



Análise de Mudanças na Paisagem para Avaliar Eficiência de Restauração Ecológica em Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas

Diogo José Oliveira Pimentel¹, José Nailson Barros Santos¹, Nathan Castro Fonsêca¹, Giselle Lemos Moreira¹, Marília Isabelle Oliveira da Silva¹ & Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto²

Recebido em 28/10/2021 – Aceito em 21/02/2022

¹ Produção independente, Brasil. <djopimentel@hotmail.com, nailson.gba@hotmail.com, nathanflorestal@hotmail.com, gisellemoreira28@gmail.com, marilia.iosilva@gmail.com>.

² Universidade Federal de Alagoas/Centro de Ciências Agrárias, Brasil. <andrea.pinto@ceca.ufal.br>.

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi analisar as mudanças na paisagem e testar eficiência de restauração ecológica em floresta ombrófila densa de terras baixas na Estação Ecológica (Esec) de Bita e Utinga, localizada nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, em Pernambuco. Paralelo a isso, buscou-se associar o entendimento dos riscos da degradação diante de questões sociais, edáficas e topográficas e destacar as principais nuances para direcionar as ações de planejamento em áreas com cobertura florestal restauradas. Para isso utilizou-se classificação do uso e cobertura do solo de 2014 e 2019 do MapBiomias, aplicando métricas de paisagem para interpretar os resultados e realizou-se a análise multicritério do método AHP para avaliar o risco a degradação. Os resultados demonstraram que em apenas cinco anos houve um aumento de 167,3ha da classe floresta, que representam 6,68% da área da Esec. Em termos gerais, essa classe passou de 49,5% para 56,2%, ou seja, a classe floresta pode ser considerada a matriz da paisagem. Ficou inequívoca a redução do risco, em que as classes de “muito baixo” e “risco baixo” aumentaram 0,45 e 5,88%, respectivamente (7,7 e 102,3ha); e as classes de “risco alto” e “muito alto” diminuíram 5,03 e 1,25%, respectivamente (87,4 e 21,8ha). De modo geral, observa-se que a restauração contribuiu para o aumento dos fragmentos florestais, ficou inteligível que em apenas cinco anos pôde-se encontrar uma paisagem com melhorias nos processos estruturadores da comunidade, menor risco e aumento de área e de conexões.

Palavras-chave: Ecologia de paisagem; métricas de paisagem; risco à degradação.

Analysis of Landscape Changes to Evaluate Ecological Restoration Efficiency in Lowland Dense Ombrophylous Forest

ABSTRACT – The objective of the present work was to analyze the changes in the landscape and to test the efficiency of ecological restoration in dense lowland ombrophilous forest in the Ecological Station (Esec) of Bita and Utinga, located in the cities of Ipojuca and Cabo de Santo Agostinho in Pernambuco. Parallel to this, we sought to associate the understanding of the risks of degradation in the face of social, edaphic, and topographic issues and to highlight the main nuances to direct planning actions in areas with restored forest cover. For this, the 2014 and 2019 MapBiomias land use and land cover classification was used, applying landscape metrics to interpret the results and the multicriteria analysis of the AHP method was carried out to assess the risk of degradation. The results showed that in just five years there was an increase of 167.3ha in the forest class, which represents 6.68% of the Esec area. In general terms, this class went from 49.5% to 56.2%, that is, the forest class can be considered the matrix of the landscape. The risk reduction was unequivocal, in which the “very low” and “low risk” classes increased by 0.45 and 5.88%, respectively (7.7 and 102.3 ha); and the “high risk” and “very high” classes decreased by 5.03 and 1.25%, respectively (87.4 and 21.8 ha). In general, it is observed that the restoration contributed to the increase of forest fragments, it was intelligible that in just five years it was possible to find a landscape with improvements in the structuring processes of the community, less risk, and an increase in area and connections.

Keywords: Landscape ecology; landscape metrics; risk to degradation.

Análisis de Cambios en el Paisaje para Evaluar la Eficiencia de la Restauración Ecológica en Bosques Ombrófilos Densos de Tierras Bajas

RESUMEN – El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios en el paisaje y probar la eficiencia de la restauración ecológica en bosque ombrófilo denso de tierras bajas en la Estación Ecológica (Escec) de Bitá y Utinga, ubicada en los municipios de Ipojuca y Cabo de Santo Agostinho, en Pernambuco. Paralelamente, buscamos asociar la comprensión de los riesgos de degradación frente a cuestiones sociales, edáficas y topográficas y resaltar los principales matices para dirigir acciones de planificación en áreas con cobertura forestal restaurada. Para ello se utilizó la clasificación de usos y coberturas del suelo MapBiomás 2014 y 2019, aplicando métricas de paisaje para interpretar los resultados y se realizó el análisis multicriterio del método AHP para evaluar el riesgo de degradación. Los resultados mostraron que en solo cinco años hubo un incremento de 167,3ha en la clase forestal, lo que representa el 6,68% del área de la Esec. En términos generales, esta clase pasó del 49,5% al 56,2%, es decir, la clase bosque puede ser considerada la matriz del paisaje. La reducción del riesgo fue inequívoca, en la que las clases de “muy bajo” y “bajo riesgo” aumentaron en 0,45 y 5,88%, respectivamente (7,7 y 102,3ha); y las clases de “alto riesgo” y “muy alto” disminuyeron en 5,03 y 1,25%, respectivamente (87,4 y 21,8ha). En general se observa que la restauración contribuyó al aumento de fragmentos de bosque, se entendió que en apenas cinco años se logró encontrar un paisaje con mejoras en los procesos de estructuración de la comunidad, menor riesgo y aumento de área y conexiones.

Palabras clave: Ecología del paisaje; métricas de paisaje; riesgo de degradación.

Introdução

As florestas tropicais abrigam maior parte da biodiversidade do planeta (Gardner *et al.*, 2009) e fornecem muitos serviços ecossistêmicos essenciais, como fixação de CO₂ (Houghton *et al.*, 2015) abastecimento de água e manutenção do solo. No entanto, as florestas tropicais estão sendo rapidamente convertidas em paisagens modificadas pelo homem, em grande parte devido ao crescimento acelerado da população humana e à crescente demanda por terras agrícolas e produtos florestais (Laurance *et al.*, 2014). No Brasil, transições da Mata Atlântica para outros usos e coberturas do solo são evidentes (Lopes *et al.*, 2018). Considerada *hotspot* ecológico globalmente importante, esse é um dos biomas mais fragmentados e mais explorados do Brasil (Araujo *et al.*, 2015). Dessa forma, ações de restauração e conservação em florestas tropicais são as principais estratégias para garantir o sustento da biodiversidade e provimento de serviços ecossistêmicos.

A restauração de ecossistemas degradados é uma das ferramentas mais importantes para a recuperação da biodiversidade (Shimamoto *et al.*, 2018; Mcrae *et al.*, 2012). Muitos trabalhos se concentraram no mapeamento de áreas prioritárias para restauração, isto é, levando em conta o cenário e as condições atuais da paisagem (Tabarelli *et al.*, 2006; MMA, 2000). Em contraste,

tem havido pouco esforço por parte dos cientistas da conservação para aplicar os métodos e diagnosticar a eficiência da restauração ao longo dos anos e destacar as principais nuances da avaliação de risco em áreas que já iniciaram o processo de restauração.

Segundo Ribeiro *et al.* (2009), novas áreas de conservação são urgentemente necessárias, principalmente em Pernambuco, onde as reservas naturais protegem menos de 3% das florestas remanescentes. Nesse cenário, as ações de restauração devem ser colocadas em prática, sobretudo, em algumas condições estruturais importantes. Fragmentos de diversos tamanhos e formas assumem fundamental importância para a perenidade do bioma Mata Atlântica (Pirovani *et al.*, 2014). A riqueza de espécies e a similaridade composicional em várias famílias de plantas tropicais apresentam correlação forte e positiva à cobertura florestal (Benchimol *et al.* 2017), sendo importante entender como o uso e a mudança do solo variam em estrutura no tempo e no espaço (Lira *et al.*, 2012). Finalmente, as transformações da cobertura vegetal são tão relevantes que quando agregadas em um determinado lugar impactam significativamente os principais aspectos do funcionamento do ecossistema local, como a conservação da biodiversidade, o aquecimento do clima, as ilhas de calor urbanas e o abastecimento de água (Xu *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2016).

A conectividade da paisagem significa basicamente o “grau com que a paisagem facilita o movimento entre os recursos biológicos”, sendo essencial para processos ecológicos e evolutivos, dispersão, fluxo gênico e resgate demográfico entre seres vivos (Heller & Zavaleta, 2009). A restauração ecológica pode aumentar a extensão de habitats florestais, melhorar a conectividade da paisagem e permitir a persistência da biodiversidade dentro de uma paisagem (Rother *et al.*, 2019). Logo, fragmentos florestais e florestas restauradas surgem como fontes criticamente importantes de biodiversidade, para apoiar as funções e serviços ecossistêmicos (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017; Shimamoto *et al.*, 2018).

A busca por conhecimento ecológico sobre os fragmentos florestais de uma área permite aplicar a gestão ambiental correta quanto ao manejo e à conservação florestal (Calegari *et al.*, 2010), e a análise dos padrões de fragmentação florestal pode ser feita por métricas de paisagem, que visam a quantificar a estrutura da paisagem (Silva & Souza, 2014; Moreira *et al.*, 2018). Além do que o conhecimento sobre técnicas de restauração florestal deve ser ampliado, sobretudo,

em florestas tropicais onde se encontra a maior biodiversidade do planeta e onde reside múltiplos fatores de riscos na condução do processo de restauração. Tendo em vista que a restauração ecológica afeta positivamente a estrutura e a função dos ecossistemas degradados, o objetivo do presente trabalho foi analisar as mudanças na paisagem e testar eficiência de restauração ecológica em floresta ombrófila densa de terras baixas na Estação Ecológica (Esec) de Bitá e Utinga, localizada nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho em Pernambuco. Paralelo a isso, buscou-se associar o entendimento dos riscos da degradação diante de questões sociais, edáficas e topográficas e destacar as principais nuances para direcionar as ações de planejamento em áreas com cobertura florestal restauradas.

Material e Métodos

A unidade de conservação de Bitá e Utinga é categorizada como Estação Ecológica (Esec) e está localizada nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, em Pernambuco (Figura 1), sendo titulada em 2012, conforme Brasil (2012).

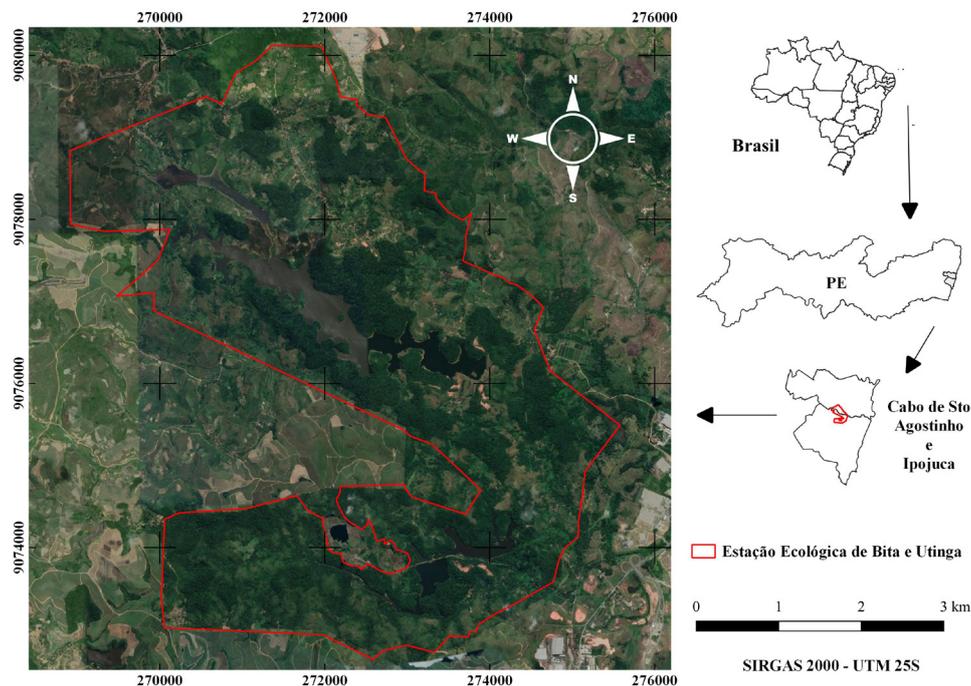


Figura 1 – Localização da UC de Bitá e Utinga.

A classificação do clima é do tipo As (clima quente e chuvoso), de acordo com Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 25,1°C, e a

pluviosidade anual de 1.991mm (Alvares *et al.*, 2013). A vegetação original é classificada como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (IBGE, 2012).

Segundo o plano de manejo, esta unidade apresenta 1.657,5ha de zonas com necessidades de recuperação, e em 2014 o Complexo Industrial Portuário de Suape iniciou projeto de restauração florestal com pelo menos 413ha que incluiu diferentes técnicas de restauração (plantio total, condução de regeneração natural, enriquecimento e adensamento).

O *shapefile* da UC foi obtido do SIGCaburé (2021). Os mapas de uso e cobertura do solo foram gerados e fornecidos gratuitamente pelo Projeto Brasileiro de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura do Solo (MapBiomias, 2021). As imagens utilizadas pela MapBiomias são provenientes da série de satélites Landsat (5-TM, 7-ETM + e 8-OLI), proporcionando dados de 1985 até o ano 2019. Dessa forma, utilizaram-se dados de 2014 e de 2019, ou seja, no ano de implantação do projeto e após cinco anos.

As métricas calculadas para uso do solo e para as classes de tamanho dos fragmentos foram realizadas com auxílio do *plugin* “Landscape Ecology Statistics-LecoS” (QGIS, 2021). A classe Floresta foi subdividida em classes de tamanho, sendo considerados: “muito pequeno” aqueles fragmentos < 5ha, “pequenos” aqueles entre 5 ≥ 10ha, “médios” entre 10 > 100ha e “grandes” ≥ 100ha (Juvanhol *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2018).

As métricas utilizadas possibilitam uma melhor compreensão dos processos ecológicos e ecossistêmicos do ambiente, destacam-se: as de área que dizem respeito a qualidade de uma mancha ou de uma classe, enquanto a de retalhamento refere-se ao efeito divisor de estruturas sobre as relações ecológicas existentes em setores da paisagem que anteriormente eram conectados (Lang & Blaschke, 2009).

Os mapas de risco à degradação foram realizados pela análise multicritério do método AHP (Processo Analítico Hierárquico), considerando cinco classes de nível de risco ao processo de degradação: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo; e, utilizando como fatores: ocupação do solo com peso de 62,3%; classe de solo com peso de 21,4%; declividade, 10,8%, e, moradias 5,6% (Falcão, 2013). Apesar de considerar quatro fatores não houve mudanças, entre os anos em estudo, dos fatores declividade e classe de solo, em que essa foi obtida da Embrapa (2021) e aquela do INPE (2021). Enquanto, os dados da classe moradias foram levantados utilizando o temporizador das imagens do Google (2021).

A relação entre as classes de fragilidade e os fatores é detalhada na Tabela 1. Para a classe de “moradias” foi gerado um mapa de calor considerando um raio de 2km, dividindo-se os valores resultantes proporcionalmente entre as cinco classes.

Tabela 1 – Relação entre as classes de fragilidade e os fatores (uso do solo, classes de solos, declividade e moradias).

Classes de fragilidade	Uso do solo	Classes de solos	Declividade
Muito fraca	Formação florestal	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa	0 a 3 %
Fraca	*	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média/argilosa	3 a 8 %
Moderada	*	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho Amarelo, textura média/argilosa	8 a 20 %
Forte	Agricultura ou pastagem	Podzólico Vermelho Amarelo, textura média/arenosa, Cambissolos	20 a 45 %
Muito forte	*	Podzolizados com cascalho, Litólico e Areias Quartzozas	> 45 %

* Classes sem atribuição de grau de fragilidade.

Fonte: Uso do solo, os autores; Classes de solos, Queiroz (2017); Declividade, adaptada de Falcão (2013).

Resultados e Discussão

Como pode-se observar na Figura 2A e Figura 2B, existem seis classes inseridas na Esec

de Bitá e Utinga. Comparando as figuras, nota-se um incremento da classe floresta. Além disso, deixa manifesto que as classes canavial e outras lavouras são as menos representativas.

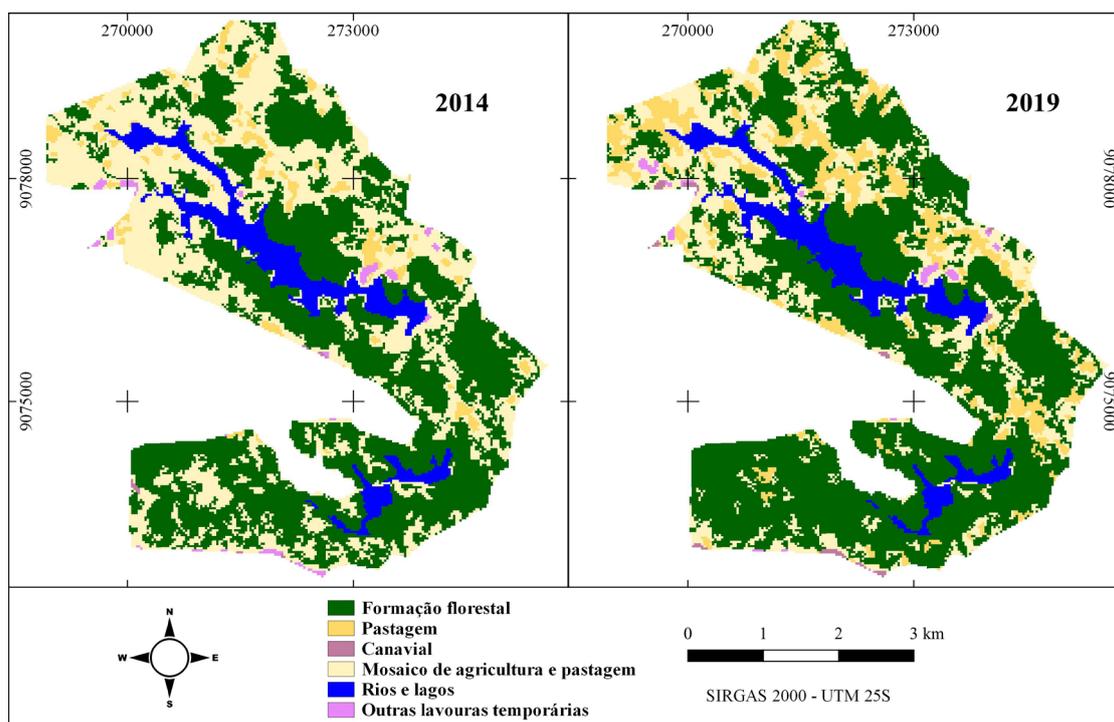


Figura 2 – Classificação do uso do solo do MapBiomias para Esec de Bitá e Utinga em 2014 (A) e em 2019 (B).

Analisando as métricas da classificação (Tabela 2), é possível corroborar as interpretações das figuras anteriores, em que se constata que em apenas cinco anos houve um aumento de 167,3ha da classe floresta, que representam 6,68% da área da Esec. Em termos gerais, essa

classe passou de 49,5% para 56,2%, ou seja, a classe floresta pode ser considerada a matriz da paisagem. Vale ressaltar que outros estudos apresentam agropecuária como matriz na região (Moreira *et al.*, 2018; Pimentel, 2021).

Tabela 2 – Métricas da classificação do uso do solo do MapBiomias para Esec de Bitá e Utinga em 2014 e 2019.

Ano	Classes	Área (ha)	Por. (%)	Nº de manchas	Maior mancha (ha)	Média de área (ha)	Índice de retalhamento
2014	Florestal	1242,2	49,54	61	485,0	20,4	12
	Pastagem	92,5	3,69	63	9,4	1,5	20.919
	Canavial	2,5	0,10	6	1,2	0,4	3.496.054
	Agricultura e Pastagem	948,0	37,81	101	521,6	9,4	21
	Corpos d'água	202,2	8,07	5	161,9	40,4	233
	Outras lavouras	19,9	0,79	20	3,5	1,0	183.959
2019	Florestal	1409,5	56,22	67	778,8	21,0	9
	Pastagem	283,0	11,29	105	48,4	2,7	1.395
	Canavial	10,4	0,41	12	2,1	0,9	489.359
	Agricultura e Pastagem	586,5	23,39	164	121,4	3,6	279
	Corpos d'água	203,3	8,11	5	162,7	40,7	231
	Outras lavouras	14,5	0,58	16	3,5	0,9	203.654

Apesar do aumento da classe pastagem, houve redução da classe “agricultura e pastagem”; logo, é possível que esta alteração tenha ocorrido devido dificuldade de interpretação dos pixels, sobretudo, entre as classes “pastagem” x “agricultura e pastagem”. Todavia, fica claro que essa classe foi a que teve a maior área convertida em florestas, reduzindo em 14,42% sua área de 2014 para 2019. Isso também é verdadeiro ao considerarmos as duas classes simultaneamente (i.e., “pastagem” + “agricultura e pastagem”), com decréscimo de 6,82%.

Estudando propostas de corredores ecológicos para Mata Atlântica, Santos *et al.* (2018) consideraram as áreas com pastagens e culturas agrícolas como sendo classes potenciais para conversão em fragmentos florestais. No entanto, o padrão de redução de florestas em estudos temporais tem sido notabilizado por diferentes trabalhos em cenário regional como causa direta da conversão destas áreas para pastagens e agricultura (Fonsêca *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2013). Em contrapartida, para este estudo, esse padrão não foi observado, devido a influência das áreas em processo de restauração,

que contribuiu com o acréscimo de 167,3ha de vegetação em relação ao período anterior (2014).

Segundo Benchimol *et al.* (2017), fragmentos cercados por uma maior quantidade de cobertura florestal exibem maior riqueza de espécies. Os plantios de restauração podem afetar positivamente a taxa de substituição de espécies (diversidade beta), bem como a diversidade taxonômica e funcional em paisagens fragmentadas (Rother *et al.*, 2019). Sendo assim, o aumento da classe florestal implementada pela restauração, portanto, afetaram importantes características estruturais dos ecossistemas degradados aumentando sua funcionalidade, provisão de serviços e a diversidade de espécies na paisagem em vários níveis ecológicos.

Em relação ao tamanho dos fragmentos, ainda em 2014 os fragmentos grandes eram os mais representativos (Figura 3A), porém, em 2019 houve redução sistemática das áreas de canavial, agricultura e pastagem, que provocaram um aumento natural de corredores entre fragmentos, principalmente, no maior fragmento ao sul da Esec (Figura 3B).

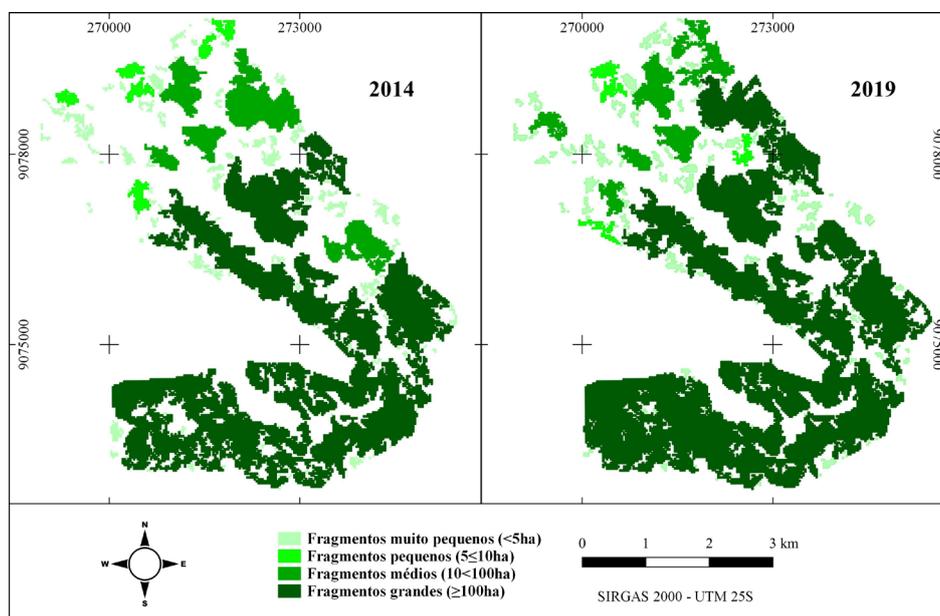


Figura 3 – Classes de tamanho dos fragmentos florestais da UC de Bitá e Utinga em 2014 (A) e em 2019 (B).

Grandes fragmentos florestais maduros são vitais para viabilizar a oferta de sementes e permitir a recolonização dos pequenos fragmentos circundantes, e podem atuar como áreas de origem para programas de restauração (Rodrigues *et al.*,

2009). Fragmentos maiores geralmente contêm mais espécies e também populações maiores, o que teoricamente aumenta a estabilidade contra variações nos processos demográficos, genéticos e ambientais. No entanto, a matriz circundante e

a configuração do *habitat* podem exercer um forte efeito sobre os processos que ocorrem dentro dos fragmentos (Kupfer *et al.*, 2006).

Segundo Metzger *et al.* (2009), diferentes grupos taxonômicos são sensíveis às ligações do corredor, e que mesmo conexões de corredor antigas (posteriormente perdidas) têm uma influência nas distribuições de espécies presentes. Consequentemente, a relação positiva entre fragmentos e restauração tem otimizado os resultados observados.

Nos fragmentos “grandes” ocorreu aumento representativo entre os anos de 2014-2019. Isso se deu porque alguns fragmentos “médios” se conectaram aos “grandes”, notabilizando um acréscimo absoluto no tamanho de fragmentos “grandes”, de 909,2 para 1136,6ha (Tabela 3). O número de manchas de fragmentos “muito pequenos” também aumentou, mas sem implicações direta na variação total da área (ha), o que indica a presença do cultivo e a dinamicidade do abandono de áreas utilizadas pela agricultura e pastagem na paisagem do litoral sul do estado do Pernambuco.

Tabela 3 – Métricas para classes de tamanho de fragmentos da Esec de Bitá e Utinga em 2014 e 2019.

Ano	Tamanho de Fragmentos	Área (ha)	Porc. (%)	Nº de manchas	Maior mancha (ha)	Média de área (ha)	Índice de retalhamento
2014	Muito pequenos	115,9	9,3	119	4,2	1,0	5.704
	Pequenos	39,6	3,2	6	9,3	6,6	5.512
	Médios	177,5	14,3	5	74,0	35,5	172
	Grandes	909,2	73,2	3	485,0	303,1	3
2019	Muito pequenos	118,2	8,4	129	3,4	0,9	10.341
	Pequenos	27,3	1,9	3	7,3	9,1	6.828
	Médios	127,4	9,0	6	35,5	21,2	568
	Grandes	1136,6	80,6	3	778,8	378,9	3

* Porc. = Porcentagem.

Apesar das classes de “pequenos” e “médios” tamanhos de fragmentos terem reduzido a área da maior mancha em cada uma das classes, isso é apenas consequência esperada pelo aumento da maior mancha, isto é, de 485,0 para 778,8ha na classe de tamanho de fragmento “grande” (Tabela 3). É importante mencionar que, segundo Ribeiro *et al.* (2009), 97% dos fragmentos de Mata Atlântica no Brasil são menores que 250ha. Apesar de pouca representatividade em termos de área, na classe de fragmentos “muito pequenos” (115,9 e 118,2ha; 2014 e 2019, respectivamente), o tamanho médio é aproximadamente 1ha, indicando um grande desafio para a ciência da restauração ecológica.

Em suma, fragmentos muito pequenos não apresentaram maiores alterações, com valores similares de área, porcentagem e número, além de ter aumentado o índice retalhamento (Tabela 3). Segundo Groeneveld *et al.* (2009),

não está claro como a fragmentação irá alterar a estrutura de pequenos fragmentos no longo prazo. Além disso, tendo em vista a relevância dessas áreas, já evidentes como trampolins (*stepping stone*), é importante direcionar ações para que tais áreas não sejam perdidas (Fernandes *et al.*, 2017; Pirovani *et al.*, 2014; Etto *et al.*, 2013; Calegari *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2009).

De acordo com Ripperger *et al.* (2014), pequenos fragmentos florestais levam à simplificação das comunidades animais e ao isolamento parcial da fauna silvestre, e fragmentos isolados podem ter sua diversidade reduzida por estarem sujeitos a efeitos de borda devido ao tamanho do fragmento e perda de habitat (Morais *et al.*, 2015). No presente trabalho, a conexão entre fragmentos de vários tamanhos tem se mostrado bastante expressiva, sobretudo, entre médios e grandes fragmentos.

Com relação ao risco à degradação, a Figura 4B apresenta mais áreas verdes e com tons

mais escuros do que Figura 4A, demonstrando que esse risco foi reduzindo em área e em intensidade.

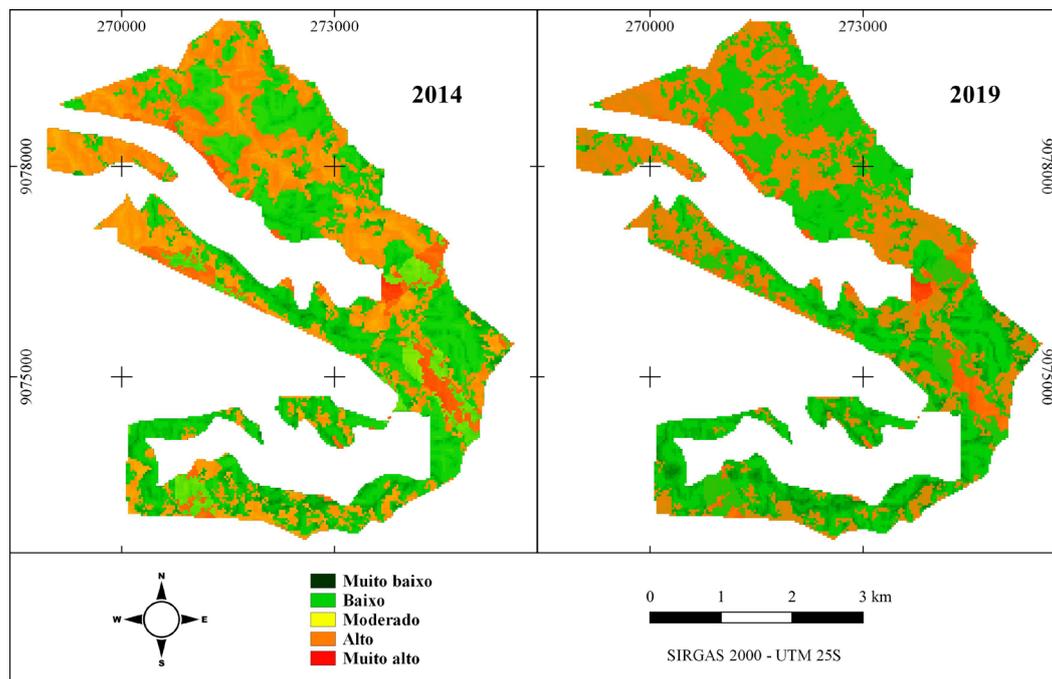


Figura 4 – Análise de risco à degradação na Esec de Bitá e Utingá em 2014 (A) e, em 2019 (B), as áreas em verde escuro apresentam maior probabilidade de manterem como florestas e as que estão em vermelho, menor probabilidade de se converterem em florestas.

Analisando a Tabela 4, fica inequívoco que as classes de “muito baixo” e “risco baixo” aumentaram 0,45 e 5,88%, respectivamente (7,7 e 102,3ha); e as classes de “risco alto” e “muito alto” diminuíram 5,03 e 1,25%, respectivamente (87,4 e 21,8ha). Esse mesmo padrão é observado para as métricas de número de manchas, densidade de manchas e maior mancha em que houve

aumento para as classes de risco mais baixo e reduções para as classes de risco mais alto. Por ser uma métrica inversamente positiva, ou seja, quanto menor melhor, o índice de retalhamento apresentou comportamento contrário às demais, reduzindo a fragmentação das classes de menor risco e aumentando a fragmentação daquelas de maior risco.

Tabela 4 – Métricas da análise de risco à degradação da Esec de Bitá e Utingá em 2014 e 2019.

Ano	Classe	Área (ha)	Porc. (%)	Nº de manchas	Densidade	Maior mancha	Índice de retalhamento
2014	Muito baixo	9,1	0,52	55	3,2	0,7	1.348.355
	Baixo	889,0	51,11	71	4,1	238,0	28
	Moderado	0,8	0,05	4	2,3	0,4	13.833.121
	Alto	782,6	45,00	104	6,0	289,4	28
	Muito alto	57,8	3,32	53	3,0	19,4	5.764
2019	Muito baixo	16,8	0,97	82	4,9	1,6	412509
	Baixo	991,3	56,99	71	4,3	268,8	18
	Alto	695,2	39,97	98	5,9	248,7	36
	Muito alto	36,0	2,07	37	2,2	7,0	21670

* Porc. = Porcentagem.



Conclusão

Este trabalho faz parte da primeira geração de estudos que contribuiu com o conhecimento sobre técnicas de restauração na Mata Atlântica no estado de Pernambuco, abordando fatores de riscos na condução do processo de restauração. De modo geral, observa-se que a restauração contribuiu para o aumento dos fragmentos florestais, ficou inteligível que em apenas cinco anos pôde-se encontrar uma paisagem com melhorias nos processos estruturadores da comunidade, menor risco e aumento de área e de conexões, sobretudo, entre fragmentos de tamanho médio e grande.

Acredita-se que será possível encontrar uma continuidade da melhoria das respostas em nível de dinâmica e estrutura na paisagem da Esec de Bita e Utinga ao longo do tempo. De maneira conexa, estas descobertas além de fornecer um arcabouço para a ciência da restauração ecológica, aponta a importância dos médios e grandes fragmentos para a melhoria dos processos de restauração e melhoria estrutural e ecológica da paisagem, bem como a vulnerabilidade dos pequenos remanescentes florestais, sobretudo aqueles de um hectare.

Referências

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM & Sparovek G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728, 2013.

Araujo LS, Komonen A & Lopes-Andrade C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. *Biol. Conserv.*, 191: 659-666, 2015.

Arroyo-Rodríguez V, Melo FPL, Martínez-Ramos M, Bongers F, Chazdon RL, Meave JA, Norden N, Santos BA, Leal IR & Tabarelli M. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. *Biol. Rev.*, 92: 326-340, 2017.

Benchimol M, Talora DC, Mariano-Neto E, Oliveira TLS, Leal A, Mielke MS & Faria D. Losing our palms: The influence of landscape-scale deforestation on *Arecaceae* diversity in the Atlantic forest. *Forest Ecology and Management*, 384: 314-322, 2017.

Brasil. Decreto Estadual n. 38.261, de 2012. Cria a Estação Ecológica de Bita e Utinga, localizada no

município do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, em Pernambuco, e dá outras providências.

Calegari L, Martins SV, Gleriani JM, Silva E & Busato LC. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí/MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore*, 34(5): 871-880, 2010.

Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Geoinfo: Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa. <<http://geoinfo.cnps.embrapa.br/>>. Acesso em: 11/09/2021.

Etto TL, Longo RM, Arruda DR & Invenioni R. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Campinas/SP. *Revista Árvore*, 37(6): 1063-1071, 2013.

Falcão EC. 2013. Análise de riscos à degradação ambiental utilizando Avaliação Multicritério Espacial, no Município de Boa Vista/PB. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 126p.

Fernandes M, Fernandes M, Almeida A, Gonzaga MIS & Golçalves F. Ecologia da Paisagem de uma Bacia Hidrográfica dos Tabuleiros Costeiros do Brasil. *Floresta e Ambiente*, 24: 1-9, 2017.

Fonsêca NC, Moreira GL, Santos JNB, Silva MIO, Lima MCD, Barbosa AJS, Cunha JSA, Pimentel DJO, Carmo FCA & Amorim FS. Spatial-temporal dynamics of vegetation cover in a diversity hotspot for the conservation of Brazilian Cerrado. *Journal of Agricultural Science*, 11(15): 2019.

Gardner TA, Barlow J, Chadzon R, Ewers RM, Harvey CA, Peres CA & Sodhi NS. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters*, 12(6): 561-582, 2009.

Google (Google Earth). A Free Software. <<https://earth.google.com/>>. Acesso em: 13/09/2021.

Groeneveld J, Alves LF, Bernacci LC, Cathatino ELM, Knogge C, Metzger JP, Putz S & Huth A. The impact of fragmentation and density regulation on forest succession in the Atlantic rain forest. *Ecological Modelling*, 220: 2450-2459, 2009.

Heller NE & Zavaleta ES. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation*, 142(1): 14-32, 2009.

Houghton RA, Byers B & Nassikas AA. A role for tropical forests in stabilizing atmospheric CO₂. *Nature Climate Change*, 5(12): 1022-1023, 2015.

Hu X & Xu H. A new remote sensing index for assessing the spatial heterogeneity in urban ecological quality: A case from Fuzhou City, China. *Ecological Indicators*, 89: 11-21, 2018.

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Manual técnico da vegetação brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências, 1: 1-271, 2012.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Topodata: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 11/09/2021.
- Juvanhol RS, Fieldler NC, Santos AR, Pirovani DB, Louzada FLRO, Dias HM & Tebaldi ALC. Análise espacial de fragmentos florestais: caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, estado do Espírito Santo. *Revista Floresta e Ambiente*, 18(4): 353-364, 2011.
- Lang S & Blaschke T. Análise da paisagem com SIG. Oficina de textos, 2009.
- Laurance WF, Sayer J & Cassman KG. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends Ecol. Evol.*, 29: 107-116, 2014.
- Lira PK, Tambosi LR, Ewers RM & Metzger JP. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. *Forest Ecology and Management*, 278: 80-89, 2012.
- Lopes ERN, Sales JCA, Sousa JAP, Amorim AT, Albuquerque Filho JL & Lourenço RW. Losses on the Atlantic Mata vegetation induced by land use changes. *Cerne*, 24(2): 121-132, 2018.
- MapBiomas (Projeto Brasileiro de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura do Solo). Projeto Brasileiro de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura do Solo. <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 11/09/2021.
- Mcrae BH, Hall SA, Beier P & Theobald DM. Where to restore ecological connectivity? Detecting barriers and quantifying restoration benefits. *PloS one*, 7(12): 1-12, 2012.
- Metzger JP, Martensen AC, Dixo M, Bernacci LC, Ribeiro MC, Texeira AMG & Pardini R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. *Biological Conservation*, 142: 1166-1177, 2009.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 1-40, 2000.
- Moraes MCP, Mello K & Toppa RH. Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. *Revista Árvore*, 39: 1-8, 2015.
- Moreira GL, Araujo ECG, Celestino PCG, Silva TC, Silva VS & Feliciano ALP. Landscape ecology and geotechnologies as tools for the management of biological conservation. *Journal of Experimental Agriculture International*, 27(1): 1-12, 2018.
- Pimentel DJO. 2021. Análise espaço-temporal da relação restauração florestal e paisagem local. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 109p.
- Pimentel DJO, Feliciano ALP, Marangon LC, Silva MIO, Santos JNB & Pinto AVF. The Effect of Different Levels of Inclusion for Forest Restoration Assessment. *Journal of Experimental Agriculture International*, 23(5): 1-10, 2018.
- QGIS (Geographic Information System). A Free and Open Source Geographic Information System. <<https://www.qgis.org/en/site/>>. Acesso em: 11/09/2021.
- Queiroz AF. Contribuição metodológica aos estudos de degradação ambiental em bacias hidrográficas da região semiárida brasileira. Tese (Doutorado em Manejo do Solo e da Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 56p.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martense AC, Ponzoti FJ & Hirota MM. The Brazilian Atlantic forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6): 1141-1153, 2009.
- Ripperger SP, Tschapka M, Kalko EKV, Rodríguez-Herrera B & Mayer F. Resisting habitat fragmentation: High genetic connectivity among populations of the frugivorous bat *Carollia castanea* in an agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 185: 9-15, 2014.
- Rother DC, Libonia AP, Magnago LFS, Chao A, Chazdone RL & Rodrigues RR. Ecological restoration increases conservation of taxonomic and functional beta diversity of woody plants in a tropical fragmented landscape. *Forest Ecology and Management*, 451: 117-538, 2019.
- Santos JC, Lisboa GS, França LCJ, Stepka TF, Silva JBL, Miranda DLC & Cerqueira CL. Relação entre variáveis meteorológicas e o uso e cobertura do solo no Sudoeste do Piauí, Brasil. *Nativa*, 5: 414-420, 2017.
- Santos JS, Leite CCC, Viana JCC, Santos AR, Fernandes MM, Abreu VS, Nascimento TP, Santos LS, Fernandes MRM, Silva GF & Mendonça AR. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, 88: 414-424, 2018.
- SIGCaburé (Sistema de Informações Geoambientais de Pernambuco). Agência Estadual de Meio Ambiente. <<http://sigcabure.cprh.pe.gov.br/>>. Acesso em: 11/09/2021.
- Silva EA, Ferreira RLC, Silva JAA, Sá IB & Duarte SMA. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta/PE. *Floresta, Curitiba*, 43(4): 611-620, 2013.
- Silva MSF & Souza RM. Spatial patterns of forest fragmentation in the Flona Ibura – Sergipe. *Mercator*, 13(3): 121-137, 2014.



Silva RFB, Batistella M & Moranca EF. Drivers of land change: Human-environment interactions and the Atlantic forest transition in the Paraíba Valley, Brazil. *Land Use Policy*, 58: 133-144, 2016.

Shimamoto CY, Padial AA, Rosa CM & Marques MCM. Restoration of ecosystem services in tropical forests: a global meta-analysis. *PloS one*, 13(12): 1-16, 2018.

Tabarelli M, Melo MDVC & Lira OC. A Mata Atlântica do nordeste. *Mata Atlântica-uma rede pela floresta*. RMA, Brasília, 1: 1-17, 2006.

Xu HQ, Ding F & Wen XL. Urban expansion and heat island dynamics in the Quanzhou region, China. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth*, 2: 74-79, 2009.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.
Fluxo Contínuo
n. 2, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886