

# RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 26/02/2021.

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**(BIOLOGIA VEGETAL)**

---

**A DIVERSIDADE DA REGENERAÇÃO NATURAL E FATORES QUE PODEM  
INFLUENCIAR O AUMENTO DA RIQUEZA REGENERANTE EM ÁREAS EM  
PROCESSO DE RESTAURAÇÃO COM DISTINTAS IDADES.**

**Andrea Garafulic Aguirre**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em biologia vegetal.

**Julho - 2019**

**Andrea Garafulic Aguirre**

**A DIVERSIDADE DA REGENERAÇÃO NATURAL E FATORES QUE PODEM  
INFLUENCIAR O AUMENTO DA RIQUEZA REGENERANTE EM ÁREAS EM  
PROCESSO DE RESTAURAÇÃO COM DISTINTAS IDADES.**

Tese apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia do Campus de Rio Claro,  
Universidade Estadual Paulista, como  
parte dos requisitos para obtenção do  
título de doutor em Ciências Biológicas  
(Biologia Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Massanori Takaki

**Rio Claro**

**2019**

A284d

Aguirre, Andrea Garafulic

A diversidade da regeneração natural e fatores que podem influenciar o aumento da riqueza regenerante em áreas em processo de restauração com distintas idades / Andrea Garafulic Aguirre. -- Rio Claro, 2019

94 p. : tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Massanori Takaki

1. Idade. 2. Abertura de dossel. 3. Regeneração natural. 4. Diversidade alfa. 5. Diversidade beta. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

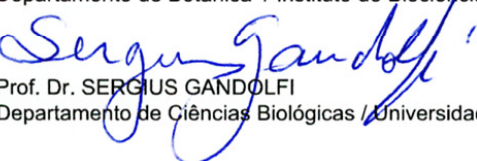
TÍTULO DA TESE: A restauração em áreas tropicais: recrutamento de diferentes formas de vida regenerantes, abertura de dossel e métricas mais previsíveis

AUTORA: ANDREA GARAFULIC AGUIRRE

ORIENTADOR: MASSANORI TAKAKI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. MASSANORI TAKAKI  
Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Rio Claro - UNESP

  
Prof. Dr. SERGIUS GANDOLFI  
Departamento de Ciências Biológicas / Universidade de São Paulo

Prof. Dr. PEDRO VASCONCELOS EISENLOHR  
Alta Floresta / UNEMAT

  
Prof. Dr. ADRIANA MARIA ZANFORLIN MARTINI  
Depto de Ciências Biológicas/Universidade Federal de São Paulo

Profa. Dra. MARCIA CRISTINA MENDES MARQUES  
Depto. de Botânica / Universidade Federal do Paraná

Rio Claro, 26 de fevereiro de 2019

Título alterado para: "A DIVERSIDADE DA REGENERAÇÃO NATURAL E FATORES QUE  
PODEM INFLUENCIAR O AUMENTO DA RIQUEZA REGENERANTE EM ÁREAS EM  
PROCESSO DE RESTAURAÇÃO COM DISTINTAS IDADES."

Onde se lê: RESTAURAÇÃO

Ler-se-á: RESTAURAÇÃO

Instituto de Biociências - Câmpus de Rio Claro -  
Av. 24-A no. 1515, 13506900, Rio Claro - São Paulo  
<http://www.unesp.br/instituto-biociencias/programas/biologia-vegetal/apresentacao/CNPJ: 48.031.918/0018-72>



## **Agradecimentos**

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

À Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP - Campus Rio Claro, SP), à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Ao meu orientador Prof. Dr. Massanori Takaki por aceitar me orientar, me dar liberdade e acreditar no meu trabalho.

Agradeço aos professores, que ministraram as disciplinas que fiz durante o doutorado, em especial ao Prof. Dr. Marcos Antônio de Assis, Marco Aurélio Pizo Ferreira, Mauro Galetti e Rosana Kolb.

Aos professores Massanori Takaki e Adelita Aparecida Sartori Paoli com quem fiz os estágios de docência e pude aprender não apenas o conteúdo teórico, mas também como ter uma melhor didática e uma excelente interação com os alunos.

Aos professores e pesquisadores que me auxiliaram na identificação das espécies regenerantes coletadas (João Batista Baitello (Lauraceae), Renato Goldenberg (Melastomataceae), Osny T. Aguiar (Myrtaceae), Daniele Monteiro (Piperaceae), Marcelo A. de Pinho Ferreira (Rubiaceae), Geraldo Antônio Daher Corrêa Franco (Generalista), Cinthia Kameyama (Acanthaceae), Vinicius Antônio de Oliveira Ditricch (pteridófitas) e Berta Villagra (trepadeiras).

Ao Prof. Dr. Sergius Gandolfi pelo grande aprendizado na área de restauração ecológica.

Aos professores que compuseram a banca, pelo tempo, atenção e contribuições dadas a esta tese.

À prefeitura de Extrema, Departamento de Meio ambiente, por todo o apoio em campo e logística, em especial ao Benedito Arlindo Cortez.

Agradeço ao meu pai e minha mãe por toda a dedicação, amor, carinho e por sempre me apoiarem em todas as minhas decisões.

Agradeço ao meu amado marido Jimmy Alejandro Cartes Villalobos por me ajudar com a tese e me apoiar nos meus estudos. Obrigada por sempre acreditar em mim e na minha capacidade, me orientar e me acalmar.

Agradeço a minha irmã e melhor amiga Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana Toledo Lima por toda a ajuda fornecida nesta tese além, é claro, de estar sempre presente em todos os momentos da minha vida me apoiando de todas as formas. Obrigada por tudo amiga querida!

Agradeço ao Prof. Dr. Sidnei E. Lima Junior e ao Juliano van Melis por toda a paciência e ajuda nas análises estatísticas.

Agradeço à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Letícia Couto Garcia pelas sugestões e correções.

Ao meu filho querido, por toda a paciência de esperar a mamãe nos momentos em que me dediquei à tese e ao grande tempo, que estive ausente para fazer os campos.

Agradeço à vida por me permitir estudar o que mais amo.

Agradeço à natureza que nos proporcionou este planeta tão maravilhoso!

Agradeço a toda sociedade que pagou por meus estudos, no qual espero poder um dia retribuir.

## RESUMO

Grandes iniciativas mundiais no esforço de alavancar um aumento na restauração ecológica surgiram recentemente, como a Iniciativa 20 x 20 e a Bonn Challenge, que apresentam como meta conjunta restaurar 500 milhões de hectares até 2030. Assim, uma das metas da ecologia aplicada à restauração é buscar compreender as distintas maneiras pelas quais a vegetação varia durante o processo de restauração e quais fatores influenciam o aumento da riqueza de espécies regenerantes. Este trabalho teve como objetivos: (1) Compreender como variam a abundância relativa e riqueza rarefeita, quando se comparam a regeneração natural total e específica (espécies que ocorreram apenas na área de referência), nas áreas em restauração com diferentes idades. (2) Avaliar como variam a diversidade alfa e beta nas áreas em restauração com idades distintas. (3) Observar a variação na abertura do dossel nas áreas com idades distintas. (4) Analisar se as variáveis da abertura do dossel e a idade são fatores importantes no que tange à influência com o aumento da riqueza de espécies regenerantes. Nove áreas em processo de restauração, localizadas no município de Extrema (Minas Gerais), foram selecionadas com 4, 7 e 10 anos de idade e um fragmento de referência, onde ao todo, 360 parcelas foram instaladas. Em cada parcela foram mensurados todos os regenerantes entre 20 cm e 2 m de altura (ervas, trepadeiras, arbustos, arbóreas e pteridófitas). Resultados: Foram encontrados 6788 regenerantes. As herbáceas e arbóreas tiveram as maiores abundâncias relativas geral e específica. Quando se comparou a riqueza rarefeita total com o fragmento, as áreas com 7 e 10 anos alcançaram o patamar da área de referência. No entanto, quando se comparou a riqueza rarefeita específica, nenhuma área em restauração alcançou a riqueza da área de referência. As áreas com 7 anos foram as que tiveram maior diversidade alfa e as áreas com 10 anos apresentaram os menores índices de maneira geral. Com relação à diversidade beta, observou-se que as áreas apresentaram baixa similaridade. As aberturas do dossel foram significativamente distintas entre as áreas com diferentes idades. As áreas com 10 anos apresentaram um padrão similar (20%) de abertura em suas parcelas ocorrendo o início temporal de homogeneização do dossel. A abertura do dossel e sua variação não apresentaram relação com o aumento da riqueza de

espécies regenerantes. Por outro lado, a variável idade mostrou influenciar o aumento da riqueza de espécies. Concluímos que depende da forma como se avalia a riqueza de espécies, podemos obter resultados distintos quando comparamos a riqueza entre as áreas em restauração e a área de referência. As áreas tiveram uma baixa similaridade, o que demonstra que cada área em restauração tem uma importância única para a preservação das espécies. No caso destas áreas de estudo a idade é uma variável importante e está atrelada a vários fatores, pois com o aumento da idade, há a tendência na formação de um dossel mais estruturado, mais espécies frutificando e maior tempo de chegada de propágulos alóctones.

**Palavras-chave:** idade. abertura de dossel. regeneração natural. diversidade alfa. diversidade beta.

## ABSTRACT

Major global initiatives in an effort to leverage an increase in the ecological restoration areas have recently emerged, such as the 20 x 20 Initiative and the Bonn Challenge, which aim to restore together 500 million hectares by 2030. Thus, one of the goals of ecology applied to restoration is to look at the different ways in which vegetation varies during the restoration process and what factors influence the increase of regenerating species richness. This work has as objectives: (1) To understand how the relative abundance and rarefied richness vary, when comparing the total and specific natural regeneration (species that occurred only in the reference area) in restoration areas having varying ages. (2) To evaluate how alpha and beta diversity varies in areas of restoration of different ages. (3) To observe the variation in canopy opening in areas of different ages. (4) To analyze whether the variable canopy opening and age are important factors in the influence or relation with the increase of the richness of regenerating species. Nine areas aged 4, 7 and 10 under restoration process were selected and a reference fragment, in which a total of 360 parcels were installed. All the areas are located in the Municipality of Extrema, Minas Gerais. In each plot was measured all regenerants between 20 cm and 2 m in height (herbs, climbers, shrubs, trees and pteridophytes). Results: 6788 regenerants were found. Herbs and trees had the highest relative abundances, general and specific. When comparing the total rarefied richness with the fragment, the areas aged 7 and 10 years reached the level of the reference area. However, when the rarefied specific richness was compared, no area in restoration reached the wealth of the reference area. The areas aged 7 years were those, which had greater diversity alpha, and the areas aged 10 years presented the lowest indices. Regarding the beta diversity, it was observed that the areas presented low similarity. Canopy openings were significantly different between areas of different ages. The areas aged 10 years were presented a similar pattern (20%) of opening in their plots, causing the temporal onset of canopy homogenization. The canopy opening, and its variation was not related to the increase of the richness of regenerating species. On the other hand, the variable age showed to influence the increase of species richness. Thus, we can get to the conclusion that depending on the way we evaluate species

richness, we may obtain a large range of different results when comparing the richness between the areas under restoration and the reference area. The areas had a low similarity, which shows that each area under restoration has a unique importance for the preservation of the species. In relation to this study age is an important variable is linked to several factors, because of the increase of age, there is a trend in the formation of a more structured canopy, more fruiting species and longer arrival time of alien propagules.

**Key - words:** age. canopy opening. natural regeneration. alpha diversity. beta diversity.

## SUMÁRIO

<b>Introdução geral</b> .....	11
<b>Objetivos</b> .....	14
Referências.....	15
<b>CAPÍTULO I: “Abundância, riqueza e diversidade alfa e beta em áreas em processo de restauração com distintas idades”</b> .....	18
<b>Resumo</b> .....	19
<b>Introdução</b> .....	21
Objetivos específicos e hipóteses.....	22
<b>Materiais e Métodos</b> .....	23
Área de estudo.....	23
Delineamento experimental.....	26
Análise dos dados.....	27
<b>Resultados</b> .....	28
Abundância .....	28
Riqueza.....	30
Diversidade alfa.....	32
Diversidade beta.....	33
<b>Discussão</b> .....	34
<b>Conclusão</b> .....	39
Referências.....	40
Anexos.....	43
<b>Capítulo II: A variação do dossel e a idade nas áreas em restauração como possíveis fatores que influenciam a riqueza de espécies regenerantes</b> .....	63
Resumo.....	64

<b>Introdução.....</b>	<b>65</b>
Objetivos específicos e hipóteses.....	66
<b>Materiais e Métodos.....</b>	<b>67</b>
Área de estudo.....	67
Delineamento experimental.....	67
Análise dos dados.....	68
<b>Resultados.....</b>	<b>69</b>
Variação temporal da abertura do dossel.....	69
Riqueza.....	70
Abertura do dossel x riqueza.....	71
<b>Discussão.....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>76</b>
Referências.....	77
Anexos.....	81
<b>Considerações Finais.....</b>	<b>92</b>

## Introdução geral

Um estudo recente mostrou que existem cerca de 2 bilhões de hectares de áreas degradadas em todo o planeta (CHAZDON, 2017). Há, portanto, inúmeras oportunidades de projetos de restauração em grande escala – o que possibilitaria o retorno da funcionalidade dessas áreas e a oferta de múltiplos benefícios para a sociedade e as gerações futuras (CHAZDON, 2017). Destes 2 bilhões, cerca de 1 bilhão de hectares se encontram em áreas tropicais (LAESTADIUS et al., 2011). Assim, atualmente, um dos principais focos para a ecologia da restauração é a de ampliar e de integrar esforços de restauração em larga escala com o desafio de grandes mudanças climáticas geradas por distintas ações antrópicas (REID; ARONSON, 2017).

De acordo com a *Society for Ecological Restoration* (SER, 2004), por “restauração” se entende o “processo de assistir à recuperação de um ecossistema que foi degradado, perturbado ou destruído”. Essa ciência recente utiliza como base conceitual outras áreas de conhecimento, como Ecologia de Comunidades, Ecologia de Paisagens, Dinâmica Florestal e os Processos Sucessionais (YOUNG, 2000). A restauração pode acelerar o processo de regeneração, promovendo mudanças microclimáticas e uma maior complexidade estrutural da comunidade vegetal (GANDOLFI, 2017). Podendo, ainda, promover a proteção e a recomposição do solo, a manutenção dos recursos hídricos, além de auxiliar na conservação da biodiversidade (SABOGAL; BESACIER; MCGUIRE, 2015).

O sucesso das áreas em processo de restauração pode ser baseado em três grandes atributos do ecossistema: i) diversidade, ii) estrutura da vegetação e iii) processos ecológicos (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Nesse cenário, entender o papel da diversidade na restauração se constitui como um fator importante para alcançar um resultado satisfatório quanto às metas propostas, principalmente no que tange à conservação da biodiversidade.

A diversidade tem um papel fundamental nos estudos ecológicos, pois é usada como indicador importante da qualidade ou maturidade do ecossistema (MAGURRAN, 2011). E existem diversas maneiras de se quantificar a biodiversidade como: através da mensuração do número de espécies (riqueza); da abundância de indivíduos dessas espécies ou também usando os índices de

diversidade (MAGURRAN, 2013). No entanto, a diversidade também pode ser avaliada em distintas escalas, a qual podemos defini-las em três categorias: alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gama ( $\gamma$ ). A diversidade alfa ( $\alpha$ ) ou local, possui propriedade espacial definida dentro de uma única comunidade (MAGURRAN, 2013). A diversidade ( $\beta$ ) corresponde à diversidade entre habitats ou comunidades dentro do mesmo ecossistema, sendo, portanto, uma diversidade, na qual analisa a variação na composição de espécies entre diferentes áreas (WHITTAKER; WILLIS; FIELD, 2001). Já a diversidade  $\gamma$  (gama) ou regional, corresponde à diversidade entre todas comunidades de uma área ou região geográfica.

Estudos que analisaram as trajetórias sucessionais nas áreas em restauração observaram que a riqueza de espécies normalmente varia de forma crescente em relação à idade das áreas em restauração (LETCHER; CHAZDON, 2009; SUGANUMA; ASSIS, DURIGAN, 2014; BETACCHI et al., 2016). No entanto, mesmo após décadas, a diversidade de distintas formas de vida pode não alcançar o patamar de diversidade das áreas de referência (KANOWSKI et al., 2003; GARCIA et al., 2014; GARCIA et al., 2016; SHOO et al., 2016). Dessa forma, a inserção das distintas formas de vida tem sido um grande desafio nos projetos de restauração florestal (MAYFIELD, 2016), o que demanda novos estudos e técnicas para avaliá-las (GARCIA et al., 2016).

Além da diversidade, outros tópicos importantes a serem estudados para se definir o sucesso das áreas em processo de restauração são a estrutura da vegetação e os processos ecológicos (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Nesse sentido, ainda são poucos os estudos voltados a determinar e utilizar métricas que possam avaliar variáveis associadas aos processos e ciclos ecológicos (WORTLEY HERO; HOWES, 2013). A avaliação da regeneração natural por meio de dados estruturais, riqueza e composição de espécies pode ser uma ferramenta útil para indicar processos ecológicos nas áreas em processo de restauração (MELO; DURIGAN, 2007). Além disso, os estudos que envolvem a regeneração natural podem possibilitar um bom indicativo dos processos sucessionais, cuja avaliação pode indicar o estado e o potencial de resiliência das áreas em restauração (FONSECA et al., 2017).

O estudo da dinâmica de ecossistemas durante o processo de restauração pode gerar novos *insights* sobre a ecologia preditiva, assim como uma melhor compreensão sobre o processo sucessional e a assembléia de comunidades (PALMER; AMBROSE; POFF, 1997; ABELLA; SCHETTER; WALTERS, 2018). Vários fatores têm sido apontados como determinantes para o sucesso da regeneração natural sob áreas restauradas, sendo uns dos principais, a estrutura do dossel (GARCIA; GANDOLFI; RODRIGUES, 2007; SOUZA; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; SPADETO et al., 2017).

As árvores que compõem o dossel não só atuam sobre a quantidade de luz por meio de suas copas (MEJÍA-DOMÍNGUEZ et al., 2011), mas também influenciam outros processos importantes, como é o caso das propriedades físicas e químicas do solo (GARBIN; ZANDAVALLI; DILLENBURG, 2006) e dos microrganismos que nele vivem (LAMBAIS et al., 2006). Sob a copa das árvores cria-se um micro-habitat específico, que estabelece forças seletivas capazes de dar origem às interações específicas entre espécies (SOUZA; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

A abertura do dossel fornece uma dinâmica temporal e espacial dentro da floresta (WIRTH; WEBER; RYEL, 2001), e que gera uma heterogeneidade de radiação no sub-bosque (GARCIA et al., 2007). Mudanças sutis na luz que infiltra através do dossel podem influenciar a sobrevivência e o recrutamento de plantas jovens, afetando a riqueza da regeneração natural (MONTGOMERY; CHAZDON, 2002). Esses pequenos flashes de luz contribuem também para o balanço de carbono das mudas (WAY; PEARCY, 2012).

Outro fato que pode influenciar a riqueza das espécies regenerantes é a idade do plantio (MELO; DURIGAN, 2007). Visto que a riqueza local pode depender do tempo desde o início da montagem da comunidade, já que esta variável influencia os processos de estruturação regional e local (ALEXANDER et al., 2012). Nas áreas no início da sucessão, apenas um subconjunto de espécies do *pool* regional consegue colonizar a comunidade, sendo normalmente a riqueza local de espécies baixa (SFERRA; HART; HOWETH, 2017). Outras espécies adicionais irão chegar às áreas ao longo do tempo, e gerarão um aumento transitório na riqueza que, posteriormente, declinarão devido à competitividade local e a exclusão, quando

a área estiver nos processos mais tardio da sucessão (SFERRA; HART; HOWETH, 2017). Assim, um filtro ambiental mediado pela idade poderia produzir uma composição de espécies específicas para cada idade, quando a dispersão não se encontrar limitada (HORSÁK et al., 2012).

## **Objetivos**

Tendo em vista a importância da restauração no cenário atual, esta tese teve como objetivo realizar uma pesquisa sobre como variam a diversidade, a riqueza e a abundância das espécies regenerantes nas áreas em restauração com idades distintas e compreender quais fatores poderiam influenciar a riqueza das espécies regenerantes.

No capítulo I, intitulado: “**Abundância, riqueza e diversidade alfa e beta nas áreas em processo de restauração com distintas idades**”, analisamos como variam a abundância relativa e a riqueza rarefeita entre áreas em processo de restauração com idades distintas e com relação ao ecossistema de referência. Também avaliamos a diferença entre a abundância relativa e a riqueza rarefeita quando comparamos às espécies regenerantes totais e as espécies florestais ou específicas (espécies que foram encontradas apenas no ecossistema de referência). Com relação à diversidade alfa e beta, observamos através de distintos índices de diversidade como ocorre a variação destas nas áreas no processo de restauração.

O capítulo II foi intitulado: “**A variação do dossel e a idade nas áreas em restauração como possíveis fatores que influenciam a riqueza das espécies regenerantes**”. Neste capítulo analisamos como variam a abertura do dossel nas áreas com idades distintas e se as variáveis idade e abertura do dossel podem responder ou explicar a variação na riqueza das espécies regenerantes.

## Referências

- ABELLA, S.R.; SCHETTER, T. A.; WALTERS, T. L. Testing the hypothesis of hierarchical predictability in ecological restoration and succession. **Oecologia**, v. 186, n. 2, p. 541–553, 2018.
- ALEXANDER, H. M., et al. Metapopulations and metacommunities: combining spatial and temporal perspectives in plant ecology. **Journal of Ecology** 100:88–103, 2012.
- BERTACCHI, M.I.F., et al. Establishment of tree seedlings in the understory of restoration plantations: natural regeneration and enrichment plantings. **Restoration Ecology**, Vol. 24, No. 1, pp. 100–108, 2016.
- CHAZDON, R.L. Landscape restoration natural regeneration, and the forests of the future. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 102, n. 2, p. 251–257, 2017.
- FONSECA, D. A. et al. Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 521-534, 2017.
- GANDOLFI, S. (2017). Uma teoria sobre o processo de restauração ecológica de florestas tropicais e subtropicais: proposta e aplicação. **Tese de Livre Docência**. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- GARBIN, M. L.; ZANDEVALLI, R. B.; DILLENBURG, L. R. Soil patches of inorganic nitrogen in subtropical Brazilian plant communities with *Araucaria angustifolia*. **Plant and Soil**, v. 286, n. 1-2, p. 323-337, 2006.
- GARCIA, L. C. et al. Heterogeneidade do dossel e quantidade de luz no recrutamento do sub-bosque de uma mata ciliar no Alto São Francisco, Minas Gerais: análise através de fotos hemisféricas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 99-101, 2007.
- GARCIA, L. C. et al. Flower and fruit availability along a forest restoration gradient. **Biotropica**, 46, 114–123. <https://doi.org/10.1111/btp.12080>, 2014.
- GARCIA, L. C. et al. Restoration over time: is it possible to restore trees and non-trees in high-diversity forest? **Applied Vegetation Science**, v.19, n. 4, p.655-666, 2016.
- HORSAK, M. et al. The age of island-like habitats impacts habitat specialist species richness. **Ecology** 93:1106–1114, 2012.
- KANOWSKI, J. et al. Development of forest structure on cleared rainforest land in eastern Australia under different styles of reforestation. **Forest Ecology Management**, 183, 265– 280, 2003.
- LAESTADIUS, L. S. et al. Mapping opportunities for forest landscape restoration. **Unasylva**, v. 238, n. 62, p. 47– 48, 2011.

LAMBAIS, M.R. et al. Bacterial diversity in tree canopies of the Atlantic Forest. **Science**, v. 312, n. 5782, p. 1917, 2006.

LETCHER, S.G.; CHAZDON, R.L. Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in northeastern Costa Rica. **Biotropica**, 41:608-617, 2009.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Editora UFPR. Curitiba, Paraná, Brasil, 2011.

MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2013.

MALFIELD, M. M. Restoration of tropical forests requires more than just planting trees, a lot more. . . **Applied Vegetation Science**, 19 (2016) 553–554, 2016.

MEJÍA-DOMÍNGUEZ, N. R, et al. Individual canopy-tree species effects on their immediate understory microsite and sapling community dynamics. **Biotropica**, v. 43, n. 5, p. 572-581, 2011.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema, SP – Brasil. **Scientia forestalis**, v. 101, n. 73, p. 101-111, 2007.

MONTGOMERY, R. A.; CHAZDON, R. L. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **Oecologia**, v. 131, n. 2, p.165–174, 2002.

PALMER, M. A., AMBROSE, R.F., POFF, N.L. Ecological theory and community restoration ecology. **Restoration Ecology**, v. 5, n. 4, p. 291–300, 1997.

REID, J. L.; ARONSON, J. Ecological restoration in a changing Biosphere. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 102, n. 2, p. 185–187, 2017.

RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, T. M. Restoration success How is it being measured? **Restoration Ecology**, 13, 569-577, 2005.

SABOGAL, C.; BESACIER, C.; MCGUIRE, D. Forest and landscape restoration: Concepts, approaches and challenges for implementation. **Unasyva**, v. 245, n. 66, p. 3–10, 2015.

SER. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. 2004.  
Disponível em: <[http:// https://www.ser.org/page/SERDocuments](http://https://www.ser.org/page/SERDocuments)>. Acesso em: 14 de janeiro de 2019.

SFERRA, C.O.; HART, J.L.; HOWETH, J.G. Habitat age influences metacommunity assembly and species richness in successional pond ecosystems. **Ecosphere**, 8, 6-18, 2017.

SHOO, L. P. et al. Slow recovery of tropical old-field rainforest regrowth and the value and limitations of active restoration. **Conservation Biology**, 30, 121–132, 2016.

SOUZA; F. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Species-specific associations between overstory and understory tree species in a semideciduous tropical forest. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n. 1, p. 73–81, 2015.

SPADETO, C. et al. Facilitative effects of tree species on natural regeneration in an endangered biodiversity hotspot. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 4, p. 943-950, 2017.

SUGANUMA, M. S.; ASSIS, G. B.; DURIGAN, G. Changes in plant species composition and functional traits along the successional trajectory of a restored patch of Atlantic Forest. **Community Ecology**, v. 15, n. 27–36, 2014

WAY, D. A.; PEARCY, R. W. Sunflecks in trees and forests: from photosynthetic physiology to global change biology. **Tree Physiology**, v. 32, n. 9, p.1066–1081, 2012.

WHITTAKER, R. J.; WILLIS, K. J.; FIELD, R. Scale and species richness: towards a general, theory of species diversity hierarchical. **Diversity**, v. 28, n. 4, p. 453–470, 2001.

WIRTH, R.; WEBER, B.; RYEL, R. J. Spatial and temporal variability of canopy structure in a tropical moist forest. **Acta Oecologica**, v. 22, n. 5-6, p. 235–244, 2001.

WORTLEY, L.; HERO, J. M.; HOWES, M. Evaluating Ecological restoration success: a review of the literature. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 5, p. 537–543, 2013.

YOUNG, T.P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation** v: 92, n. 1, p. 73-83, 2000.

## Considerações finais

Ambas as análises de abundâncias relativas mostraram que nenhuma das idades (4, 7 e 10 anos) de áreas em processo de restauração apresentaram um padrão semelhante quando comparado à área de referência. Os grupos com maior representatividade nas áreas no início do processo de restauração foram as herbáceas e as arbóreas. Estes mesmos grupos foram os que mais variaram com relação às diferenças no que tange a comparação da abundância relativa total com a florestal (apenas espécies que estavam presentes na área de referência). No entanto, as trepadeiras, pteridófitas e os arbustos tiveram uma abundância relativa total e florestal semelhante para as áreas em processo de restauração de mesma idade. Portanto, nos primeiros 10 anos das áreas em processo de restauração o maior incremento na riqueza de espécies regenerantes é dado pelos grupos das espécies herbáceas e espécies arbóreas. Ambos os grupos tendem a ter grande variação na sua abundância entre as áreas de idades distintas, fato este que pode estar relacionado com a variação na abertura de dossel entre as áreas, visto que muitas espécies de ervas são ruderais e a maioria das espécies arbóreas que se instalam nas áreas em início de restauração são pioneiras.

Com relação à riqueza rarefeita total, as áreas com 4 anos foram as que apresentaram a menor riqueza de espécies, as áreas com 7 e 10 anos tiveram uma riqueza semelhante entre si e alcançaram a área de referência. Quando se avalia a riqueza rarefeita apenas das espécies florestais, o mesmo padrão foi observado para as idades distintas, porém as áreas com 7 e 10 anos não alcançaram o patamar da riqueza de espécies da área de referência. Mostrando que as espécies florestais ainda apresentam dificuldades em se estabelecer nas áreas em restauração com 7 e 10 anos.

A diversidade alfa foi medida através dos índices de Shannon e Equabilidade de Pielou, na qual a área de referência obteve os maiores valores para ambos os índices. Com relação às áreas em processo de restauração, as áreas com 7 anos foram as que obtiveram o maior índice de diversidade de Shannon. Os menores valores foram encontrados para duas das três áreas com 10 anos. Com relação ao índice de Equabilidade de Pielou as áreas com maiores valores variaram entre todas as idades, no entanto, as duas áreas que apresentaram os menores índices de

Shannon também apresentaram os menores índices de Pielou (áreas com 10 anos). Este resultado nos indica que as áreas com 7 anos tiveram maior número de espécies, principalmente no que tange às espécies com menor densidade ou raras. E as áreas com 10 anos foram as que apresentaram em média os menores índices de Shannon e de Equabilidade, tendo, portanto, uma menor diversidade de espécies, principalmente quando consideramos as espécies que tiveram pouca frequência e um menor equilíbrio na distribuição das espécies nas comunidades.

O índice de diversidade beta foi avaliado pelos índices de Jaccard e Bray-Curtis. E os valores do coeficiente de Jaccard entre as áreas em restauração e a áreas de referência se mantiveram com grande heterogeneidade florística com praticamente 100% dos valores estando abaixo de 0,5, sugerindo, portanto, baixa similaridade florística qualitativamente (proporção de espécies compartilhadas entre as amostras com relação ao total das espécies encontradas). No caso do índice de Bray-Curtis, também houve grande heterogeneidade entre as áreas, havendo, portanto, pouca similaridade com relação à abundância das espécies.

Assim, podemos concluir que apesar das áreas em processo de restauração terem sido realizadas com o mesmo método de plantio, mesmo espaçamento e uma similaridade de espécies plantadas elevada, as áreas apresentaram grande heterogeneidade entre elas. O que nos leva a compreender que as áreas em restauração tiveram um pool de espécies únicos e são eficientes na conservação da biodiversidade local.

Com relação aos possíveis fatores que podem estar influenciando a riqueza de espécies regenerantes inferiu-se através da análise de regressão, que a idade das áreas em processo de restauração se apresentou como um importante fator que explica a variação da riqueza de espécies. Houve uma variação significativa entre as aberturas do dossel nas áreas com idade distintas, no entanto, a variável abertura do dossel não apresentou relação com o aumento da riqueza de espécies regenerantes. Este resultado pode estar relacionado com o fato das nossas análises abarcarem áreas até 10 anos, no qual observamos que nesta idade ocorre o início do processo de homogeneização no que tange a abertura de dossel. Assim, este princípio de homogeneização do dossel ainda não atuou como um filtro significativo nas áreas com 10 anos, mas acreditamos que uma análise temporal um pouco maior irá mostrar que

esta variável influi de forma direta na riqueza e diversidade dos regenerantes. Visto que, nossos resultados mostram que existe uma tendência na diminuição da riqueza das espécies regenerantes quando comparamos as áreas de 7 e 10 anos. Além disso, as áreas com 10 anos foram as que apresentaram, em média, os menores índices de diversidade alfa, comprovando, portanto, nossa teoria.

No que tange o fator idade influenciando a riqueza de espécies, podemos inferir que com o aumento da idade das áreas em processo de restauração, ocorre um incremento nas espécies que entram em fase reprodutiva, o que acarreta uma maior atração da fauna local e conseqüentemente, uma maior dispersão de sementes. Outro fator correlacionado com a variável idade é o fato que quanto maior o tempo de existência da área em restauração, maior é a probabilidade de chegada de novos propágulos. Desta forma, podemos concluir, que um importante filtro para a regeneração natural nas áreas no início do processo de restauração seja a existência de fontes de propágulos de remanescentes na paisagem, na qual parece apresentar grande influência sobre a riqueza e dinâmica das comunidades.