

MATA ATLÂNTICA: UMA ANÁLISE SOBRE A BIODIVERSIDADE, AMEAÇAS E FRAGMENTAÇÃO

Marina Fontana¹; Shayani P. de O. Domingues²; Juliana Quadros³; Liliani Marília Tiepolo⁴

GT 1: Análise Ambiental, Sustentabilidade e Conservação

Resumo

A Mata Atlântica (MA) possui complexa heterogeneidade ambiental, variações topográficas e histórico evolutivo singular, fatores que moldaram sua alta biodiversidade e endemismo. Além de seu valor ecológico, a MA é responsável por serviços ecossistêmicos essenciais para mais de 150 milhões de brasileiros. Porém, a intensa pressão antrópica afetou processos fundamentais para manutenção da floresta. Em contrapartida, as métricas de estrutura da paisagem surgem como base para o planejamento de ações pensando nos maiores problemas que enfrentamos hoje: a perda, fragmentação e degradação de habitats. O presente trabalho baseia-se na análise temporal de três estudos realizados em 2009, 2018 e 2024 que investigaram diferentes aspectos da dinâmica, conservação e restauração da MA. Em 2009, apenas 11,7% da vegetação original persistia, em 2018 atualizaram essa estimativa para 28%, já em 2024 o resultado foi 22,27%. No artigo de 2009 mapearam 245.173 fragmentos florestais, 83,4% tinham menos de 50 hectares, em 2024 apontou que mais de 97% com menos de 50 ha. A análise da configuração espacial revela uma intensa fragmentação, perda de cobertura florestal e baixa conectividade funcional. Apesar de avanços da regeneração natural e implementação de políticas públicas, a MA possui histórico de degradação, com grande parte de sua vegetação original perdida, e o restante fragmentado em pequenas porções, desconectadas e vulneráveis. Os estudos mostram que ações coordenadas, políticas de restauração, e um olhar voltado ao uso sustentável da terra, a MA pode deixar de ser apenas um bioma ameaçado e passar a ser um exemplo de conservação, recuperação ambiental e desenvolvimento.

Palavras-chave: Degradação; Desmatamento; Métricas de estrutura da paisagem; Geoprocessamento.

¹Bacharel em Ciências Biológicas; Universidade Federal do Paraná; Matinhos, Paraná, Brasil E-mail: marinafonana30@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5219-7773>

²Mestre; Universidade Federal do Paraná; Matinhos, Paraná, Brasil. E-mail: shayanipaula@ufpr.br ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2703-3888>

³Doutora; Universidade Federal do Paraná; Matinhos, Paraná, Brasil. E-mail quadros.juliana@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2176-5497>

⁴ Doutora; Universidade Federal do Paraná; Matinhos, Paraná, Brasil. E-mail lilianit@ufpr.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4488-2768>

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica (MA) é um dos biomas mais biodiversos do planeta, destacando-se por sua complexa heterogeneidade ambiental, variações topográficas e histórico evolutivo singular, fatores que moldaram sua rica composição de espécies e altos níveis de endemismo (Peres, *et al.*, 2020). Estendendo-se por aproximadamente 29° de latitude e abrangendo regiões tropicais e subtropicais, essa floresta apresenta uma grande amplitude de variações climáticas, com áreas costeiras recebendo mais de 4.000 mm de chuva anual, enquanto porções interiores registram valores em torno de 1.000 mm/ano (Câmara, 2003). Estima-se que a MA abriga mais de 18 mil espécies de plantas (Flora e Funga do Brasil, 2023) e cerca de 3.500 espécies de vertebrados (Reis, *et al.*, 2016; Figueiredo, *et al.*, 2021). No entanto, mais de 65% das espécies arbóreas e 82% das endêmicas estão atualmente sob risco de extinção (De Lima, *et al.*, 2024).

Além de seu valor ecológico intrínseco, a Mata Atlântica é responsável por uma série de serviços ecossistêmicos essenciais para a vida de mais de 150 milhões de brasileiros, incluindo abastecimento de água, regulação climática, produção de alimentos, controle de erosão, polinização e armazenamento de carbono (Joly, *et al.*, 2014). Apesar dessa relevância, a intensa pressão antrópica, que remonta ao período colonial com a expansão agrícola, pecuária extensiva, exploração de carvão, mineração e urbanização acelerada, resultou na drástica redução da cobertura florestal original do bioma (Solorzano, *et al.*, 2021).

Esse cenário de degradação refletiu diretamente na dinâmica ecológica de inúmeros grupos taxonômicos (Püttker, *et al.*, 2020), afetando processos fundamentais como dispersão de sementes (Marjakangas, *et al.*, 2020), armazenamento de carbono (De Lima, *et al.*, 2020), polinização (Varassin, *et al.*, 2021) e regulação trófica por predadores de topo (Paviolo, *et al.*, 2016). Além disso, fatores como a caça excessiva (Galetti, *et al.*, 2021) e as mudanças climáticas (Vale, *et al.*, 2021) surgem como ameaças adicionais à manutenção da integridade do bioma.

Em nível global, a conversão acelerada do uso da terra, fragmentação e degradação dos habitats constituem as principais causas da perda de biodiversidade (Chase, *et al.*, 2020). Nas florestas tropicais e subtropicais, calcula-se que mais de 100 milhões de hectares foram desmatados nas últimas décadas, o que contribuiu para o aumento dos efeitos de borda e a redução do tamanho dos fragmentos florestais (Fischer, *et al.*, 2021; Zalles, *et al.*, 2021). Atualmente, a maior parte dos remanescentes da MA encontra-se em fragmentos pequenos (<100 ha), majoritariamente compostos por

vegetação secundária em estágios iniciais ou intermediários de sucessão (Viana, *et al.*, 1997; Metzger, *et al.*, 2009), com grandes extensões florestais remanescentes restritas a regiões de relevo acidentado ou de difícil acesso (Silva, *et al.*, 2007).

Os municípios do litoral do Paraná estão completamente inseridos no bioma Mata Atlântica, um dos mais biodiversos e ameaçados do planeta. Essa região abriga um número expressivo de áreas protegidas sendo 45 ao todo, que desempenham papel fundamental na conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos locais (Paula; Pigosso; Wroblewski, 2018). Apesar dessa expressiva presença de unidades de conservação, o território litorâneo encontra-se sob forte pressão antrópica, especialmente por conta do avanço de grandes projetos de investimento.

O litoral paranaense tem se destacado como uma área estratégica para interesses econômicos nacionais e internacionais. A instalação de serviços logísticos, industriais e portuários voltados ao agronegócio e à indústria do petróleo tem se intensificado nas últimas décadas, configurando um processo de ocupação associado à especulação imobiliária, ao aumento das desigualdades sociais e à intensificação de disputas políticas sobre o uso e a ocupação do território (Tiepolo, 2015; Sezerino e Tiepolo, 2022).

Esse modelo de desenvolvimento, centrado em grandes empreendimentos e pouco atento à fragilidade socioambiental da região, tem contribuído para a geração de diversos conflitos. A paisagem do litoral do Paraná, antes marcada por ecossistemas contínuos e relativamente preservados, vem sofrendo transformações significativas resultantes da ação humana. Os impactos ambientais, sociais e econômicos observados ao longo do tempo estão diretamente ligados à intensificação das atividades antrópicas, que alteram profundamente as unidades da paisagem (Torres e Tiepolo, 2022).

Estudos sobre a dinâmica do uso e ocupação do solo indicam que, entre 1996 e 2017, ocorreram mudanças marcantes na configuração da cobertura vegetal. As formações de vegetação de planície e de serra, historicamente predominantes, apresentaram redução de superfície, especialmente nas áreas de Floresta Ombrófila Densa Submontana da Serra da Prata. Paralelamente, houve um crescimento expressivo de áreas antrópicas, tanto agrícolas quanto não agrícolas. As áreas destinadas à agricultura se expandiram sobre planícies e encostas, enquanto novas fronteiras foram abertas para atividades industriais, mineradoras, imobiliárias e de infraestrutura, aprofundando ainda mais a fragmentação da paisagem e os riscos ecológicos associados (Torres e Tiepolo, 2022).

Apesar dos avanços científicos e da geração de dados relevantes nas últimas décadas, ainda há lacunas consideráveis no entendimento espaço-temporal das alterações sofridas pela paisagem da MA, sobretudo quando se busca uma visão integrada e de longo prazo para apoiar estratégias de conservação (Sloan, *et al.*, 2014). Esse bioma, que originalmente cobria cerca de 1,6 milhão de km² entre o Brasil, Argentina e Paraguai, foi severamente impactado pelas altas taxas de desmatamento registradas nesses países nas últimas décadas (Song, *et al.*, 2018; Marques, *et al.*, 2021).

As métricas de estrutura da paisagem surgem como ferramentas importantes para avaliar o grau de fragmentação, conectividade funcional e exposição a efeitos de borda, servindo de base para o planejamento de ações conservacionistas (Williams, *et al.*, 2002; Lindenmayer, *et al.*, 2008). Embora apresentem limitações, esses indicadores oferecem parâmetros valiosos para regiões com escassez de dados biológicos detalhados (Fairbanks, *et al.*, 2001; Uehara-Prado, *et al.*, 2009). Ainda assim, a falta de padronização metodológica e a concentração de esforços de amostragem em poucas áreas resultam em uma distribuição desigual de conhecimento, dificultando a formulação de políticas públicas em escala regional ou nacional (Margules e Pressey, 2000; Groves, *et al.*, 2002).

Considerando essa lacuna, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de sintetizar e comparar os resultados de pesquisas (realizadas em 2009, 2018 e 2024) que analisaram diferentes aspectos da configuração da paisagem da Mata Atlântica. A partir de abordagens multiescalares e uso de métricas ecológicas interpretáveis (Urban, 2005; Vos, *et al.*, 2001), esses trabalhos oferecem uma visão abrangente sobre a distribuição espacial dos fragmentos, os processos de fragmentação e os desafios para conservação e restauração do bioma. Diante da elevada densidade populacional e importância econômica da região, que abriga mais de 125 milhões de pessoas e representa cerca de 70% do PIB brasileiro (Joly, *et al.*, 2014; Scarano e Ceotto, 2015), torna-se imprescindível alinhar as ações de proteção da biodiversidade às políticas públicas e à realidade socioeconômica das áreas envolvidas.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

O presente trabalho baseia-se na análise temporal de três estudos realizados em 2009, 2018 e 2024 que investigaram diferentes aspectos da dinâmica, conservação e restauração da MA.

O primeiro estudo, de Ribeiro, *et al.* (2009), realizou o mapeamento do restante da MA brasileira, e investigou como esses fragmentos estão distribuídos no território. Para isso, os autores utilizaram imagens de satélite e dados do projeto SOS Mata Atlântica/INPE. A análise abrangeu toda a extensão original do bioma, cobrindo cerca de 1,3 milhão de km², incluindo 17 estados brasileiros.

As áreas florestais foram classificadas em três categorias: florestas maduras (primárias ou secundárias avançadas), florestas secundárias intermediárias e fragmentos pequenos (menores que 100 hectares). identificação e mapeamento de mais de 245 mil fragmentos florestais, analisando características como tamanho, forma, distância entre fragmentos e proximidade de bordas. Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento (SIG), que permitiram mensurar o grau de fragmentação e isolamento das áreas remanescentes.

O bioma foi dividido em 23 sub-regiões ecológicas (BSRs), com base em fatores como clima, vegetação e histórico de uso da terra. O que permitiu comparar a situação da floresta entre diferentes regiões do bioma. Também foi avaliado o grau de proteção das áreas remanescentes, identificando quais fragmentos estavam dentro de unidades de conservação ou quão próximos estavam de áreas legalmente protegidas.

Foram analisados a conectividade entre fragmentos, especialmente os maiores, e avaliado o papel dos fragmentos menores como possíveis pontes ecológicas. A combinação dessas análises forneceu uma visão detalhada da situação da MA, e mostrou propostas de conservação, restauração e planejamento ambiental em escala nacional.

O segundo estudo, de Rezende *et al.* (2018) propôs a análise sobre o estado da cobertura vegetal da MA e identificação de oportunidades estratégicas para a restauração florestal. Foi realizado um mapeamento de cobertura vegetal nativa com resolução espacial de 5 metros. Com base em imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto, foi gerada uma estimativa mais precisa da área atualmente coberta por vegetação natural no bioma.

A partir desses dados, os autores calcularam o total de áreas degradadas localizadas ao longo de rios e nascentes, áreas ripárias, que são prioritárias para restauração ecológica. Além disso, foi calculado quais seriam os resultados da restauração das áreas indicadas. A metodologia considerou fatores como conectividade entre fragmentos florestais e limiares de biodiversidade, a quantidade mínima de vegetação necessária para manter espécies e processos ecológicos.

Foram cruzados os dados ecológicos com informações sobre a legislação ambiental e os compromissos do Brasil com o Acordo de Paris. Isso permitiu apontar que a restauração da vegetação nativa nas áreas legais não é apenas uma obrigação jurídica, mas também uma oportunidade para conciliar conservação ambiental com mitigação das mudanças climáticas.

O terceiro estudo, de Vancine, *et al.* (2024) realizou uma análise na dinâmica espaço-temporal da vegetação da MA ao longo de 34 anos, entre 1986 e 2020, abrangendo áreas do Brasil, Paraguai e Argentina. Para isso, foi utilizado dados do projeto MapBiomas, que oferece séries históricas anuais de uso e cobertura da terra em alta resolução. A vegetação foi classificada em duas categorias principais: vegetação florestal (FV) e vegetação natural (NV), o que permitiu uma avaliação detalhada das mudanças ao longo do tempo.

A metodologia envolveu o cálculo de diversas métricas de paisagem para analisar a estrutura espacial da vegetação. Entre essas métricas estão: área total de vegetação, número e tamanho de fragmentos, proporção e efeito de borda, grau de isolamento entre fragmentos, e conectividade funcional. Essas análises foram realizadas para diferentes recortes temporais e geográficos, permitindo uma visão abrangente da fragmentação e conectividade do bioma.

As análises espaciais foram realizadas em um ambiente de SIG, utilizando o software GRASS GIS integrado ao R. Isso possibilitou processar grandes volumes de dados e gerar mapas e estatísticas para todo o bioma. Com foco em fragmentos grandes (>500.000 ha) e sua vulnerabilidade à fragmentação causada por infraestruturas humanas, como estradas e ferrovias.

A influência dessas infraestruturas lineares foi incorporada ao modelo, permitindo avaliar seu impacto sobre a integridade dos fragmentos florestais. Foi analisada a distância dos fragmentos até áreas protegidas e territórios indígenas, considerando sua relevância para a conservação da biodiversidade.

Por fim, a comparação de dois períodos distintos: um até 2005, marcado por perda acentuada de vegetação, e outro após 2005, quando se observou uma leve recuperação da cobertura florestal em alguns locais. A metodologia combinou séries temporais, métricas ecológicas e dados espaciais, permitindo uma avaliação precisa dos impactos antrópicos e oferecendo subsídios para estratégias de conservação e restauração da MA.

A partir das metodologias dos três estudos, os resultados foram organizados em ordem cronológica e por tópico como: Cobertura de vegetação remanescente, distribuição

geográfica, fragmentação da paisagem, efeito de borda e isolamento, áreas protegidas e conservação, degradação de áreas ripárias e potencial de restauração e impacto de infraestruturas. Isso permitiu comparar os dados e entender como o conhecimento sobre a Mata Atlântica avançou ao longo do tempo.

3 RESULTADOS

Para entender os avanços no mapeamento, análise e conservação da Mata Atlântica, o Quadro 1 reúne três estudos que abordam o tema sob diferentes perspectivas. Cada um contribui com dados e abordagens específicas sobre a cobertura vegetal, fragmentação florestal e conectividade ecológica. A seguir, os principais aspectos desses trabalhos são comparados, destacando pontos em comum, contrastes e complementações que ajudam a ampliar a compreensão sobre os desafios e caminhos possíveis para a restauração e preservação do bioma.

Quadro 1 – Comparação entre três estudos científicos (Ribeiro, *et al.*, 2009; Rezende, *et al.*, 2018; Vancine, *et al.*, 2024) no bioma Mata Atlântica. Análise e comparação sobre a fragmentação, cobertura vegetal e conectividade ecológica na Mata Atlântica.

| Temas | Ribeiro, <i>et al.</i> (2009) | Rezende, <i>et al.</i> (2018) | Vancine, <i>et al.</i> (2024) |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Área de estudo | Toda a extensão original da Mata Atlântica ($\approx 1,3$ milhão de km ²), abrangendo 17 estados brasileiros. | Bioma Mata Atlântica (território nacional), com foco em áreas ripárias e legalmente protegidas. | Toda a extensão da MA nos três países, utilizando dados anuais de 34 anos (1986–2020). |
| Fonte de dados | Imagens de satélite e dados do projeto SOS Mata Atlântica/INPE. | Imagens de satélite com 5 m de resolução e técnicas de sensoriamento remoto. | MapBiomas – Séries históricas anuais de uso e cobertura da terra em alta resolução. |
| Classificação da vegetação | Florestas maduras, florestas secundárias intermediárias e fragmentos pequenos (<100 ha). | Áreas de vegetação nativa com foco em zonas de preservação permanente e margens de rios. | Vegetação Florestal (FV) e Vegetação Natural (NV). |
| Fragmentação | Identificados mais de 245 mil fragmentos florestais; 83,4% menores que 50 ha; apenas 0,03% maiores que 10.000 ha. | Fragmentação associada à perda de conectividade e biodiversidade abaixo de limiares ecológicos. | Fragmentação crescente até 2005; após esse ano, observada leve recuperação da |

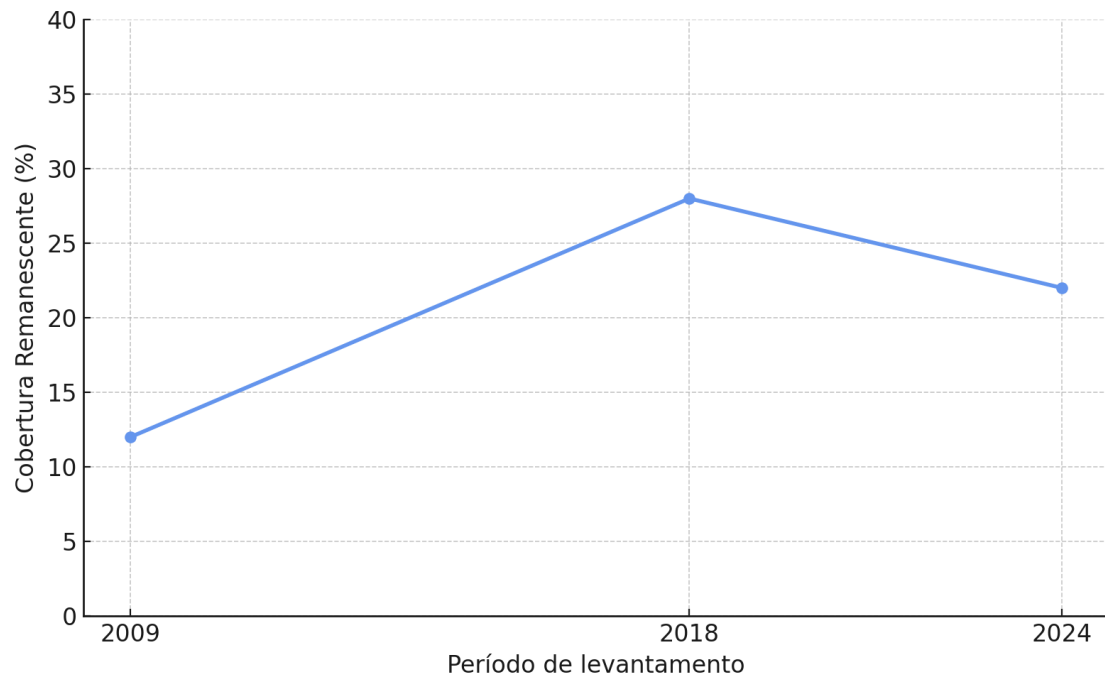
| | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| | | | vegetação em alguns locais. |
| Conectividade ecológica | Avaliada a distância entre fragmentos e presença de corredores; maioria isolada. | Áreas conectadas foram priorizadas para restauração visando atingir limiares de biodiversidade. | Analisada por métricas de paisagem. |
| Unidades de Conservação (UCs) | Remanescentes muitas vezes fora ou distantes de UCs; baixa sobreposição entre áreas florestais e UCs. | Cruzamento de dados ecológicos com limites legais e metas climáticas. | Avaliada a distância entre fragmentos e áreas protegidas, incluindo territórios indígenas. |
| Infraestruturas humanas | Não abordado diretamente. | Relacionamento indireto via ocupação do solo e uso agrícola. | Análise da influência de estradas e ferrovias sobre fragmentação e isolamento de grandes áreas. |
| Recomendações principais | Conservação dos grandes fragmentos e criação de corredores ecológicos. | Restauração estratégica em áreas legais com alto potencial ecológico e climático. | Priorizar grandes fragmentos vulneráveis e reconectar paisagens via restauração planejada. |

Fonte: as autoras, 2025.

3.1. COBERTURA DE VEGETAÇÃO REMANESCENTE

Ao longo das últimas décadas, o conhecimento sobre a cobertura remanescente da Mata Atlântica tem evoluído significativamente, acompanhando os avanços metodológicos em mapeamento. Segundo Ribeiro *et al.* (2009), apenas 11,7% da vegetação original persistia, representando aproximadamente 15,7 milhões de hectares, embora houvesse variações entre 11,4% e 16% devido às limitações técnicas da época. Anos depois, com novas abordagens cartográficas, Rezende *et al.* (2018) atualizaram essa estimativa para 28% (32 milhões de hectares), sendo 26% compostos por florestas e 2% por outras formações nativas, como campos e restingas. Mais recentemente, Vacine, *et al.* (2024) observou uma ligeira redução da vegetação florestal no Brasil de 22,85% (34,6 Mha) em 1986 para 22,27% (33,7 Mha) em 2020 e queda também da vegetação natural total, passando de 37,34% para 35,25% nesse intervalo. Os autores também apontam perdas expressivas em países vizinhos, sobretudo no Paraguai até meados da década de 2000 (Figura 1).

Figura 1 – Comparação entre três estudos científicos (Ribeiro, *et al.* 2009; Rezende, *et al.*, 2018; Vancine *et al.* 2024) no bioma Mata Atlântica. Análise e comparação sobre os remanescentes florestais na Mata Atlântica.



Fonte: as autoras, 2025.

3.2. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

A distribuição da vegetação remanescente na Mata Atlântica revela contrastes regionais marcantes. Ribeiro, *et al.* (2009) identificaram as áreas mais bem preservadas na Serra do Mar (36,5%), na Bahia (17,7%) e nos Brejos Nordestinos (16%), enquanto os menores percentuais foram observados nas regiões do São Francisco (4,7%) e no interior (7,1%).

De forma complementar, Rezende, *et al.* (2018) ressaltou que a vegetação remanescente tende a concentrar-se em áreas menos urbanizadas e em zonas protegidas, havendo perdas acentuadas em regiões densamente povoadas, como o Vale do Paraíba, a Grande São Paulo e o norte fluminense. O estudo ainda destacou o potencial de restauração: 495 municípios poderiam alcançar 30% de cobertura vegetal com a recuperação de áreas ripárias. Já Vancine, *et al.* (2024) demonstrou que grande parte da vegetação atual se encontra fora de unidades protegidas, muitas vezes distante mais de 10 km dessas áreas, e evidenciou elevada fragmentação e isolamento em todo o bioma, inclusive nas porções da Argentina e do Paraguai.

3.3. FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM

A fragmentação da paisagem da Mata Atlântica é um fenômeno persistente. Ribeiro *et al.* (2009) mapearam 245.173 fragmentos florestais, sendo que 83,4% tinham menos de 50 hectares. Os três maiores remanescentes, situados na Serra do Mar, no litoral paranaense e na costa de Santa Catarina, somavam juntos mais de 2 milhões de hectares. Em um cenário mais recente, Vacine *et al.* (2024) apontou que mais de 97% dos fragmentos ainda possuem menos de 50 ha, com tamanhos médios entre 16,3 e 25,5 ha. O estudo também relatou a diminuição dos grandes fragmentos (>500 mil ha) até 2005, seguida de um aumento no número de pequenos fragmentos após essa data, indicando processos de regeneração em curso.

3.4. EFEITO DE BORDA E ISOLAMENTO

Os efeitos de borda e o isolamento entre fragmentos são fatores críticos para a viabilidade ecológica da Mata Atlântica. Segundo Ribeiro *et al.* (2009), cerca de metade da vegetação remanescente estava a menos de 100 metros da borda dos fragmentos, com uma distância média entre fragmentos de 1.440 metros. Mais recentemente, Vacine *et al.* (2024) observou que entre 50% e 60% da vegetação atual encontra-se a menos de 90 metros das bordas, com uma distância média entre fragmentos variando de 250 a 830 metros, sugerindo uma leve redução do isolamento espacial.

3.5. ÁREAS PROTEGIDAS E CONSERVAÇÃO

A proteção legal da vegetação remanescente continua sendo um desafio. Ribeiro *et al.* (2009) estimaram que apenas 2,26 milhões de hectares (1,62% do bioma) estavam formalmente protegidos, abrangendo 14,4% da vegetação remanescente e apenas 9,3% da cobertura original. Entre as principais áreas protegidas destacavam-se o Parque Nacional do Iguaçu, a Chapada Diamantina e a Serra do Mar. Em uma análise mais recente, Vacine *et al.* (2024) indicou que apenas 10% da vegetação restante encontra-se dentro de Unidades de Conservação ou Territórios Indígenas, sendo que a maior parte está fora dessas áreas e frequentemente distante mais de 10 km de zonas protegidas.

3.6. DEGRADAÇÃO DE ÁREAS RIPÁRIAS E POTENCIAL DE RESTAURAÇÃO

As áreas ripárias emergem como espaços-chave para iniciativas de restauração. Rezende *et al.* (2018) identificaram 7,2 milhões de hectares degradados ao longo dos rios, sendo que 5,2 milhões precisam ser restaurados até 2038. Tal restauração poderia elevar a cobertura vegetal para até 35%, superando o limiar ecológico de 30%. As regiões com maiores déficits situam-se no norte fluminense e no Vale do Rio Doce, onde a infraestrutura é precária e prevalecem altos índices de pobreza. As estratégias recomendadas incluem foco em pequenas propriedades rurais e em corredores estratégicos de conectividade. Vacine *et al.* (2024) também destacou a recuperação de cerca de 1 milhão de hectares desde 2005, resultado tanto da regeneração natural em áreas agrícolas abandonadas quanto da aplicação de políticas ambientais, como o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (2009). Contudo, fragmentos regenerados mais recentes, com menos de 10 anos, ainda carecem de proteção adequada.

3.7. IMPACTO DE INFRAESTRUTURAS

As infraestruturas lineares, como estradas e ferrovias, desempenham um papel decisivo na fragmentação do bioma. Segundo Vacine *et al.* (2024), tais elementos foram os principais responsáveis pela perda de grandes fragmentos, reduzindo remanescentes com mais de 500 mil hectares em até 94%. Além disso, essas estruturas comprometem a conectividade entre habitats e impactam negativamente processos ecológicos essenciais, como a dispersão de sementes, o fluxo gênico e os ciclos hidrológicos.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A análise integrada da configuração espacial da Mata Atlântica revela um cenário marcado por intensa fragmentação, perda histórica de cobertura florestal e baixa conectividade funcional. Apesar de avanços recentes associados à regeneração natural e à implementação de políticas públicas como a Lei da Mata Atlântica e o Código Florestal (Da Silva *et al.*, 2017; Piffer *et al.*, 2022), a maioria dos remanescentes florestais continua isolada, exposta a efeitos de borda e distante de Unidades de Conservação, especialmente nas regiões interiores e agrícolas do bioma (Benzeev *et al.*, 2023; Rezende *et al.*, 2018).

A predominância de pequenos fragmentos, que representam mais de 97% dos remanescentes (Hatfield *et al.*, 2018), compromete a manutenção dos processos ecológicos e da biodiversidade, embora exerçam papel relevante como elementos de conexão na paisagem. Ainda assim, sua contribuição é limitada frente à necessidade de

restaurar áreas contínuas e funcionalmente integradas (Diniz *et al.*, 2021). Nesse contexto, o fortalecimento da conectividade ecológica depende de estratégias multiescalares, que combinem a criação de corredores ecológicos, o manejo da matriz antrópica e a proteção efetiva de áreas em diferentes estágios de regeneração (Teixeira *et al.*, 2022; Tubenclak *et al.*, 2021).

A MA é reconhecida globalmente como um *hotspot*, por abrigar elevada diversidade de espécies, muitas delas endêmicas, em meio a um cenário de intensa degradação e ameaça. No entanto, esse status não precisa ser apenas um alerta sobre a perda, mas também pode representar uma oportunidade. Rezende *et al.* (2018) sugerem que, com ações efetivas de restauração, manejo sustentável, políticas públicas articuladas e esforços coordenados entre diferentes setores, é possível transformar esse *hotspot* em um verdadeiro *hopespot*. Essa mudança de visão propõe enxergar o bioma não apenas como um espaço degradado, mas como um território com alto potencial de regeneração, capaz de servir de exemplo para outras áreas ameaçadas ao redor do mundo.

A restauração da MA não pode ser compreendida apenas como um esforço de recomposição da vegetação nativa, mas como um processo mais amplo de desenvolvimento territorial sustentável, que reconhece a diversidade socioeconômica dos municípios inseridos no bioma. Como apontam Rezende, *et al.* (2018) e Pinto, *et al.* (2023), as áreas com maior déficit de vegetação coincidem com territórios marcados por pobreza e desigualdade, exigindo políticas que integrem conservação ambiental, geração de renda e inclusão social. Mecanismos como pagamentos por serviços ambientais, incentivos agroecológicos e o fortalecimento de cadeias produtivas da restauração são fundamentais para tornar esse processo viável e duradouro (Ruggiero *et al.*, 2019; Silva, *et al.*, 2023).

Diante desse panorama, reforça-se a urgência de revisar e aprimorar os instrumentos legais de proteção, como a própria Lei da Mata Atlântica, de forma a garantir a conservação da vegetação regenerante e consolidar políticas de desmatamento zero (Pinto, *et al.*, 2023). O fortalecimento de pactos multissetoriais, como o Pacto pela Restauração da MA, deve ser acompanhado por investimentos públicos e privados que valorizem a qualidade da restauração e ampliem a escala das ações implementadas (Crouzeilles, *et al.*, 2019).

A MA atravessa um longo histórico de degradação, com grande parte de sua vegetação original já perdida e o que resta fragmentado em pequenas porções, muitas vezes desconectadas e vulneráveis. Os estudos apontam caminhos possíveis para a

mudança. Com ações coordenadas, políticas de restauração bem planejadas e um olhar voltado ao uso sustentável da terra, é possível reverter parte desse cenário. A MA pode deixar de ser vista apenas como um bioma ameaçado e passar a ser reconhecida como exemplo onde conservação, recuperação ambiental e desenvolvimento.

No entanto, esta visão mais esperançosa, esbarra em uma realidade centrada na lógica da desregulamentação massiva da legislação ambiental brasileira, com exemplos claros dos ataques aos diversos instrumentos como o Código Florestal Brasileiro, em 2012. Recentemente, na mira do congresso nacional temos a Lei da Mata Atlântica e o licenciamento ambiental para obras de impactos ambientais, está enfrentando severo desmonte que poderá flexibilizar e simplificar um processo que já é muito falho.

Apesar de estarmos na década da restauração dos ecossistemas e dos avanços nas pesquisas mostrando os benefícios que os ecossistemas desempenham para os seres humanos, é notável que a classe política em conjunto com os sistemas financeiros em nível local, regional e nacional costumam ou se recusam a agir em prol da restauração dos *hotspots* diante de um cenário de escassez impostas pela ultrapassagem dos limites de recuperação dos ecossistemas.

Referências

Benzeev, R., Zhang, S., Rauber, M. A., Vance, E. A., & Newton, P. Formalizing tenure of Indigenous lands improved forest outcomes in the Atlantic Forest of Brazil. **PNAS nexus**, v. 2, n. 1, p. pgac287, 2023.

Câmara, I. de G. **Brief history of conservation in the Atlantic Forest**. 2003.

Chase, J. M., Blowes, S. A., Knight, T. M., Gerstner, K., & May, F. Ecosystem decay exacerbates biodiversity loss with habitat loss. **Nature**, v. 584, n. 7820, p. 238-243, 2020.

Crouzeilles, R., Santiami, E., Rosa, M., Pugliese, L., Brancalion, P. H., Rodrigues, R. R., ... & Pinto, S. There is hope for achieving ambitious Atlantic Forest restoration commitments. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 2, p. 80-83, 2019.

Da Silva, R. F. B., Millington, J. D., Moran, E. F., Batistella, M., & Liu, J. Three decades of land-use and land-cover change in mountain regions of the Brazilian Atlantic Forest. **Landscape and Urban Planning**, v. 204, p. 103948, 2020.

Da Silva, R. F. B.; Batistella, M.; Moran, E. F. Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **Environmental Science & Policy**, v. 74, p. 14-22, 2017.

De Lima, R. A., Dauby, G., De Gasper, A. L., Fernandez, E. P., Vibrans, A. C., Oliveira, A. A. D., ... & Ter Steege, H. Comprehensive conservation assessments reveal high extinction risks across Atlantic Forest trees. **Science**, v. 383, n. 6679, p. 219-225, 2024.

De Lima, R. A., Oliveira, A. A., Pitta, G. R., de Gasper, A. L., Vibrans, A. C., Chave, J., ... & Prado, P. I. The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 6347, 2020.

Diniz, M. F., Coelho, M. T., de Sousa, F. G., Hasui, É., & Loyola, R. The underestimated role of small fragments for carnivore dispersal in the Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 1, p. 81-89, 2021.

Fairbanks, D. HK; Reyers, B.; Van Jaarsveld, A. S. Species and environment representation: selecting reserves for the retention of avian diversity in KwaZulu-Natal, South Africa. **Biological Conservation**, v. 98, n. 3, p. 365-379, 2001.

Figueiredo, M. D. S. L., Weber, M. M., Brasileiro, C. A., Cerqueira, R., Grelle, C. E., Jenkins, C. N., ... & Lorini, M. L Tetrapod diversity in the Atlantic Forest: maps and gaps. **The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**, p. 185-204, 2021.

Fischer, R., Taubert, F., Müller, M. S., Groeneveld, J., Lehmann, S., Wiegand, T., & Flora e Funga do Brasil, 2023. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em <https://redememoria.bn.gov.br/redeMemoria/handle/20.500.12156.2/3> Acesso em: 10 de junho de 2025.

Galetti, M., Gonçalves, F., Villar, N., Zipparro, V.B., Paz, C., Mendes, C., Lautenschlager, L., Souza, Y., Akkawi, P., Pedrosa, F., Bulascoschi, L., Bello, C., Sev' a, A.P., Sales, L., Genes, L., Abra, F., Bovendorp, R.S. Causes and consequences of large-scale defaunation in the Atlantic Forest. **The atlantic forest: history, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest**, p. 297-324, 2021.

Groves, C. R., Jensen, D. B., Valutis, L. L., Redford, K. H., Shaffer, M. L., Scott, J. M., ... & Anderson, M. G. Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice: a seven-step framework for developing regional plans to conserve biological diversity, based upon principles of conservation biology and ecology, is being used extensively by the nature conservancy to identify priority areas for conservation. **BioScience**, v. 52, n. 6, p. 499-512, 2002.

Hatfield, J. H.; Orme, C. D. L.; Banks-Leite, C. Using functional connectivity to predict potential meta-population sizes in the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 215-220, 2018.

Huth, A. I. Accelerated forest fragmentation leads to critical increase in tropical forest edge area. **Science advances**, v. 7, n. 37, p. eabg7012, 2021.

Joly, C. A.; Metzger, J. P.; Tabarelli, M. Experiences from the B razilian Atlantic F orest: ecological findings and conservation initiatives. **New phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.

Lindenmayer, D., Hobbs, R.J., Montague-Drake, R., Alexandra, J., Bennett, A., Burgman, M., Cale, P., Calhoun, A., Cramer, V., Cullen, P., Driscoll, D., Fahrig, L., Fischer, J., Franklin, J., Haila, Y., Hunter, M., Gibbons, P., Lake, S., Luck, G., MacGregor, C., McIntyre, S., Mac Nally, R., Manning, A., Miller, J., Mooney, H., Noss, R., Possingham, H., Saunders, D., Schmiegelow, F., Scott, M., Simberloff, D., Sisk, T., Tabor, G., Walker, B., Wiens, J., Woinarski, J., Zavaleta, E. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology letters**, v. 11, n. 1, p. 78-91, 2008.

Margules, C. R.; Pressey, R.L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243-253, 2000.

Marjakangas, E. L., Abrego, N., Grøtan, V., de Lima, R. A., Bello, C., Bovendorp, R. S., ... & Ovaskainen, O. Fragmented tropical forests lose mutualistic plant–animal interactions. **Diversity and Distributions**, v. 26, n. 2, p. 154-168, 2020.

Marques, M. C., Trindade, W., Bohn, A., & Grelle, C. E. The Atlantic Forest: an introduction to the megadiverse forest of South America. **The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse Forest**, p. 3-23, 2021.

Metzger, J. P., Martensen, A. C., Dixo, M., Bernacci, L. C., Ribeiro, M. C., Teixeira, A. M. G., & Pardini, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1166-1177, 2009.

Paviolo, A., De Angelo, C., Ferraz, K.M.P.M.B., Morato, R.G., Martínez Pardo, J., Srbe-Araujo, A.C., Beisegel, B., Lima, F., Sana, D., Xavier da Silva, M., Vel´azquez, M., Cullen Jr., L., Crawshaw Jr., P.G., Jorge, M.L.S.P., Galetti Jr., P.M., Di Bitetti, M.S., Cunha de Paula, R., Eizirik, E., Aide, T.M., Cruz, M.P., Perilli, M., Souza, A.S.M.C., Quiroga, V.A., Nakaro, E., Ramírez, F., Fern´andez, S., Costa, S.A., Moraes, E.A., Azevedo, F.C.C. The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 37147, 2016.

Peres, E. A., Pinto-da-Rocha, R., Lohmann, L. G., Michelangeli, F. A., Miyaki, C. Y., & Carnaval, A. C. Patterns of species and lineage diversity in the Atlantic Rainforest of Brazil. **Neotropical diversification: patterns and processes**, p. 415-447, 2020.

Piffer, P. R., Rosa, M. R., Tambosi, L. R., Metzger, J. P., & Uriarte, M Turnover rates of regenerated forests challenge restoration efforts in the Brazilian Atlantic forest. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 4, p. 045009, 2022.

Pinto, L. F. G., Ferreira, J., Berenguer, E., & Rosa, M. Governance lessons from the Atlantic Forest to the conservation of the Amazon. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 21, n. 1, p. 1-5, 2023.

Püttker, T.; Crouzeilles, R.; Almeida-Gomes, M.; Schmoeller, M.a; Maurenza, D.; Alves-Pinto, H.; Pardini, R.; Vieira, M, V.; Banks-Leite, C.; Fonseca, C. R.; Metzger, J. P.; Accacio, G. M.; Alexandrino, E. R.; Barros, C. S.; Bogoni, J. A.; Boscolo, D.; Brancalion, P. H.S.; Bueno, A. A.; Cambui, E. C.B.; Canale, G. R. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, v. 241, p. 108368, 2020.

Reis, R. E., Albert, J. S., Di Dario, F., Mincarone, M. M., Petry, P., & Rocha, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.

Rezende, C. L., Scarano, F. R., Assad, E. D., Joly, C. A., Metzger, J. P., Strassburg, B. B. N., ... & Mittermeier, R. A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.

Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

Ruggiero, P. G., Metzger, J. P., Tambosi, L. R., & Nichols, E. Payment for ecosystem services programs in the Brazilian Atlantic Forest: Effective but not enough. **Land use policy**, v. 82, p. 283-291, 2019.

Scarano, F. R.; Ceotto, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.

Silva, W. G., Metzger, J. P., Simões, S., & Simonetti, C. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 403-411, 2007.

Sloan, S., Jenkins, C. N., Joppa, L. N., Gaveau, D. L., & Laurance, W. F. Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots. **Biological Conservation**, v. 177, p. 12-24, 2014.

Solórzano, A.; Brasil, L. S. C. de A.; De Oliveira, R. R. The Atlantic Forest ecological history: From pre-colonial times to the Anthropocene. **The Atlantic forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest**, p. 25-44, 2021.

Song, X. P., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. Global land change from 1982 to 2016. **Nature**, v. 560, n. 7720, p. 639-643, 2018.

Teixeira, F. Z., da Silva, L. G., Abra, F., Rosa, C., Buss, G., Guerreiro, M., ... & Secco, H. A review of the application of canopy bridges in the conservation of primates and other arboreal animals across Brazil. **Folia Primatologica**, v. 93, n. 3-6, p. 479-492, 2022.

Tiepolo, L. M. A inquietude da mata atlântica: reflexões sobre a política do abandono em uma terra cobiçada. **Guaju**, v. 1, n. 2, p. 96-109, 2015.

Torres, G. V. Tiepolo, L. M. Evolução do Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Guaraguaçu, Mata Atlântica Costeira Paranaense. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 11, n. 2, p. 308-317, 2022.

Torres, G. V.; Tiepolo, L. M. Evolução do Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Guaraguaçu, Mata Atlântica Costeira Paranaense. **Fronteira:**

Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 11, n. 2, p. 308-317, 2022.

Tubenchlak, F., Badari, C. G., de Freitas Strauch, G., & de Moraes, L. F. D. Changing the agriculture paradigm in the Brazilian Atlantic Forest: the importance of agroforestry. **The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-Diverse Forest**, p. 369-388, 2021.

Urban, D. L. Modeling ecological processes across scales. **Ecology**, v. 86, n. 8, p. 1996-2006, 2005.

Vale, M.M., Arias, P.A., Ortega, G., Cardoso, M., Oliveira, B.F.A., Loyola, R., Scarano, F. R., 2021. Climate change and biodiversity in the Atlantic Forest: best climatic models, predicted changes and impacts, and adaptation options. **The Atlantic forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest**, p. 253-267, 2021.

Vancine, M. H., Muylaert, R. L., Niebuhr, B. B., de Faria Oshima, J. E., Tonetti, V., Bernardo, R., ... & Ribeiro, M. C. The Atlantic Forest of South America: spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 291, p. 110499, 2024.

Varassin, I. G., Agostini, K., Wolowski, M., & Freitas, L. Pollination systems in the Atlantic Forest: characterisation, threats, and opportunities. **The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**, p. 325-344, 2021.

Varassin, I. G., Agostini, K., Wolowski, M., & Freitas, L. Pollination systems in the Atlantic Forest: characterisation, threats, and opportunities. **The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**, p. 325-344, 2021.

Viana, V. N. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**, p. 351-365, 1997.

Vos, C. C., Verboom, J., Opdam, P. F., & Ter Braak, C. J. Toward ecologically scaled landscape indices. **The American Naturalist**, v. 157, n. 1, p. 24-41, 2001.

Williams, P. H.; Margules, C. R.; Hilbert, DW12177532. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. **Journal of biosciences**, v. 27, p. 327-338, 2002.

Zalles, V., Hansen, M. C., Potapov, P. V., Parker, D., Stehman, S. V., Pickens, A. H., ... & Kommareddy, I. Rapid expansion of human impact on natural land in South America since 1985. **Science advances**, v. 7, n. 14, p. eabg1620, 2021.