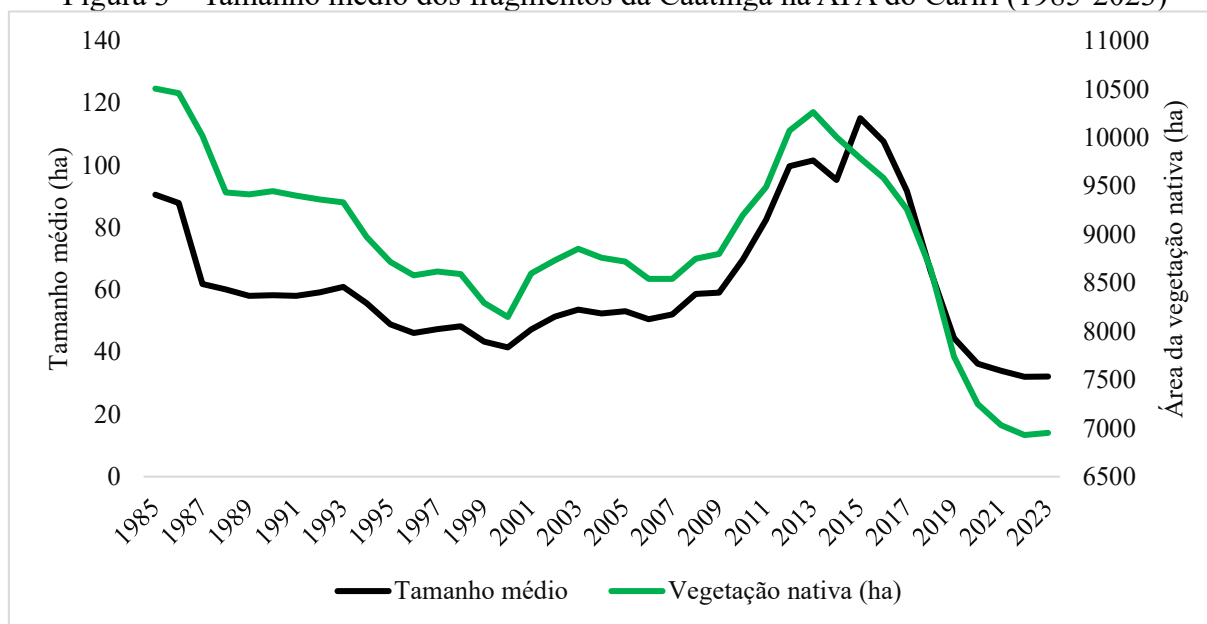
A fragmentação também apresentou oscilações importantes. Em 1999, o número de fragmentos atingiu 191, com um tamanho médio de apenas 43,42 ha. Em 2020, foi registrada uma intensificação expressiva do processo, com 200 fragmentos e o menor tamanho médio da série, 36,24 ha (Figura 2). Já em 2023, o número de fragmentos atingiu o valor máximo observado no período, com 216 manchas, o que indica agravamento da fragmentação. Entre os anos de 2011 e 2015, foi registrada uma breve tendência de recomposição, com aumento da área de vegetação e redução do número de fragmentos, chegando a 85 em 2015, o menor número registrado após 1985. Essa recuperação, no entanto, foi pontual e insuficiente para reverter a tendência de longo prazo de degradação.



Fonte: elaborado pelos autores.

O tamanho médio dos fragmentos de vegetação nativa apresentou tendência decrescente ao longo do período analisado. Em 1985, a média era de 90,57 hectares por fragmento, nos anos seguintes, essa medida sofreu redução progressiva, evidenciando o processo de fragmentação e perda da cobertura vegetal. Em 1999, o tamanho médio caiu para 43,42 hectares, e atingiu seu valor mínimo em 2020, com 36,24 hectares. Em 2023, o tamanho médio manteve-se reduzido, em 32,18 hectares, confirmando o avanço da fragmentação.

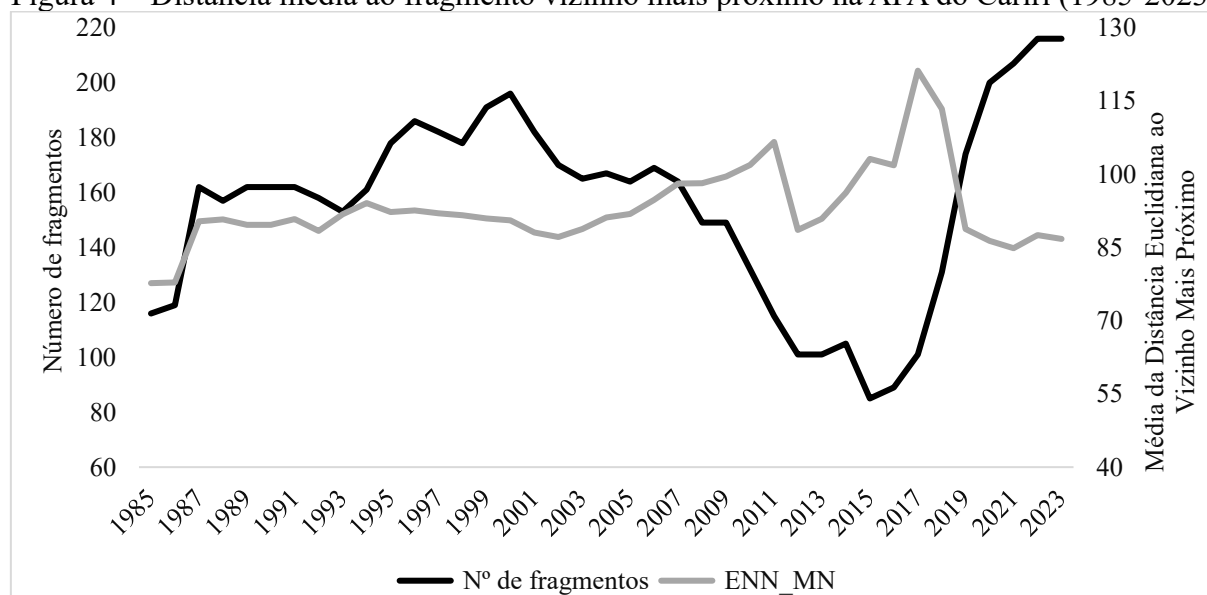
Figura 3 – Tamanho médio dos fragmentos da Caatinga na APA do Cariri (1985-2023)



Fonte: elaborado pelos autores.

A distância média entre fragmentos apresentou variações ao longo do período analisado. Em 1985, essa medida era de 77,69 metros, mantendo-se relativamente estável até o início da década de 2010 (Figura 4). A partir de 2011, observou-se uma tendência de aumento, atingindo os maiores valores entre 2017 e 2021, com destaque para 2017, quando a distância média chegou a 121,21 metros, o maior valor registrado. Em 2023, essa medida estabilizou-se em 86,76 metros. Esses dados refletem o crescente isolamento dos fragmentos na paisagem da APA do Cariri.

Figura 4 – Distância média ao fragmento vizinho mais próximo na APA do Cariri (1985-2023)



Fonte: elaborado pelos autores.

A trajetória geral indica um padrão claro de perda contínua da vegetação nativa, aumento do número de fragmentos, redução do tamanho médio e intensificação do isolamento entre os remanescentes, caracterizando um cenário crítico de degradação da paisagem e comprometimento da conectividade ecológica na APA do Cariri.

A análise espacial das métricas de paisagem no ano de 2023 mostra diferenças entre os três municípios abrangidos pela APA do Cariri. O município de Cabaceiras concentrou a maior área de vegetação remanescente, com 2.779,04 hectares, seguido por São João do Cariri, com 2.127,35 hectares, e Boa Vista, com 2.045,42 hectares (Tabela 2). Apesar de concentrar a maior área remanescente, Cabaceiras apresentou o maior número de fragmentos (106), indicando maior fragmentação. Boa Vista, por outro lado, registrou o menor número de fragmentos (45) e o maior tamanho médio por fragmento (45,45 ha), sugerindo maior continuidade da vegetação. Já o município de São João do Cariri apresentou valores intermediários, com 78 fragmentos e tamanho médio de 27,27 ha.

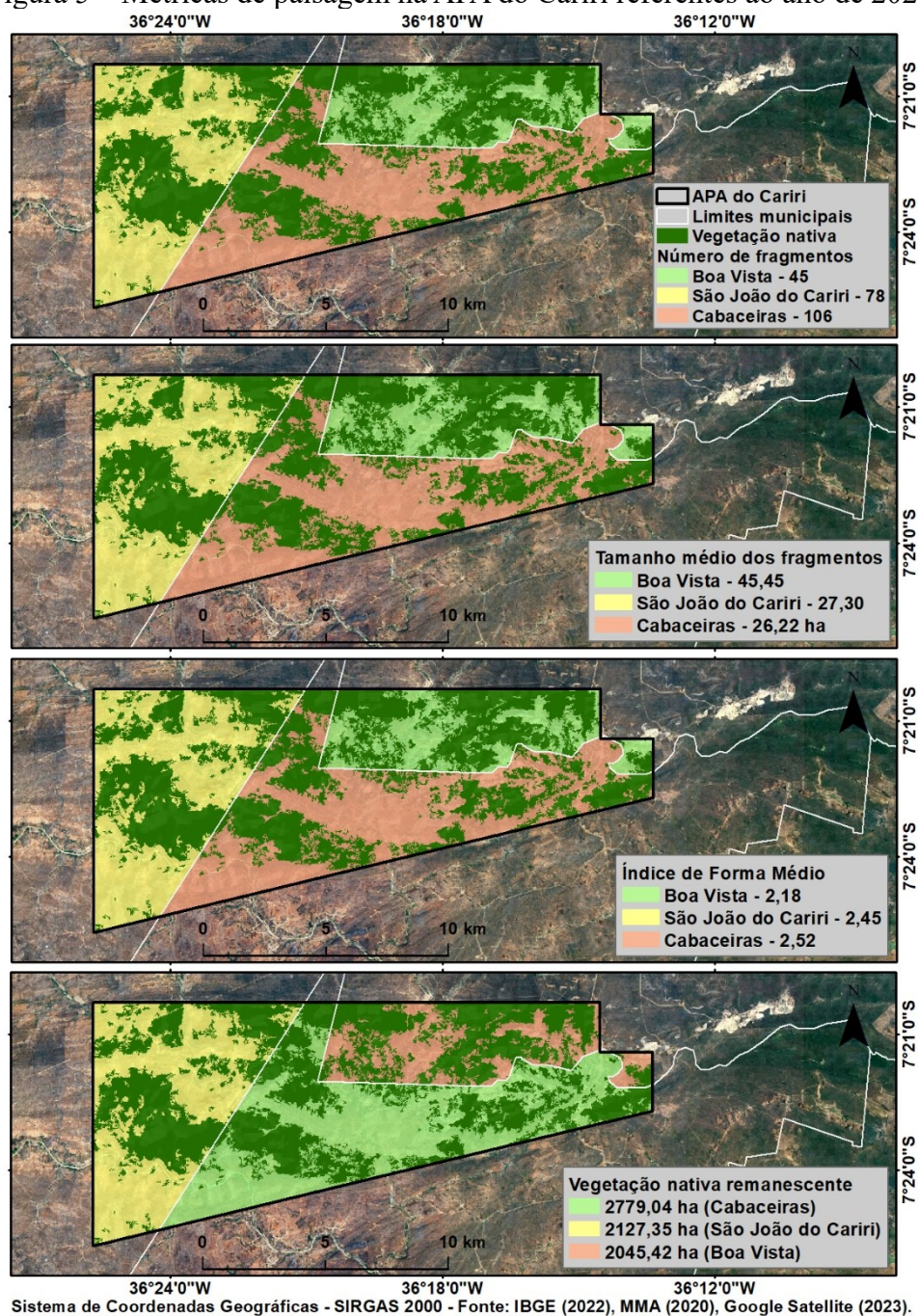
Tabela 2 – Métricas da paisagem no ano de 2023 para os municípios da APA do Cariri

| <b>Métricas de paisagem</b> | <b>Boa Vista</b> | <b>Cabaceiras</b> | <b>São João do Cariri</b> |
|-----------------------------|------------------|-------------------|---------------------------|
| Vegetação remanescente (ha) | 2045,42          | 2779,04           | 2127,35                   |
| Número de fragmentos        | 45               | 106               | 78                        |
| Tamanho Médio (ha)          | 45,45            | 26,22             | 27,27                     |
| Índice de Forma Médio       | 2,18             | 2,45              | 2,52                      |

Fonte: elaborado pelos autores.

Em relação ao Índice de Forma Médio, os três municípios apresentaram valores entre 2,18 e 2,52, indicando formas intermediárias a irregulares dos fragmentos (Tabela 2). O valor mais baixo foi registrado em Boa Vista (2,18), o que aponta para fragmentos mais compactos, enquanto Cabaceiras (2,45) e São João do Cariri (2,52) apresentaram fragmentos com formas mais alongadas ou irregulares, potencializando a ocorrência de efeitos de borda. A espacialização das métricas é observada na Figura 5.

Figura 5 – Métricas de paisagem na APA do Cariri referentes ao ano de 2023



Fonte: elaborado pelos autores.

Entre os anos de 2004 e 2023, observou-se um saldo negativo na dinâmica da vegetação nativa nos três municípios que compõem a APA do Cariri (Tabela 3). Apesar da ocorrência de regeneração em todas as áreas, a perda da vegetação foi superior, totalizando 2.598,56 hectares perdidos frente a 789,21 hectares regenerados. Esse desequilíbrio resultou em um déficit de 1.809,35 hectares de cobertura vegetal, reforçando a tendência de degradação e a predominância de processos de supressão da vegetação nativa na Unidade de Conservação.

Tabela 3 – Perda e regeneração da vegetação nativa na APA do Cariri entre 2004 e 2023

| <b>Município</b>   | <b>Área na APA (ha)</b> | <b>Perda (ha)</b> | <b>Regeneração (ha)</b> | <b>Diferença (ha)</b> |
|--------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| Boa Vista          | 3532,31                 | 746,55            | 137,00                  | -609,55               |
| Cabaceiras         | 6956,82                 | 1048,65           | 424,01                  | -624,64               |
| São João do Cariri | 5257,50                 | 803,36            | 228,20                  | -575,16               |
| Total              | 15746,63                | 2598,56           | 789,21                  | -1809,35              |

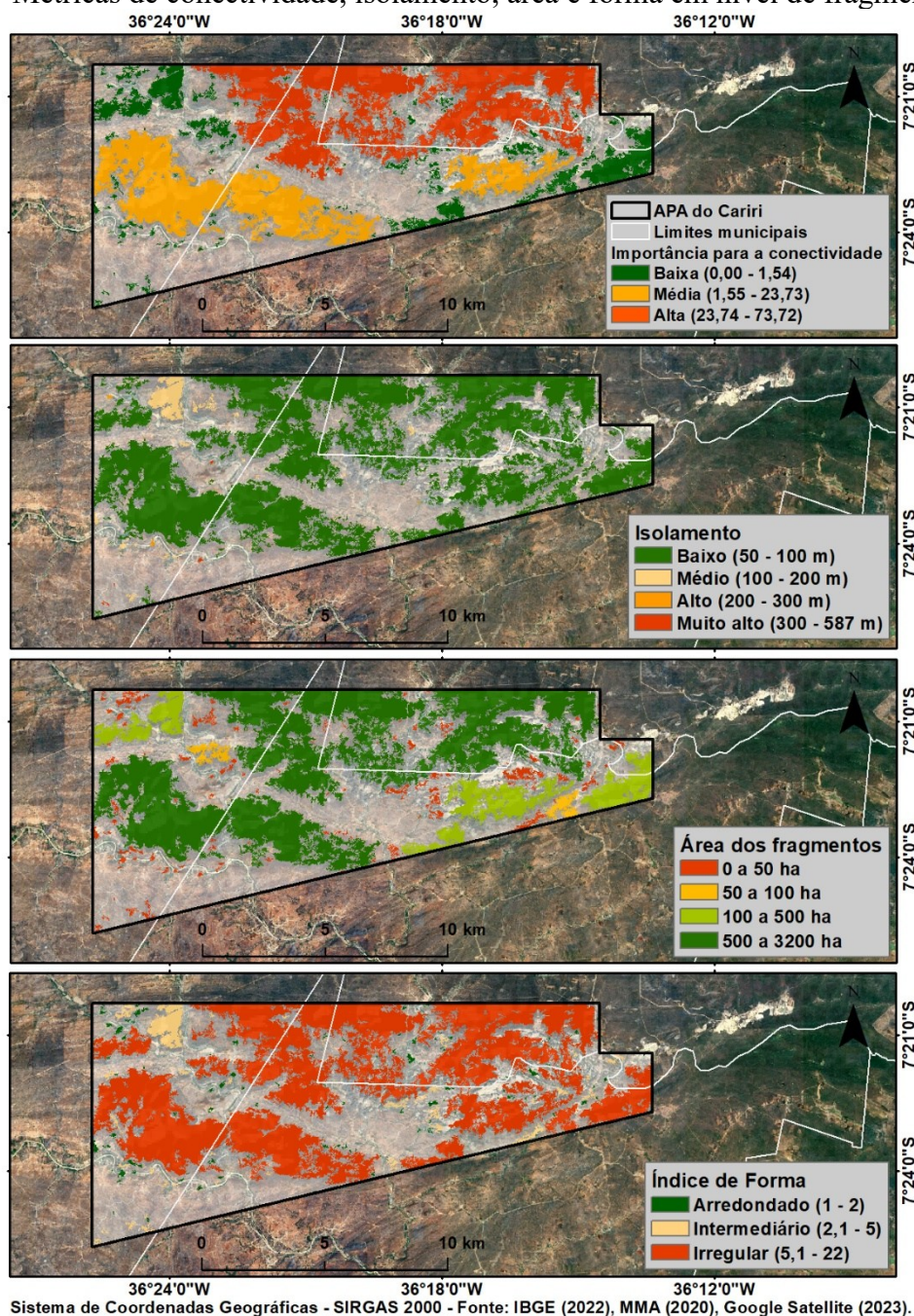
Fonte: elaborado pelos autores.

Em 2023, o município de Cabaceiras apresentou indicadores que evidenciam um cenário mais crítico no contexto da APA do Cariri. Apesar de possuir a maior área de vegetação remanescente (2.779,04 ha), o município também concentrou o maior número de fragmentos (106) e apresentou o menor tamanho médio dos remanescentes (26,22 ha), além de um índice de forma médio elevado (2,45), indicando fragmentos menos compactos. No período entre 2004 e 2023, Cabaceiras foi o município com a maior área de vegetação suprimida (1.048,65 ha) e o maior déficit entre perda e regeneração (-624,64 ha), mesmo tendo registrado a maior área regenerada (424,01 ha). Esses dados apontam para uma paisagem mais fragmentada e com saldo negativo expressivo, o que sugere a necessidade de atenção quanto à continuidade dos processos de regeneração nesse território.

No contexto da APA do Cariri, em se tratando da importância para a conectividade, os fragmentos mais relevantes estão concentrados nas regiões centrais e nordeste da unidade, classificados com alta importância para a manutenção do fluxo ecológico entre áreas naturais (Figura 6). Por outro lado, áreas com baixa importância para a conectividade estão distribuídas principalmente nas bordas da APA.

Em relação ao isolamento, a maior parte dos fragmentos apresenta baixa a média distância em relação ao vizinho mais próximo, com valores predominantes entre 50 e 200 metros, indicando certa proximidade estrutural entre remanescentes. Entretanto, fragmentos com alto ou muito alto isolamento estão presentes em áreas mais periféricas, especialmente no setor leste. A distribuição das áreas revela o predomínio de fragmentos pequenos (0–50 ha), especialmente nas porções leste e oeste, enquanto os fragmentos maiores (acima de 100 ha) concentram-se no centro da APA. Quanto à forma dos fragmentos, a maioria apresenta formatos irregulares, com destaque para as regiões norte e leste, que concentram os valores mais elevados do índice de forma, refletindo maior complexidade geométrica e potencial exposição a efeitos de borda.

Figura 6 – Métricas de conectividade, isolamento, área e forma em nível de fragmento (2023)

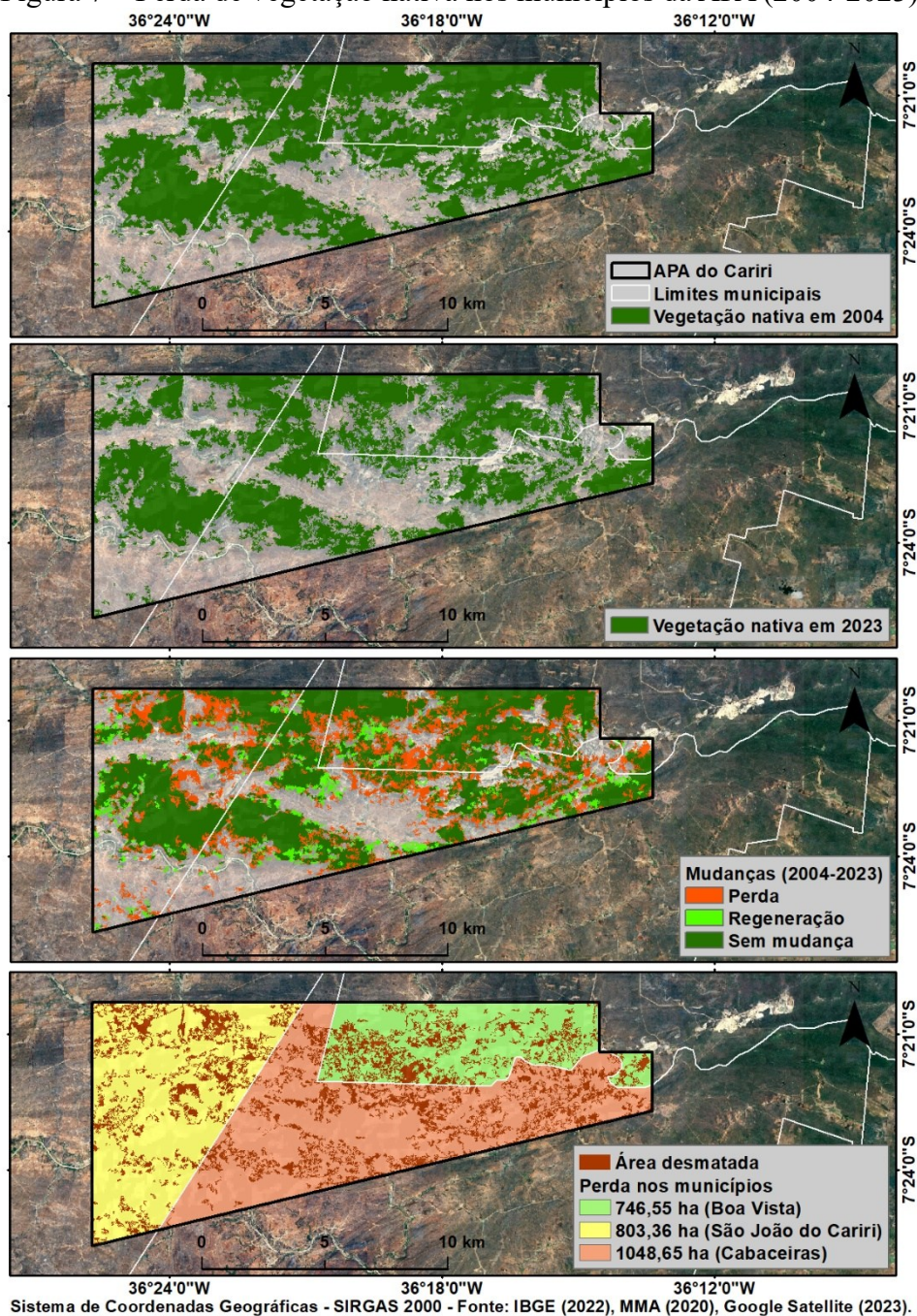


Fonte: elaborado pelos autores.

No que diz respeito à dinâmica de perda e ganho de vegetação dentro da APA, a análise temporal da cobertura vegetal entre os anos de 2004 e 2023 também revela uma redução pronunciada da vegetação nativa, com destaque para as regiões centrais, leste e oeste, onde se concentram as principais áreas de perda (Figura 7). Em 2004, a vegetação apresentava distribuição relativamente contínua, especialmente nas porções centrais e nordeste da unidade. Em 2023, observa-se maior fragmentação, com a vegetação remanescente predominantemente nas áreas centrais e norte, ainda que de forma menos conectada. O mapeamento das mudanças evidencia que, embora existam áreas pontuais de regeneração, localizadas principalmente no centro e oeste da APA, a perda de vegetação predomina amplamente, com maior

intensidade no município de Cabaceiras, que registrou a maior área desmatada no período (1.048,68 ha), seguido por São João do Cariri e Boa Vista.

Figura 7 – Perda de vegetação nativa nos municípios da APA (2004-2023)



Fonte: elaborado pelos autores.

De forma geral, os resultados evidenciam que a APA do Cariri apresenta um quadro crítico de perda e fragmentação da vegetação nativa, com padrões espaciais que indicam alta heterogeneidade na estrutura da paisagem. A redução da cobertura vegetal, o aumento do número de fragmentos, o isolamento crescente e a predominância de formas irregulares apontam para a degradação da conectividade ecológica na unidade.

Além disso, embora existam áreas com algum grau de regeneração, especialmente em setores centrais, a perda ainda supera os ganhos, reforçando a urgência de ações voltadas à conservação e recomposição da paisagem florestal. Esses dados estabelecem uma base sólida para a definição de áreas prioritárias para regeneração e para a discussão sobre os desafios e possibilidades de manejo sustentável na APA.

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam uma trajetória marcada por perda e fragmentação da vegetação nativa na APA do Cariri, com destaque para a redução de mais de 50% da Caatinga entre 1985 e 2023. A intensificação do número de fragmentos, aliada à diminuição do tamanho médio e ao aumento da distância entre manchas, confirma o avanço da degradação estrutural da paisagem e o enfraquecimento da conectividade estrutural. Essas transformações estão diretamente relacionadas ao avanço de atividades antrópicas, sobretudo à agricultura e à pecuária extensiva, historicamente associadas à supressão da vegetação nativa no Semiárido nordestino (Costa *et al.*, 2009; Moreira; Targino, 1996; Souza; Souza, 2016).

A fragmentação progressiva compromete a manutenção da biodiversidade ao reduzir a continuidade dos habitats, dificultar o fluxo gênico e ampliar os efeitos de borda, especialmente em fragmentos de forma mais alongada e irregular (Forman; Godron, 1986; Riva; Fahrig, 2023). O Índice de Forma Médio acima de 2,0 nos três municípios reforça essa tendência, com destaque para São João do Cariri (2,52), onde predominam geometrias menos compactas. Esse tipo de configuração aumenta a proporção de áreas periféricas nos fragmentos, o que intensifica alterações microclimáticas e a vulnerabilidade ecológica (Campos; Lima; Costa, 2025; Haddad *et al.*, 2015; Lang; Blaschke, 2009). Os efeitos de borda impactam diretamente a estrutura e funcionamento dos remanescentes florestais, principalmente em ecossistemas frágeis como a Caatinga, onde a limitação hídrica e a baixa taxa de regeneração natural agravam a degradação, como já demonstrado em outros estudos (Broggio *et al.*, 2024; Laurance, 1991; Murcia, 1995).

A análise do Índice Integral de Conectividade (IIC) reforça a relevância das regiões centrais e nordeste da APA do Cariri, onde se concentram fragmentos com maior potencial para manter o fluxo ecológico (Perlandim Ramos *et al.*, 2022; Saura; Pascual-Hortal, 2007). Esses fragmentos ocupam posições estratégicas na configuração espacial da paisagem, compondo uma rede estruturalmente conectada. No entanto, a predominância de manchas pequenas, isoladas e com formas irregulares nessas mesmas áreas indica limitações à conectividade funcional. Fragmentos menores, embora mais suscetíveis aos efeitos de borda e geralmente com menor diversidade de habitats e estabilidade microclimática, podem ainda atuar como *stepping-stones*, facilitando a movimentação de espécies entre áreas maiores e mais bem preservadas. Contudo, sua capacidade de cumprir esse papel depende da distância entre os fragmentos, da qualidade

ambiental mínima e da permeabilidade da matriz, fatores que influenciam diretamente o sucesso da dispersão e o fluxo ecológico entre os habitats (Shennan-Farpón *et al.*, 2022; Zhai *et al.*, 2021).

A análise temporal entre 2004 e 2023 evidencia que, embora existam áreas pontuais de regeneração, principalmente nas regiões centrais e oeste da APA do Cariri, a perda de vegetação foi mais intensa, ampla e contínua, resultando em saldo negativo em todos os municípios. Essa assimetria entre perda e regeneração confirma um padrão recorrente já identificado em outros contextos do Semiárido brasileiro, onde a vegetação nativa apresenta baixa resiliência frente à pressão antrópica constante (Caballero *et al.*, 2023; Souza *et al.*, 2020). Estudos baseados em métricas de paisagem têm demonstrado cenários semelhantes de degradação, com predominância de fragmentos pequenos, isolados e ambientalmente frágeis, o que compromete a funcionalidade ecológica da paisagem e dificulta processos de regeneração natural (Antongiovanni; Venticinque; Fonseca, 2018; Lima *et al.*, 2019; Oliveira Junior, 2023).

Nesse contexto, Cabaceiras se destaca como o município mais crítico da APA, reunindo múltiplos indicadores de degradação. Apesar de possuir a maior área de vegetação remanescente, é o que apresenta o maior número de fragmentos (106), o menor tamanho médio (26,22 ha), formas menos compactas (índice de forma 2,45) e a maior perda líquida de vegetação entre 2004 e 2023 (-624,64 ha). Esses dados indicam uma paisagem com elevada fragmentação e funcionalmente enfraquecida, com baixa capacidade de sustentar fluxos ecológicos e conservar a biodiversidade (Durigan *et al.*, 2009; Jesus *et al.*, 2019; Tabarelli *et al.*, 2012). Por reunir, ao mesmo tempo, alta importância para conectividade e alto grau de degradação estrutural, Cabaceiras reúne condições que justificam sua priorização em políticas de regeneração.

Do ponto de vista teórico, este estudo representa o primeiro esforço sistemático voltado à compreensão dos efeitos espaciais da fragmentação da Caatinga no contexto da APA do Cariri, situada no semiárido paraibano, uma região onde o bioma ainda é pouco abordado por análises aplicadas de ecologia da paisagem. A aplicação combinada de métricas como área, forma, isolamento e conectividade mostrou-se fundamental para avaliar, de forma integrada, os processos de perda e fragmentação da vegetação nativa ao longo do tempo e do espaço, oferecendo subsídios concretos para a interpretação da estrutura ecológica da paisagem em regiões vulneráveis à desertificação.

No plano prático, os achados sustentam a necessidade urgente de direcionar esforços para a recomposição da vegetação nativa, especialmente em áreas com fragmentos altamente degradados e baixa conectividade funcional. A identificação de manchas estratégicas para a conectividade pode subsidiar a criação de corredores ecológicos e estimular práticas sustentáveis de uso da terra nas zonas de entorno da APA. Essa abordagem integrada pode contribuir não apenas para restaurar a funcionalidade ecológica da paisagem, mas também para fortalecer a resiliência dos ecossistemas frente às pressões antrópicas que persistem na região.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo revelou um quadro crítico de perda e fragmentação da vegetação nativa na APA do Cariri entre 1985 e 2023, evidenciado pela redução superior a 50% da cobertura florestal, aumento expressivo no número de fragmentos, diminuição do tamanho médio e maior isolamento entre manchas. As transformações observadas apontam para uma degradação progressiva da estrutura da paisagem, com comprometimento da conectividade ecológica e da capacidade de suporte à biodiversidade. Esses resultados são reflexo direto da ocupação histórica da região, marcada pela agropecuária extensiva, pela extração de recursos naturais e pela expansão da fronteira agrícola no semiárido paraibano.

A análise espacial detalhada permitiu distinguir situações específicas entre os municípios abrangidos pela APA. Cabaceiras apresentou os indicadores mais críticos, com maior número de fragmentos, menores tamanhos médios, formas menos compactas e a maior perda líquida de vegetação nos últimos 19 anos, tornando-se o município prioritário para ações de restauração. Boa Vista e São João do Cariri também apresentaram perda significativa de cobertura vegetal, ainda que com fragmentos estruturalmente menos pulverizados. A paisagem da APA como um todo revela uma organização espacial heterogênea, com áreas centrais ainda importantes para a conectividade, mas inseridas em um contexto mais amplo de degradação.

A situação da APA do Cariri reflete um desafio comum às Unidades de Conservação de Uso Sustentável no Semiárido brasileiro: equilibrar a conservação da vegetação nativa com as práticas produtivas historicamente estabelecidas. Localizada em uma das regiões sob risco de desertificação, a APA assume papel estratégico na contenção dos processos de degradação ambiental, na proteção da Caatinga e na manutenção dos serviços ecossistêmicos. No entanto, os dados aqui apresentados indicam que, isoladamente, a presença da UC não tem sido suficiente para impedir a fragmentação ou reverter as tendências de perda. Isso reforça a necessidade de integrar o planejamento da APA com políticas de uso do solo, controle de desmatamento e fomento à restauração ecológica em escala paisagística.

Nesse sentido, estudos como este são fundamentais para subsidiar o planejamento ambiental territorial, especialmente em regiões semiáridas, onde os ecossistemas apresentam baixa resiliência e alta vulnerabilidade às ações humanas. A utilização de métricas de paisagem permitiu identificar com precisão os padrões de fragmentação e áreas prioritárias para intervenção, oferecendo subsídios técnicos para orientar medidas de manejo, criação de corredores ecológicos e ações de recomposição da vegetação nativa. Considerando o avanço do processo de desertificação no Semiárido, é urgente a implementação de estratégias integradas de restauração, que promovam a conectividade ecológica e fortaleçam a capacidade adaptativa dos ecossistemas frente às mudanças climáticas e à pressão antrópica contínua.

## **REFERÊNCIAS**

- ALVES, R. R. N. *et al.* A zoological catalogue of hunted reptiles in the semiarid region of Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 27, 2012. Disponível em: <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-4269-8-27>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 33, n. 8, p. 1353–1367, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0672-6>. Acesso em: 20 maio 2025.
- ARTIGAS, R. C.; SOUZA, B. I.; LIMA, R. P. Climatic changes and distribution of plant formations in the state of Paraíba, Brazil. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 157–174, 2022. Disponível em: <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/5044>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- BALLÉN, L. A. C.; SOUZA, B. I.; LIMA, E. R. V. de. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO CARIRI, PARAÍBA, BRASIL - DOI 10.5216/bgg.v36i3.44558. **Boletim Goiano de Geografia**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 555–571, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/44558>. Acesso em: 2 mar. 2025.
- BROGGIO, I. S. *et al.* Quantifying landscape fragmentation and forest carbon dynamics over 35 years in the Brazilian Atlantic Forest. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 034047, 2024. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ad281c>. Acesso em: 2 abr. 2024.
- CABALLERO, C. B. *et al.* Transformation of Brazil's biomes: The dynamics and fate of agriculture and pasture expansion into native vegetation. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 896, n. April, p. 166323, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969723049483>. Acesso em: 20 maio 2025.
- CAMPOS, J. O.; LIMA, E. R. V. de; COSTA, D. F. da S. Fragmentation of native forest surrounding protected areas in Brazil: the case of the Mata do Pau-Ferro State Park in Brejo Paraibano. **Landscape Research**, [s. l.], v. 50, n. 1, p. 219–234, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01426397.2024.2412698>. Acesso em: 2 maio 2025.
- COSTA, T. C. C. *et al.* Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 13, n. suppl, p. 961–974, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662009000700020&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000700020&lng=pt&tlng=pt).
- DUQUE, J. G. **Perspectivas nordestinas**. 2. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004.
- DURIGAN, G. *et al.* Protocolo de avaliação de áreas prioritárias para a conservação da Mata Atlântica na região da Serra do Mar/Paranapiacaba. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 39–54, 2009. Disponível em: [https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/publicacoes-if/revista-do-if/sumario\\_v21\\_1/](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/publicacoes-if/revista-do-if/sumario_v21_1/). Acesso em: 12 out. 2020.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 1–9, 2015. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/sciadv.1500052>. Acesso em: 12 jan. 2021.
- JESUS, J. B. *et al.* Fragmentação florestal em região semiárida no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [s. l.], v. 39, n. 1, 2019. Disponível em:

<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1683>. Acesso em: 16 maio 2023.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LAURANCE, W. F. Edge effects in tropical forest fragments: Application of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 205–219, 1991. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/000632079190139Z>. Acesso em: 10 fev. 2021.

LIMA, V. R. P. *et al.* Análise do Padrão Espacial do Uso e Cobertura do Solo e da Fragmentação e Conectividade da Vegetação no Semiárido do Nordeste Brasileiro: Bacias Dos Rios Taperoá e Alto Paraíba-Pb. **Revista de Estudios Andaluces**, [s. l.], v. 37, n. 37, p. 25–49, 2019. Disponível em: [https://institucional.us.es/revistas/andaluces/37/art/Porto-de-Lima\\_da-Silva-Seabra\\_Albuquerque-Xavier\\_da-Conceição-Dornellas.pdf](https://institucional.us.es/revistas/andaluces/37/art/Porto-de-Lima_da-Silva-Seabra_Albuquerque-Xavier_da-Conceição-Dornellas.pdf). Acesso em: 10 jul. 2022.

LIMA, V. R. P. *de et al.* Instrumentos para o Planejamento e Gestão Territorial: Subsídio ao Zoneamento da Área de Proteção Ambiental do Cariri – Paraíba. **Espaço Aberto**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 91–110, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufrrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/59433>. Acesso em: 10 jun. 2025.

LIMA, F. S.; ALMEIDA, N. V. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 3, p. 699–721, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233979/27436>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MCGARIGAL, K.; ENE, E.; CUSHMAN, S. **FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Amherst: Computer software program produced by the authors, 2023. Disponível em: <https://www.fragstats.org/index.php>.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. General Technical Report (GTR). Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995.

MEDEIROS, A. V. S. *et al.* Phytosociology of an open arboreal caatinga with high basal area in the Seridó desertification region, Brazil. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 601–611, 2023.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de Geografia Agrária da Paraíba**. João Pessoa: Editora Universitária - UFPB, 1996.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534700889776>. Acesso em: 20 jan. 2021.

OLIVEIRA JUNIOR, I. de. Fragmentos vegetais da caatinga e métricas da paisagem: uma abordagem no contexto do processo de desertificação. **ACTA GEOGRÁFICA**, [s. l.], v. 16, n. 41, p. 280–308, 2023. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/6636>. Acesso em: 10 maio 2025.

PARAÍBA. Decreto nº 25. 083, de 08 de junho de 2004. Cria a Área de Proteção Ambiental do Cariri, no Estado da Paraíba, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado da Paraíba**, Seção 12.652, p. 1, 2004.

PASCUAL-HORTAL, L.; SAURA, S. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation.

**Landscape Ecology**, [s. l.], v. 21, n. 7, p. 959–967, 2006. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10980-006-0013-z>.

PERLANDIM RAMOS, A. W. *et al.* Índice Integral De Conectividade Aplicado Na Seleção De Áreas De Preservação Permanentes Prioritárias À Recomposição No Município De Nova Marilândia, Mato Grosso – Brasil. **Geo UERJ**, [s. l.], n. 41, p. e51546, 2022.

RIVA, F.; FAHRIG, L. Landscape-scale habitat fragmentation is positively related to biodiversity, despite patch-scale ecosystem decay. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 268–277, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ele.14145>. Acesso em: 2 ago. 2023.

SAURA, S.; PASCUAL-HORTAL, L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 83, n. 2–3, p. 91–103, 2007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204607000709>. Acesso em: 15 ago. 2022.

SHENNAN-FARPÓN, Y. *et al.* The role of agroforestry in restoring Brazil’s Atlantic Forest: Opportunities and challenges for smallholder farmers. **People and Nature**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 462–480, 2022. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pan3.10297>. Acesso em: 2 maio 2025.

SOUZA, C. M. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acesso em: 16 maio 2023.

SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Caderno de Geografia**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 229–258, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26n2p229>. Acesso em: 16 abr. 2023.

TABARELLI, M. *et al.* A conversão da floresta atlântica em paisagens antropicas: Lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. **Interciencia**, Caracas, Venezuela, v. 37, n. 2, p. 88–92, 2012. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33922717002%0AComo>. Acesso em: 12 mar. 2021.

VANCINE, M. H. *et al.* The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. **Biological Conservation**, [s. l.], n. 291, p. 110499, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320724000600>. Acesso em: 6 fev. 2025.

XAVIER, R. A. *et al.* PADRÕES DE RELEVO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO CARIRI PARAIBANO: UMA CONTRIBUIÇÃO À CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA SEMIÁRIDA. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, v. 26, n. 01, p. 34–50, 2022. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/cienciageografica/article/view/2866>. Acesso em: 2 abr. 2025.

ZHAI, T. *et al.* Integrating Ecosystem Services Supply, Demand and Flow in Ecological Compensation: A Case Study of Carbon Sequestration Services. **Sustainability**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 1668, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/1668>. Acesso em: 20 maio 2021.