RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 11/04/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE

ESTRUTURA DA COMUNIDADE, ESTOQUE, PRODUÇÃO E DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E MACRONUTRIENTES EM FRAGMENTOS REMANESCENTES DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL RESTAURADOS E DEGRADADOS

NATÁLIA ABE

Rio Claro/SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE

ESTRUTURA DA COMUNIDADE, ESTOQUE, PRODUÇÃO E DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E MACRONUTRIENTES EM FRAGMENTOS REMANESCENTES DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL RESTAURADOS E DEGRADADOS

NATÁLIA ABE

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutora em Ecologia e Biodiversidade

Orientador: Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto

Rio Claro/SP

2024

A138e

Abe, Natália
Estrutura da comunidade, estoque, produção e deposição de serapilheira e macronutrientes em fragmentos remanescentes de floresta estacional semidecidual restaurados e degradados / Natália Abe. -- Rio Claro, 2024
107 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Davi Rodrigo Rossatto

1. Ecologia vegetal. 2. Fragmentação florestal. 3. Restauração. 4. Serapilheira. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ESTRUTURA DA COMUNIDADE, ESTOQUE, PRODUÇÃO E DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E MACRONUTRIENTES EM FRAGMENTOS REMANESCENTES DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL RESTAURADOS E DEGRADADOS

AUTORA: NATALIA ABE
ORIENTADOR: DAVI RODRIGO ROSSATTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ecologia e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DAVI RODRIGO ROSSATTO (Participaçao Virtual)
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / UNESP - FCAV Jaboticabal

gov.br Documento assinado digitalmente
DAVI RODRIGO ROSSATTO
Data: 11/10/2024 18:21:00-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. SILVANO BIANCO (Participaçao Virtual)
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / UNESP - FCAV Jaboticabal

gov.br Documento assinado digitalmente
SILVANO BIANCO
Data: 11/10/2024 09:41:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. ROSANA MARTA KOLB (Participaçao Virtual)
Departamento de Ciências Biológicas / Unesp - FCL Assis

gov.br Documento assinado digitalmente
ROSANA MARTA KOLB
Data: 13/10/2024 21:09:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. ALESSANDRA TOMASELLI FIDELIS (Participaçao Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Unesp - IB Rio Claro

gov.br Documento assinado digitalmente
ALESSANDRA TOMASELLI FIDELIS
Data: 16/10/2024 10:48:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. MARINA CORREA SCALON (Participaçao Virtual)
Departamento de Ecologia / Universidade Federal do Paraná

gov.br Documento assinado digitalmente
MARINA CORREA SCALON
Data: 14/10/2024 15:14:25-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Rio Claro, 11 de outubro de 2024

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus pais, Edson e Sonia.

Com todo meu amor.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço à Deus e à Nossa Senhora, pela minha vida e pela oportunidade de poder viver um grande ciclo como esse.

Aos meus pais, Edson e Sonia, pois sempre tiverem como prioridade de vida a minha educação.

Ao meu irmão, Leonardo, por ter sido um grande amigo durante toda vida.

Ao meu namorado, Venancio, pela paciência e pelo companheirismo em todos os momentos durante esse trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Davi Rossatto, que me mostrou que a ciência pode ser leve e feita com amor. Obrigada por ter compartilhado seu conhecimento, pela acolhida, pela paciência, pelas conversas e pelos conselhos. Obrigada por tudo!

Aos meus grandes amigos do doutorado, Guilherme e Dani. Sem eles eu não teria conseguido finalizar. Estiveram comigo em todas as etapas, na saúde e na doença! Obrigada por tudo!

À Milena, que não menos importante, mas que chegou depois e também se tornou uma grande amiga.

À Tati, que sempre me ouviu, me aconselhou e me ajudou nas análises.

À Márcia, Aldo e Dona Lucina, pela amizade e acolhida.

À Ju, minha única amiga de Rio Claro, devido as circunstâncias impostas pela pandemia. Confidenciamos vários momentos de dúvidas, mas chegamos ao fim.

Aos meus professores, que em um momento delicado, nos deram excelentes aulas mesmo do outro lado da tela.

Aos donos das fazendas, pela oportunidade em trabalhar em suas propriedades.

À Ivana e ao Felipe, da Seção de Pós-Graduação, por toda paciência e esclarecimentos.

Aos meus amigos da vida, Elisa, Japa, Seu Lads e Yas por tudo que significam pra mim.

Ao professor Silvano Bianco, que gentilmente me ajudou nas análises de nutrientes.

Ao PPG Ecologia, Evolução e Biodiversidade pela oportunidade de cursar meu doutorado.

Ao Departamento de Biologia da Unesp de Jaboticabal, onde todo o desenvolvimento do trabalho foi feito.

À grande oportunidade que foi viver esses quatro anos e sete meses, nesse ciclo intenso e cheio de emoções, chamado de doutorado.

Resumo

O desmatamento global levou à perda de mais de um terço das florestas mundiais. Esse processo também resultou na criação de fragmentos florestais menores, isolados e sujeitos a impactos de borda. Na Mata Atlântica, o desmatamento associado à agricultura, especialmente à cana-de-açúcar, causou grande fragmentação, com florestas remanescentes dominadas por pequenos fragmentos. Esses fragmentos podem ser divididos em restaurados e degradados. Os restaurados são áreas de proteção permanentes e os degradados são áreas de reserva legal, em sucessão ecológica. Essas transformações afetam a estrutura e funcionamento dessas áreas, diminuindo o recrutamento de espécies arbóreas e favorecendo a invasão por espécies exóticas e lianas. Além disso, ocorrem alterações na disponibilidade de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. Neste estudo, comparamos padrões de riqueza de espécies arbóreas e de indivíduos juvenis, assim como o estoque e produção de serapilheira e deposição de nitrogênio (N) e fósforo (P) entre áreas degradadas e restauradas de florestas estacionais semideciduais. Encontramos maior riqueza de espécies arbóreas e de indivíduos juvenis nas áreas restauradas, assim como maior estoque e produção de serapilheira. No estoque de serapilheira não encontramos diferenças de N. Nas demais coletas, a diferença ocorreu na estação seca, com maiores picos nas áreas restauradas. Na estação chuvosa, a deposição não se diferenciou. Quanto ao P, houve diferença no estoque e produção, cujas maiores deposições ocorreram nas áreas restauradas. Essas diferenças se dão pelo histórico de uso dos diferentes fragmentos.

Palavras-chave: desmatamento, fragmento florestal, biodiversidade, serapilheira, restauração

Abstract

Global deforestation has led to the loss of more than one-third of the world's forests. This process has also resulted in the creation of smaller, isolated forest fragments that are subject to edge effects. In the Atlantic Forest, deforestation associated with agriculture, especially sugarcane, has caused significant fragmentation, with the remaining forests dominated by small fragments. These fragments can be classified as restored or degraded. Restored fragments are permanent protection areas, while degraded fragments are legal reserve areas undergoing ecological succession. These transformations affect the structure and functioning of these areas, reducing tree species recruitment and favoring the invasion of exotic species and vines. Furthermore, changes occur in the availability of nutrients, such as nitrogen and phosphorus. In this study, we compared patterns of tree and seedling species richness, as well as litter stock and production, and nitrogen (N) and phosphorus (P) deposition between degraded and restored areas of semideciduous seasonal forests. We found greater species richness of trees and seedlings in the restored areas, as well as higher litter stock and production. For litter stock, we found no differences in nitrogen. In the other collections, the difference occurred in the dry season, with higher peaks in the restored areas. In the rainy season, deposition did not differ. As for phosphorus, there was a difference in stock and production, with higher deposition in the restored areas. These differences are due to the historical use of the different fragments.

Keywords: deforestation, forest fragment, biodiversity, litter, restoration

Sumário

Introdução Geral.....12

Objetivo Geral.....17

Hipótese Geral.....18

Desenho Experimental.....18

Referências.....22

Capítulo 1 - Composição florística, diversidade e recrutamento de indivíduos juvenis em áreas restauradas e degradadas de Floresta Estacional.....26

Resumo.....27

Abstract.....28

Introdução.....29

Material e Métodos.....33

Área de estudo.....33

Coleta Identificação das espécies arbóreas.....34

Coleta e identificação dos indivíduos juvenis.....35

Índice de Qualidade do Fragmento (IQF).....35

Análises Estatísticas.....35

Resultados.....36

Espécies arbóreas.....36

Composição de espécies arbóreas e origem.....36

Diversidade Alfa para espécies arbóreas.....38

Diversidade Beta para espécies arbóreas.....39

Índice de Qualidade do Fragmento (IQF).....39

Relação entre qualidade do fragmento e estrutura da comunidade arbórea.....40

Indivíduos juvenis 42

Composição de indivíduos juvenis e origem.....42

Diversidade Alfa para indivíduos juvenis.....43

Diversidade Beta para indivíduos juvenis.....44

Relação entre qualidade do fragmento e estrutura da comunidade de indivíduos juvenis.....46

Discussão.....47

Riqueza e frequência de espécies arbóreas e indivíduos juvenis.....47

Diversidade Alfa.....50

Diversidade Beta.....51

Índice de Qualidade do Fragmento.....52

Conclusão.....54

Agradecimentos.....54

Referências.....54

Apêndices.....63

Capítulo 2 - Estoque, produção e deposição de serapilheira e N e P em áreas restauradas e degradadas de Floresta Estacional Semidecidual.....69

Resumo.....70

Abstract.....71

Introdução.....72

Material e métodos.....76

Área de estudo.....76

Identificação das espécies.....77

Estoques e dinâmica da produção de serapilheira.....78

Estoques e deposição de N e P via serapilheira.....79

Análises Estatísticas.....80

Resultados.....81

Composição de espécies nas diferentes áreas.....81

Quantidade e produção sazonal de serapilheira.....81

Estoques e deposição de N e P da serapilheira total.....87

Discussão.....88

Estoque e produção de serapilheira.....89

Estoque e deposição de N e P.....92

Conclusão.....94

Agradecimentos.....95

Referências.....95

Apêndice.....105

Considerações finais.....107

Introdução Geral

O desmatamento, que já era generalizado nas regiões temperadas entre meados do século XVIII e XX, e que aumentou substancialmente nos trópicos no início do século XX e ao longo do último quarto de século (XXI), resultou na perda de mais de um terço de toda a cobertura florestal mundial (Haddad et al. 2015). Além dos impactos diretos da perda florestal e da expansão da cobertura terrestre por ambientes antropizados, as florestas remanescentes sofreram diversos impactos por serem menores, mais isoladas e com um maior efeito de borda (Haddad et al. 2015; Hending et al. 2023). No Brasil, a Mata Atlântica é uma paisagem amplamente fragmentada pelo desmatamento, realizado pela derrubada de árvores para exploração para madeira ao longo dos últimos três séculos e agricultura intensiva nos últimos 70 anos (Silveira et al. 2022). Seu histórico de degradação teve início logo no período colonial devido a implantação de cultura de cana-de-açúcar, que inicialmente se instalou no litoral da região nordeste do Brasil, e posteriormente no sudeste do país após a formação da capitania de São Vicente. Após a Primeira Guerra Mundial, seguida da elevação do preço do açúcar no mercado internacional e a partir da década de 30, com a crise do café, a cana-de-açúcar ganhou espaço, modernizando sua produção no estado de São Paulo (Cortez et al. 2016). Em 1975 houve a implementação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e a partir desse período, a cana-de-açúcar se tornou a principal cultura em atividade, fornecendo matéria-prima para produção de álcool e açúcar (Cortez et al. 2016). Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar e sua produção está concentrada essencialmente no estado de São Paulo (Rudorff et al. 2010), este que possuía originalmente aproximadamente 81,8% de sua cobertura vegetal associada a Mata Atlântica, especialmente Florestas Estacionais Semideciduais, que dominavam a paisagem no interior do estado (UNESCO 1997).

O remanescente florestal Atlântico no interior de São Paulo é dominado por pequenos fragmentos, sendo a maioria dos fragmentos menores que 1000 hectares, apresentando em geral muitos metros quadrados de floresta submetidos a efeito de borda (Haddad et al. 2015). A medida que o desmatamento ocorre em áreas de floresta, uma cascata de mudanças estruturais leva ao colapso da estrutura local da comunidade, especialmente no caso de espécies arbóreas, resultando em uma clara redução do número de espécies, impactando a estrutura da vegetação (Faria et al. 2023). Essa transformação é caracterizada pela substituição da estrutura tradicional de uma floresta tropical de alta riqueza arbórea (estrutura em sub-bosque, dossel e árvores emergentes) por árvores menores e mais finas, com um dossel mais esparso e aberto. Essas mudanças estruturais afetam particularmente o sub-bosque florestal, tornando-o provavelmente mais quente devido ao aumento da intensidade da radiação solar incidente (Faria et al. 2023). As alterações no microclima local e no regime de luz podem atuar como filtros abióticos críticos para a regeneração, reduzindo o recrutamento de indivíduos juvenis e, consequentemente, a diversidade local em termos de riqueza e abundância, tanto de espécies arbóreas como de indivíduos juvenis (Meza et al. 2021). Essa reconfiguração na composição das espécies arbóreas explica a redução de espécies nativas na estrutura da floresta, com substituição por espécies exóticas de vida curta e lianas, assim como a erosão observada nos estoques de carbono acima do solo e a diminuição da disponibilidade de recursos como nitrogênio e fósforo, importantes para a produtividade da floresta (Davidson et al. 2004; Faria et al. 2023). Esse colapso na qualidade do habitat resulta em comunidades biológicas empobrecidas, compostas por assembleias de espécies especialistas de baixa diversidade e, em alguns casos, dominadas por espécies generalistas e serviços ecossistêmicos de provisionamento praticamente ausentes (Faria et al. 2023).

As perturbações antrópicas estão provocando mudanças sem precedentes nas funções dos ecossistemas florestais e nos processos biogeoquímicos, comprometendo a própria existência da floresta e os benefícios que as mesmas oferecem à sociedade. A produção de serapilheira, influenciada por parâmetros estruturais da vegetação, como a abundância de árvores, cobertura de copa, índice de área foliar e a diversidade de espécies, podem fornecer informações cruciais sobre o funcionamento do ecossistema (Argao et al. 2009). A quantidade e a qualidade da serapilheira são determinantes para a dinâmica do ecossistema florestal, desempenhando um papel essencial na manutenção de processos biogeoquímicos (Argao et al. 2009). A decomposição da serapilheira, que reflete a interação entre vegetação e solo, é um dos processos mais críticos na regulação do ciclo de carbono e dos nutrientes nas florestas. No entanto, a forma como a degradação florestal afeta a decomposição da serapilheira e a dinâmica dos elementos exige uma investigação mais aprofundada (Leal et al. 2023). A baixa produção de serapilheira e a redução da decomposição em florestas degradadas indicam um funcionamento ecológico alterado, o que pode restringir a disponibilidade e a liberação de nutrientes, limitando a produtividade e a regeneração do ecossistema, além de dificultar a provisão de benefícios essenciais, como o sequestro de carbono e o ciclo de nutrientes (Leal et al. 2023).

Os processos de degradação e fragmentação da vegetação nativa ocorreram de maneira distinta em cada porção da vegetação original, resultando em um mosaico de fragmentos remanescentes com vegetação extremamente heterogênea. Essa heterogeneidade é amplamente sustentada pelos diferentes tipos de distúrbios identificados nos mais diversos fragmentos florestais, como proximidade a pastagens, incêndios, deposição de resíduos domésticos, silvicultura e agricultura (Soares et al. 2020). A agricultura enfrenta uma dicotomia entre a necessidade de manter ou até aumentar a produção para garantir a segurança alimentar global — um objetivo que

muitas vezes ignora a sustentabilidade da demanda e a qualidade dos suprimentos alimentares, que são fundamentais para as metas de saúde pública — e os impactos ambientais que ela gera, os quais os ecossistemas e a sociedade já não conseguem suportar. Trata-se de garantir o fornecimento de bens de consumo (como alimentos, madeira e água potável) ao mesmo tempo que se oferecem novos serviços, como o controle das mudanças climáticas e inundações, além de preservar as capacidades funcionais dos ecossistemas, especialmente aquelas ligadas à biodiversidade e outros serviços ecossistêmicos (Tancoigne et al. 2014; Froufe et al. 2020). Essa abordagem representa uma mudança de paradigma nas relações entre agricultura e meio ambiente, refletida pelo conceito de serviços ecossistêmicos, que vai além da simples minimização dos impactos da agricultura e propõe uma visão sistêmica de gestão dos recursos naturais em colaboração com todas as partes interessadas (Swift et al. 2004; Tancoigne et al. 2014).

Os serviços ecossistêmicos representam de forma direta ou indireta benefícios à população humana. A produção agrícola é altamente dependente de serviços prestados por habitats naturais vizinhos e apenas recentemente houveram tentativas de se estimar esses serviços às empresas agrícolas (Power 2010). A vegetação em habitats naturais captura, infiltra e regula o fluxo de água na paisagem, produz a serapilheira, além de estruturar o solo e evitar a erosão (Power 2010). Os solos bem arejados e com matéria orgânica abundante são fundamentais para a aquisição de nutrientes pelas espécies, para que haja manutenção da floresta (Power 2010). O serviço de regulação climática se refere à capacidade da vegetação e do solo de remover o carbono da atmosfera e regular a emissão dos gases do efeito estufa (Smith et al. 2012). As florestas são consideradas o mais importante reservatório de carbono dos ecossistemas terrestres (Falkowski et al. 2000), pois as árvores utilizam o dióxido de carbono durante a fotossíntese (Nowak et al.

2013) e o estocam em biomassa de troncos, no solo e na serapilheira (Lal 2005). No entanto, a conversão de áreas naturais em sistemas agrícolas afeta a concentração e o estoque de carbono no solo (Lal 2005).

A capacidade de fragmentos florestais e de outros habitats naturais de sustentar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos dependerá da quantidade total e da qualidade do habitat restante em fragmentos, seu grau de conectividade e como são afetados por outras perturbações induzidas pelo homem, como as mudanças climáticas e espécies invasoras (Haddad et al. 2015). A presença de nascentes pode ser um fator que determinará a qualidade ambiental, além do tamanho da área e sua proximidade com áreas altamente antropizadas que exercem forte pressão sobre os remanescentes (Longo et al. 2024). Novos esforços devem trabalhar em conjunto, coordenando uma rede de experimentos em diferentes ecossistemas e extensões espaciais, pois os efeitos da fragmentação atual continuarão a se manifestar por décadas. De fato, até aqui, os experimentos realizados revelam perdas contínuas de biodiversidade e funcionamento do ecossistema duas décadas ou mais após a fragmentação ter ocorrido. Compreender a relação entre dinâmicas transitórias e de longo prazo é um desafio substancial que os ecólogos devem enfrentar e as pesquisas em áreas de fragmentação serão centrais para relacionar observações à teoria (Haddad et al. 2015).

Preocupações com os efeitos irreversíveis nesses ecossistemas e suas repercussões no clima regional e global, bem como na perda de biodiversidade, têm promovido o interesse na restauração ativa de florestas tropicais degradadas (Keller et al. 2023). Em 2016, o Brasil se comprometeu a restaurar 12 milhões de hectares de terras até o ano de 2030 sob o Desafio de Bonn, outra iniciativa global de restauração de paisagens florestais (FLR) para recuperar terras degradadas e desmatadas com benefícios para a biodiversidade e o carbono, que representa um meio prático de alcançar as Metas de

Biodiversidade e os objetivos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) (Safar et al. 2020), já que restam apenas 12,4% dos remanescentes florestais com mais de 3 hectares (SOS Mata Atlântica, 2021).

O planejamento de conservação em escala paisagística é urgente, dado a extensão da mudança do uso da terra e seus impactos permeáveis na biodiversidade (Valente et al. 2023) e nos serviços ecossistêmicos, vitais para o desenvolvimento sustentável e o bem-estar humano, e desempenham um papel principal na realização dos vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU. As florestas remanescentes são áreas naturais de valor ecológico excepcional, especialmente quando localizadas em paisagens intensivamente exploradas (Longo et al. 2024).

Referências

Argao LEOC, Malhi Y, Metcalfe DB, Silva-Espejo JE, Jimenez E, Navarrete D, Asquez R. (2009) Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. Biogeoscienses 6: 2759–778

Cortez LAB, Cruz CHB, Souza GM, Canterella H, Sluys MV & Maciel Filho R (2016) Proálcool - Universidades e Empresas: 40 Anos de Ciência e Tecnologia para o Etanol Brasileiro. São Paulo, Blucher 155 -198. DOI 10.5151/9788521210627

Davidson E, Niell C, Krusche AV, Markewitz D, Figueiredo R de O, Ballester MVR (2004) Loss of nutrients from terrestrial ecosystems to streams and the atmosphere following land use change in Amazonia. Ecosystem interactions with land use change. Washington, American Geophysical Union. DOI:10.1029/153GM12

Falkowski P, Scholes R, Boyle E, Canadell J, Canfield D, Elser J, Gruber N, Hibbard K, Högberg P, Linder S, Mackenzie F, Moore B, Pedersen T, Rosenthal Y, Seitzinger S, Smetacek V, Steffen W (2000) The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System. Science 290(5490):291-6. DOI: 10.1126/science.290.5490.291.

Faria D, Morante-Filho J, Baumgarten J, Bovendorp R, Cazetta E, Gaiotto F, Mariano-Neto E, Milke M, Pessoa M, Rocha-Santos L, Souza A, Soares L, Talora D, Vieira E, Benchimol M (2023) The breakdown of ecosystem functionality driven by deforestation in a global biodiversity hotspot. Biological Conservation. DOI: 283. 10.1016/j.biocon.2023.110126.

Froufe LCM, Schwiderke DK, Castilhano AC, Cezar RM, Steenbock W, Seoane CES, Bognola IA, Vezzani FM (2020) Nutrient cycling from leaf litter in multistrata successional agroforestry systems and natural regeneration at Brazilian Atlantic rainforest biome. Agrofor Syst 94: 159–171. DOI: 10.1007/s10457-019-00377-5.

Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, Gonzalez A, Holt RD, Lovejoy TE, Sexton JO, Austin MP, Collins CD, Cook WM, Damschen EI, Ewers RM, Foster BL, Jenkins CN, King AJ, Laurance WF, Levey DJ, Margules CR, Melbourne BA, Nicholls AO, Orrock JL, Song DX & Townshend JR (2015) Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Sci Adv. 20:1(2). DOI: 10.1126/sciadv.1500052. PMID: 26601154; PMCID: PMC4643828.

Hending D, Randrianarison H, Andriamavosoloarisoa NNM et al. (2023) Forest fragmentation and its associated edge-effects reduce tree species diversity, size, and structural diversity in Madagascar's transitional forests. Biodivers Conserv 32, 3329–3353. DOI: 10.1007/s10531-023-02657-0.

Keller N, Niklaus P, Ghazoul J, Marfil T, Godoong E & Philipson C (2023) Biodiversity consequences of long-term active forest restoration in selectively-logged tropical rainforests. Forest Ecology and Management 549: 121414. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121414.

Lal R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. Forest Ecology and Management 220(1-3): 242–258. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.08.015.

Leal F, Aburto F, Aguilera N, Echeverria C, Gatica-Saavedra P (2023) Forest degradation modifies litter production, quality, and decomposition dynamics in Southern temperate forests. Frontiers in Soil Science 3. DOI: 10.3389/fsoil.2023.1111694.

Longo RM, da Silva AL, Ribeiro AI, Gomes RC, Sperandio FC, Nunes NA (2024) Evaluating the Environmental Quality of Forest Remnants Using Landscape Metrics. Sustainability 16(4):1543. DOI: 10.3390/su16041543

Meza Elizalde, Maria Constanza & Armenteras, Dolors. (2021). Edge influence on the microclimate and vegetation of fragments of a north Amazonian forest. Forest Ecology and Management. 498. 119546. 10.1016/j.foreco.2021.119546.

Nowak DJ, Greenfield EJ, Hoehn RE & Lapoint E. 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. Environmental Pollution 178: 229–236.

Power AG. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365(1554): 2959–2971.

Rudorff BFT, Aguiar DA, Silva WF, Sugawara LM, Adami M & Moreira MA (2010) Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. Remote Sensing 2(4): 1057–1076. DOI:10.3390/rs2041057.

Safar NVH, Magnago LFS, & Schaefer CEGR (2020) Resilience of lowland Atlantic forests in a highly fragmented landscape: Insights on the temporal scale of landscape restoration. Forest Ecology and Management (470-471): 118183. DOI:10.1016/j.foreco.2020.118183

Smith P, Ashmore MR, Black HIJ, Burgess PJ, Evans CD, Quine TA, Thomson AM, Hicks K & Orr HG (2012) REVIEW: The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality. Journal of Applied Ecology 50(4): 812–829. DOI: 10.1111/1365-2664.12016.

Silveira SJ, Silva-Neto CM, Castro ST, Nascimento SK, Ribeiro MC & Garcia Collevatti R (2022) Landscape structure and local variables affect plant community diversity and structure in a Brazilian agricultural landscape. Biotropica 54: 239–250. DOI:10.1111/btp.13054

Soares CJRS, Sampaio MB, Santos-Filho FS, Martins FR & Santos FAM (2020) Patterns of species diversity in different spatial scales and spatial heterogeneity on beta diversity. Acta Botanica Brasilica 34(1): 9–16. DOI: 10.1590/0102-33062019abb0054

SOS Mata Atlântica. 2021. Relatório Anual. Disponível em: https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Relatorio_21_julho.pdf. Acesso em 08/09/2024.

Swift MJ, Izac AMN & van Noordwijk M (2004) Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions? Agriculture, Ecosystems & Environment, 104(1): 113–134. DOI: 10.1016/j.agee.2004.01.013

Tancoigne E, Barbier M, Cointet JP, Richard G (2014) The place of agricultural sciences in the literature on ecosystem services. Ecosystem Services. 10. 35–48. DOI: 10.1016/j.ecoser.2014.07.004.

UNESCO. 1997. A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Caderno nº 5. São Paulo, Brasil. Disponível em: https://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_05.pdf. Acesso em: 08/09/2024.

Valente J, Gannon D, Hightower J, Kim H, Leimberger K, Macedo R, Rousseau J, Weldy M, Zitomer R, Fahrig L, Fletcher R, Wu J & Betts M (2023) Toward conciliation in the habitat fragmentation and biodiversity debate. Landscape Ecology 38. DOI: 10.1007/s10980-023-01708-9.

Considerações finais

Em geral, fragmentos restaurados tendem a apresentar maior riqueza de espécies em comparação com áreas degradadas. A presença de uma maior diversidade de espécies arbóreas e de indivíduos juvenis sugere uma recuperação parcial da funcionalidade ecológica e uma melhoria na capacidade desses fragmentos de manter sua biodiversidade. A deposição de serapilheira é um indicador crucial do funcionamento ecossistêmico, e em fragmentos restaurados, observa-se geralmente uma deposição de serapilheira mais elevada e mais constante ao longo do tempo, o que contribui para a manutenção da fertilidade do solo e para a ciclagem de nutrientes e manutenção dos estoques de carbono. Áreas degradadas, por outro lado, tendem a apresentar menores taxas de deposição, o que pode levar a uma menor qualidade do solo e comprometer a regeneração da vegetação, diminuindo o número de indivíduos juvenis estabelecidas. A composição de nutrientes na serapilheira também reflete o estado de conservação dos fragmentos. Em áreas restauradas, a serapilheira geralmente apresenta uma maior concentração de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que são essenciais para a fisiologia e produtividade das plantas e a manutenção dos ciclos biogeoquímicos. Já em áreas degradadas, a serapilheira tende a ser menos rica em nutrientes, o que pode resultar em solos empobrecidos e menor capacidade de suporte à vida vegetal e animal. Esses resultados ressaltam que a restauração de fragmentos florestais é essencial para a recuperação da biodiversidade, da ciclagem de nutrientes e da estabilidade dos ecossistemas. Fragmentos restaurados oferecem melhores condições para a manutenção da riqueza de espécies e dos processos ecológicos vitais, em contraste com áreas degradadas, que continuam a enfrentar desafios significativos para a recuperação ecológica.