



LUIS GUSTAVO DE PAULA SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DA RESTAURAÇÃO DE UMA
ÁREA DE REGENERAÇÃO NATURAL NO BIOMA
MATA ATLANTICA APÓS 45 ANOS**

LAVRAS – MG

2020

LUIS GUSTAVO DE PAULA SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE RESTAURAÇÃO DE UMA ÁREA DE
REGENERAÇÃO NATURAL NO BIOMA MATA ATLÂNTICA APÓS 45 ANOS**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Curso de
Engenharia Florestal, para a
obtenção do título de
Bacharel.

Prof^ª. Dr^ª Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

Prof^ª. Dr^ª Klécia Gili Massi
Coorientadora

LAVRAS - MG

2020

LUIS GUSTAVO DE PAULA SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE RESTAURAÇÃO DE UMA ÁREA DE
REGENERAÇÃO NATURAL NO BIOMA MATA ATLANTICA APÓS 45 ANOS**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Curso de
Engenharia Florestal, para a
obtenção do título de
Bacharel.

APROVADA em: 17 de Agosto de 2020.

EXAMINADOR 1: Soraya Alvarenga Botelho

EXAMINADOR 2: Klécia Gili massi

EXAMINADOR 3: Dalmo Arantes de Barros

Prof. Dr^a Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

Prof. Dr^a Klécia Gili massi
Co-Orientadora

**LAVRAS - MG
2020**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente queria saudar a vida, ter chegado até aqui, através destas aventuras nas Minas Gerais me proporcionou muito aprendizado, principalmente em ter um olhar mais sutil para a vida. Descobri que o sentir é que nos move, afeto, família, amigos, contemplação com a natureza, espiritualidade e também a tristeza são grandes guias a novas fronteiras do encontro do belo; este, aquele belo, o caminhar que chamamos de viver, e que as vezes mecanicamente esquecemos de contemplar, respirar.... Finalizo este ciclo com uma só certeza; aquela, que estou me formando em realmente ser um eterno aprendiz. AGRADEÇO ao SER criador de toda essa existência, de onde emana toda força que sustenta e alimenta esse universo.

Queria agradecer aos idealizadores e também aos executores da Política Nacional de Cotas Sociais pela oportunidade! Oportunidade essa que me colocou no Ensino Superior Público, de Qualidade e Gratuito que me auxiliou a me identificar como indivíduo, pertencente a uma sociedade desigual, que tem originalidade e brilho sim! Viva o Povo Brasileiro! Eu acredito em nós, por mais que os fatos atuais não colaborem, e aqui deixo meu lamento com a política institucional brasileira, eu prefiro andar com fé, na certeza que a história um dia dirá.

Agradecer as Minhas Mães Marias, a Maria daqui da terra, Mulher guerreira, de fé, companheira, psicóloga e amiga, sempre me recolocando nos trilhos da vida com aquele seu jeito único de falar, seu olhar, seu sorriso cativante e suas expressões faciais. Te amo mãe! E também agradecer a minha Mae do céu, Nossa senhora, pelo carinho, intercessão e proteção! Agradecer, aos Meus Irmãos Rafael e Vinícius e ao meu Pai Gilson por todo apoio e por terem me aguentado neste processo final de construção deste trabalho, e também aos Amigao: Tor e Xinin. Amo vocês!

Agradecer as grandes pessoas que passaram pela vida nessa caminhada em Lavras, principalmente a toda família brejão, que lugar, que experiência de viver em comunidade!

Em especial queria deixar minha Gratidão a minha Família 305, foi uma honra morar com vocês e ter conhecido um cadinho de cada um, pessoas do bem, que impactaram a minha vida de tal forma, que me fez ter um novo referencial de amizade. Carrego comigo um pouquinho de cada um de vocês, Gratidão pelas aventuras e aprendizados...e que venham mais.

Em especial também queria deixar minha Gratidão a minha companheira, psicóloga, idealizadora e parceira da viagem mais doida que já fiz, Fortaleza de ônibus...que aventura! Gratidão pelos aprendizados, pelo afeto e por toda a motivação durante esse percurso na universidade, se eu cheguei até aqui é por que tem dedo seu, Gratidão e Conte comigo, minha Amiga espiritual!

Agradeço também a essa linda Universidade, UFLA tenho orgulho de ter sido seu aluno! Obrigado a todos os professores que ajudaram na minha formação profissional, em especial aos professores que me motivaram e despertaram a minha curiosidade pela ciência.

Gratidão também muito especial, a equipe do Corredor Ecológico do Vale do Paraíba, pelo acolhimento, pelo grande aprendizado, que precisamos “Conectar pessoas” para “Reconectar florestas”, que me fez enxergar ainda mais, o papel de uma organização social na luta de fazer um futuro melhor, e principalmente agradecer pelo sopro de vida que me move atualmente, Gratidão!

“Sou caipira, Pirapora nossa, senhora de Aparecida. ”.....

“Pausa para repensar o que merece me mover”... (5 a seco)

“O homem é o que a Terra e o solo fazem dele” (Ana Primavesi)

RESUMO

A Mata Atlântica possui hoje 12,4% da sua vegetação nativa original, mesmo severamente fragmentada, e sofrendo grande pressão antrópica, sendo lar de 70% da população Brasileira, é ainda um reduto da biodiversidade com um alto grau de endemismo, o que a torna um dos 25 hotspots mundiais e uma referência global para a conservação e restauração. A restauração ecológica é considerada como a estratégia para recuperar ecossistemas degradados, e a regeneração natural, uma de suas técnicas, é avaliada como promissora para essa ação em grande escala, devido suas vantagens. Portanto se faz necessário ter referências para demonstrar o comportamento das áreas de regeneração natural através de sua estrutura e dinâmica, já que estas são impactadas pelo histórico do uso do solo. Diante disso, este trabalho teve o objetivo de avaliar uma área de regeneração natural de 45 anos, utilizada como pasto anteriormente. Foram lançadas aleatoriamente, 34 parcelas, seguindo o protocolo do estado de São Paulo, onde foram contabilizados, medidos e identificados todos indivíduos regenerantes (<15 cm de circunferência ao nível do solo e > 50 cm de altura) e adultos (> 15 cm de circunferência na altura do peito: a 1,3 m de altura), também foram mensurados o DAP e estimadas as alturas dos adultos. Foram amostrados 2720 indivíduos, pertencentes a 29 famílias e 95 espécies. As famílias com as maiores riquezas de espécies foram Fabaceae (16), Myrtaceae (7), Euphorbiaceae (5). As espécies secundárias iniciais foram o grupo ecológico mais rico (33%), seguidas pelas pioneiras (28) e pelas secundária tardia (21%) e a Zoocoria foi a síndrome de dispersão mais importante. De acordo com a resolução o ambiente é considerado restaurado.

Palavras-chave: Regeneração Natural; Restauração Ecológica; Fitossociologia;

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	8
1	INTRODUÇÃO GERAL	8
2	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivo geral	11
2.2	Objetivos específicos	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	Mata atlântica	12
3.2	Restauração ecológica	13
3.3	Regeneração natural	13
3.4	Avaliação da Restauração Ecológica	15
4	METODOLOGIA	16
4.1	Caracterização da área	16
4.2	Coleta dos dados	17
4.3	Análise estatística	18
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS	18
	REFERENCIAS	19
	SEGUNDA PARTE	30
	ARTIGO	30

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

O resgate da visão em que o ser humano é parte da natureza, e com ela se relaciona e depende, somado o entendimento de como esta relação está se desenvolvendo, se faz urgente para a permanência da vida na terra neste século. O despertar do entendimento do homem para a sua responsabilidade na criação da realidade que ele mesmo vive, segundo Sewal (1995), significa retirar a miopia coletiva em relação à falta da percepção dos danos que a ideia de desenvolvimento e progresso estão causando a natureza, e assim, a eles mesmos.

Os impactos das atividades humanas no planeta, que já alteraram 3/4 da superfície terrestre, 2/3 dos ambientes marinhos, colocando 1.000.000 de espécies em risco de extinção, (PLATAFORMA INTERGOVERNAMENTAL DE POLÍTICAS CIENTÍFICAS SOBRE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS - IPBES, 2019), e os recordes de concentração de dióxido de carbono na atmosfera (ALVES, 2019), são os resultados da exploração dos recursos naturais que contribuíram para um crescimento exponencial da população mundial no século XX, de 1,65 para 6 bilhões de habitantes (ARTAXO, 2014). Este crescimento trouxe consigo, grandes avanços civilizatórios e progresso humano, mas as custas da degradação dos ecossistemas (ROSLING et al., 2018) de uma maneira insustentável que ultrapassa a biocapacidade de renovação destes ecossistemas (WACKERNAGEL; REES, 1996).

Os serviços ecossistêmicos, são os benefícios que o homem obtém desses ecossistemas, estão distribuídos nos diferentes tipos: Serviços de Provisão: alimentos, água, madeira; Serviços de Regulação: controle de enchentes, de seca, polinização; Serviços de Suporte: formação de solo, fotossíntese, ciclagem de nutrientes e culturais: ecoturismo, recreação, valores espirituais e valores estéticos (AVALIAÇÃO ECOSISTÊMICA DO MILÊNIO, MEA, 2005), Esta mesma avaliação, demonstrou que o bem-estar humano é dependente da disponibilidade e qualidade dos serviços ecossistêmicos, e que 60% dos serviços avaliados estão degradados ou sendo usados de maneira insustentável, dentre eles, a água pura, pesca de captura, regulação climática e purificação da água e do ar.

Tamanho grau destas alterações e diante de estimativas de crescimento populacional para 9 bilhões de pessoas em 2050 (UNIES NATION – UN, 2019), que

demandarão mais alimentos, água, energia, bens, e pressionará ainda mais os recursos naturais, trazem para discussão: o modelo de desenvolvimento atual frente aos limites fundamentais seguro para a vida na terra (ROCKSTRÖM et al., 2009); o desafio para a vida no planeta diante dos cenários das mudanças climáticas previstas no século XXI (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMA CHANGE - IPCC, 2019); e também a ideia sugerida por (CRUTZEN, 2002), que uma nova época geológica está em curso, o Antropoceno, onde então a humanidade é comparada as grandes forças geológicas, que são capazes de influenciar a dinâmica do sistema terrestre e deixar seus vestígios registrados nas rochas.

As florestas tropicais são importantes redutos para metade da biodiversidade do planeta, entre 2 a 8 milhões de espécies (GROOMBRIDGE et al., 2002). Elas também são provedoras dos essenciais serviços ecossistêmicos como o seu importante papel na regulação do clima global, em que através da redistribuição da radiação solar e da assimilação de carbono, um dos gases do efeito estufa, pela fotossíntese, elas produzem oxigênio e evapotranspiram, contribuindo assim com a formação de nuvens e a circulação atmosférica (LEWIS et al., 2015). Estimativas sugerem que as florestas tropicais já perderam mais da metade da área de cobertura no planeta (HANSEN, 2011), principalmente para conversão de áreas para agricultura, e somente na América do Sul as taxas de desmatamento no período de 2010-2020 foram de 2,6 milhões de hectares por ano (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO, 2020).

A percepção que somente ações conservacionistas não seriam suficientes para manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (CROUZEILLES et al., 2014) instituiu a recuperação destas áreas desmatadas como um importante mecanismo para reverter os danos e restabelecer as funções ecológicas perdidas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2017; IPCC, 2019).

A restauração ecológica, que tem objetivo de iniciar ou acelerar a recuperação da saúde, integridade e sustentabilidade de um ecossistema que foi degradado (SER, 2004), é uma importante estratégia para aliar recuperação da vegetação nativa com a conservação da biodiversidade, mitigação das mudanças climáticas e por consequência o bem-estar humano (BRANCALION et al., 2019; BUSTAMANTE et al. 2019). Para os compromissos e metas internacionais e nacionais de recuperação da vegetação nativa (Acordo de Paris, Desafio de Bohn, Desafio 20 x 20, Pacto da Restauração da Mata Atlântica) serem alcançados, importantes barreiras estruturais como os altos custos da

restauração e a falta de assistência técnica devem ser superadas. (CHAZDON; GUARIGUATA, 2016).

Uma das técnicas da restauração ecológica, que alia eficiência econômica e ecológica (CHAZDON, 2014) e é avaliada como potencial de promover a restauração em escala de paisagem, com baixa intervenção humana é a regeneração natural (CROUZEILLES et al., 2014). Porém, estudos demonstram que fatores bióticos e não bióticos, como o histórico da área e a vegetação da paisagem das proximidades, afetam a estrutura e a composição da comunidade vegetal em regeneração (MORAES et al., 2010; CROUZEILLES et al., 2016) o que pode contribuir com a estagnação do processo de sucessão e perda da biodiversidade (BRANCALION et al., 2012). Avaliar a regeneração natural, como técnica, se torna um processo indispensável para atestar o sucesso de restauração ecológica, ou também a necessidade da intervenção humana na área (HOLL; AIDE, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este estudo tem por objetivo avaliar o estado atual de uma regeneração natural de 45 anos, situada numa vegetação de floresta estacional semidecídua, no município de Cruzeiro, Vale do Paraíba -SP.

2.2 Objetivos específicos

- Aplicar o protocolo de monitoramento do estado de São Paulo para avaliação da área;
- Contribuir como área de referência para projetos de restauração da região;
- Contribuir como um referencial florístico e fitossociológico de vegetação secundária da região do Vale do Paraíba – SP;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Mata atlântica

A Mata Atlântica, considerada a segunda maior floresta tropical do continente americano, cobria em sua concepção original grande parte do litoral brasileiro, se estendendo do Rio grande do Norte ao Rio Grande do Sul, com fragmentos no Paraguai e Argentina (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2003). É um bioma de formações florestais diversificadas: campos de altitudes, mangues, restingas, florestas ombrófilas e as florestas estacionais (BRASIL, 2006).

A história da Mata atlântica remonta as origens do Brasil, onde a exploração dos recursos florestais, a expansão das cidades e a conversão das florestas em áreas agrícolas (DEAN,1996), contribuíram para uma perda de 88,6% da área de cobertura da sua vegetação original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLANTICA E INSTITUTO DE PESQUISA ESPACIAIS, 2019), altamente fragmentadas (83,4% dos fragmentos são <50 ha); e apenas 9% protegida por Unidades de Conservação (RIBEIRO et al, 2009). O bioma ainda abriga mais de 20.000 espécies de plantas (40% endêmicas), 840 espécies de aves, 370 espécies de anfíbios, 270 espécies de Mamíferos, 200 espécies de reptéis, 350 espécies de peixes (MITTERMEIER et al., 2004), se tornando um hotspot mundial (MYERS et al., 2000).

A redução e a fragmentação da vegetação impactam nos habitats da fauna e se torna danosa a biodiversidade (FAHRIG, 2003). Das oito espécies já extintas da natureza no Brasil, seis eram da Mata atlântica (PAGLIA et al., 2008). 50% das espécies ameaçadas no Brasil são da Mata atlântica, e 38% delas são endêmicas (INSTITUTO CHICO MENDES - ICMBIO, 2018). Também a perda da cobertura vegetal impacta negativamente nas provisões dos serviços ecossistêmicos (IPBES, 2019), e contribui para atenuar as mudanças climáticas (NOBRE et al., 1991). Neste contexto, se faz necessário e urgente conservar o que ainda existe e restaurar o que se perdeu, para assim manter a biodiversidade (MYERS et al., 2000) e as condições de bem-estar humano (DIAZ, et al., 2018) dos 145 milhões de habitantes desse bioma (MMA, 2016).

3.2 Restauração ecológica

Restauração ecológica, segundo a Society for Ecological Restoration (SER, 2004) é o processo que visa auxiliar o restabelecimento de um ecossistema degradado, danificado ou destruído; é dar suporte a tentativa de restabelecer processos ecológicos para que o ambiente se perpetue ao longo do tempo. É uma área do conhecimento que passou a incorporar na prática a dinâmica das florestas remanescentes, deixando assim, de ser uma simples aplicação agrônômica e silvicultural de plantio de árvores à uma tarefa complexa de reconstruir as interações das comunidades, surgindo assim, a Ecologia da Restauração (PALMER et al., 1997; RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

A teoria da sucessão florestal (CLEMENTS, 1916) e as observações da dinâmica das populações nas florestas tropicais, principalmente nos estudos sobre o comportamento da vegetação nas clareiras das florestas, foram as bases para o entendimento de que os indivíduos das comunidades vegetais, que eram substituídas ao longo do tempo, tinham comportamento diferentes (BUDOWSKI, 1965). Arcabouço esse, que contribuiu para o aperfeiçoamento das técnicas de restauração ecológicas, onde a diversidade de espécies, a categoria sucessional e a escolha de espécies de habitat regional são essenciais para o sucesso da restauração florestal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

A restauração ecológica é considerada como uma estratégia para recuperar ecossistemas degradados, para mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e a seguridade da água (BRANCALION et al., 2019; BUSTAMANTE et al. 2019).

3.3 Regeneração natural

Considerado como um método de restauração passiva (FIANT, 2011), a regeneração natural é um processo baseado na germinação de sementes e tocos de raízes (BOTELHO; DAVID, 2002); um processo espontâneo de recuperação da estrutura, do funcionamento e da composição da vegetação após um evento de degradação (CHAZDON, 2014). A regeneração natural é afetada por diferentes fatores bióticos e abióticos, dentre eles o histórico da área (MORAES et al., 2010), que podem conduzir a heterogeneidade de comunidades vegetais, como observado nas florestas secundárias, que

estão se regenerando após o abandono das áreas usadas por pastagens (CHAZDON, 2012).

Um recente estudo de metanálise apontou que a regeneração natural supera a restauração ativa (plantio de mudas) no sucesso da restauração de florestas tropicais para três grupos de biodiversidade (Vegetação, Aves e Invertebrados) e cinco medidas da estrutura da vegetação (Cobertura, Densidade, Serapilheira, Biomassa e Altura) (CROUZEILLES et al., 2017). Além disso, ao longo de 40 anos, a regeneração natural de florestas secundárias na América Latina pode potencialmente acumular um estoque total de 8,48 Pg C (petagramas de carbono) acima da superfície, o que equivale às emissões de carbono do uso de combustíveis fósseis e processos industriais em toda a América Latina e Caribe de 1993 a 2014 (CHAZDON et al., 2016). Aide et al. (2001), observou que a densidade, área basal, biomassa acima do solo e riqueza de espécies nas áreas de florestas secundárias de pastagens abandonadas em Porto Rico eram semelhantes às florestais de crescimento antigo (> 80 anos) após 40 anos.

Além das vantagens econômicas, pela redução de mão de obra e também de insumos (BOTELHO et al., 2001), na regeneração natural a composição das espécies do local são adaptadas geneticamente a região (RODRIGUES; GANDOLFI., 2007). Mas análises demonstram que a velocidade e o potencial de regeneração natural das florestas são afetados: pela Distância de fontes de propágulos, intensidade e tipo de perturbação sofrida no solo (SOUZA et al., 2002) e pelo tempo desta perturbação (CHAZDON, 2012). Segundo Martins et al. (2012) quanto maior o tempo de supressão da vegetação, menor tende a ser a densidade e a riqueza de espécies do banco de sementes do solo, que conduziram a regeneração.

A chegada e o estabelecimentos de regenerantes nas florestas tropicais é altamente dependente da dispersão (THOMAS; PACKHAM, 2007), sendo estas classificadas em zoocoria, anemocoria, barocoria e hidrocoria (PIJL, 1982; TURNER, 2004), com isso a importância da conservação das vegetações remanescentes da paisagem, são essenciais para fornecer a riqueza de espécies no banco de sementes e também servir como fonte de alimento e abrigo para a fauna dispersora (VIANI; DURIGAN; MELO, 2010), principalmente para os pássaros, que possuem uma influência positiva na regeneração (CAVALLERO; RAFFAELE; AIZEN, 2013).

A viabilidade da utilização da regeneração natural como técnica de recuperar uma área degradada, deve ser respaldada após conhecimento da distância dos remanescentes florestais, da presença de agentes dispersores, da umidade e densidade da camada

superficial do solo, da presença de plantas competidoras e de animais que possam interferir no estabelecimento das plântulas (SOUZA, 2002). Neste sentido, em análise (MMA, 2017) demonstra que 35% do passivo ambiental da Mata Atlântica possuem alto (14%) e médio (21%) potencial de regeneração natural, e 65% baixo potencial. Em situações de baixo impacto e perto de vegetação, ações como isolamento e retirada do agente causador da degradação da área aumentam o potencial de regeneração natural (TNC, 2004). Agora, em áreas de impacto severo e longe de vegetação remanescente, a união das técnicas como descompactação do solo, transposição de topsoil, nucleação e disposição de poleiro artificiais (SOUZA, 2002) ou até mesmo o plantio de mudas, seriam a solução para se iniciar o processo de restauração.

3.4 Avaliação da Restauração Ecológica

Segundo a SER (2004), um ambiente restaurado é aquele que possui os recursos bióticos para continuar seu desenvolvimento estrutural e funcional, sem mais assistência e subsídios, sendo também capaz de mostrar resiliência frente a perturbações e estresses ambientais. Para avaliar estes recursos bióticos, e assim aferir sobre o desenvolvimento dos processos ecológicos que conduzirão este ambiente ao longo do tempo, são recomendados os indicadores ecológicos (LIMA, 2015). Presença de invertebrados; qualidade do solo; presença de aves e morcegos, são alguns destes indicadores, porem os mais utilizados nas avaliações são os indicadores relacionados ao desenvolvimento da comunidade vegetal (RODRIGUES; BRANCALION; INSERNHAGEN, 2009) em função da maioria dos processos de restauração estarem intrinsecamente relacionados com a vegetação (YONG, 2000).

A avaliação da comunidade vegetal, segundo (BRANCALION, 2012b), pode ser dividida em relação aos seus atributos de Estrutura (forma da organização espacial dos indivíduos); Composição (espécies e grupos funcionais) e Funcionamento (polinização, frutificação, dispersão de sementes).

Os levantamentos fitossociológicos e florísticos são dois dos métodos utilizados na avaliação da vegetação (FREITAS, 2012). Na fitossociologia busca-se conhecer as comunidades florestais no ponto de vista florístico e estrutural (BRAUN-BLANQUET, 1979) e também explorar como as espécies se inter-relacionam e se comportam no fenômeno da sucessão ecológica (RODRIGUES; PIRES, 1988). Os parâmetros de:

Densidade, Frequência, Dominância e Nível de importância, são os indicadores da organização e agrupamento dos indivíduos na área (MARTINS, 1991)

No levantamento florístico, as comunidades vegetais são classificadas em família, espécies e também em seus atributos ecológicos, como grupos funcionais e síndromes de dispersão (HOSOKAWA et al., 2008).

A avaliação da regeneração natural de uma comunidade florestal é considerada como uma indicadora do funcionamento e desenvolvimento dos processos ecológicos, como a frutificação e polinização dos indivíduos, a dispersão e o estabelecimento das espécies na área (TNC, 2004; RODRIGUES; BRANCALION; INSERNHAGEN, 2009), e também permite analisar a dinâmica sucessional, possibilitando estabelecer relações entre padrões de composição e diversidade de espécies e mecanismos que aceleram ou retardam este processo (FONSECA, 2017).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área

4.1.1 Vale do Paraíba Paulista

Como uma área de 13.900 km² se entendendo entre as Serras do Mar, da Mantiqueira e da Bocaina (COMITE DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL - CEIVAP, 2011), o Vale do Paraíba Paulista abriga uma população de 2,26 milhões de habitantes (ALVES, 2005). De lar dos índios puricoroados, exterminados pelos colonizadores (RIBEIRO, 1987) ao encontro da imagem de Nossa senhora Aparecida em 1717 em suas águas (BÖING, 2007), o Vale do Paraíba viveu uma transformação além de cultural, uma transformação em sua paisagem natural. O ciclo cafeeiro iniciado em 1820, com um modelo nômade e predatório de exploração baseado na derrubada da Mata Atlântica devastou a vegetação em 40 anos, e o que restou ficou restrita a áreas de declividade acentuada nas Serras (COSTA, 2007). Com o esgotamento do solo e incentivos do governo do estado, a cultura cafeeira migrou para o oeste paulista, no século XX, ocasionando, assim, a substituição dos cafezais abandonados pelas pastagens da pecuária leiteira, degradando mais o solo e impedindo a regeneração da floresta (DEVIDE et al., 2014). Apartir de 1970, a silvicultura de

Eucalipto, começou a ser considerada como mais uma opção de renda por proprietários da região, e segundo (ARGUELLO et al., 2010), já ocupava em 2007, 100.742 ha (7,2% da região). Atualmente o vale possui 590 mil há de vegetação remanescentes, 33% da sua área total, concentradas em sua maioria nas Serras do Mar e da Mantiqueira, e dispõe de 325 mil ha de médio e alto potencial de regeneração natural (PADOVEZI, et al., 2019).

4.1.2 Área de estudo

Com uma área de 68 ha o Sítio Dom Bosco, localizado no município de Cruzeiro, São Paulo, com coordenadas geográficas 22°54'25.12"S e 45°03'81.09"O, possui altitude média de 550 m. Situada na Serra da Mantiqueira, a região apresenta um forte relevo montanhoso, com uma inclinação de 20% a 45% (EMBRAPA, 1979). O clima, segundo classificação Koppen (1962) é Cwa, com precipitações anuais de 1400 mm e temperaturas médias variando entre 18°C no inverno e 23° C no verão (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET, 2020), a formação florestal é classificada com Floresta Estacional Semidecidual, o tipo de solo predominante é Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Cambissolo Háplico Tb Distófico (DOS SANTOS., et al.2011). A área era um pasto de baixa intensidade com *Brachiaria spp* até 1975, quando foi cercada e iniciou um processo de regeneração natural (COUTINHO et al., 2002).

4.2 Coleta dos dados

A coleta dos dados foi baseada na Resolução SMA 32 (SÃO PAULO, 2014), que estabelece diretrizes e critérios para Projetos de Restauração Ecológica, e define os Indicadores Ecológicos a serem analisados para a avaliação e conclusão do projeto. Os indicadores estipulados foram: cobertura do solo com vegetação nativa, em porcentagem; densidade de indivíduos nativos regenerantes, em indivíduos por hectare e em número de espécies nativas regenerantes.

Para aferição dos indicadores, foi utilizado o Protocolo de Monitoramento da CBRN (2015), onde foram lançadas em novembro de 2019, 34 parcelas de forma aleatória de 25x4m (100 m²), e todos os indivíduos, regenerantes (<15 cm de circunferência ao nível do solo e > 50 cm de altura) e adultos (> 15 cm de circunferência na altura do peito: a 1,3 m de altura) foram contados, identificados, medidos e tabelados. O material vegetal foi identificado usando estudos botânicos (MARTINS et al. 2002). Para classificação das

famílias de plantas, foram utilizados o Grupo de Filogenia dos Angiospermas IV (APG, 2016) e a Lista da Flora do Brasil.

As espécies foram classificadas de acordo com o grupo ecológico (em pioneiras, secundárias inicial e tardia); síndrome de dispersão (zoocoria, auto e anemocoria) e a deciduidade das folhas (decídua, semidecídua e sempre-viva) consultando Freitas (2010); (INSTITUTO DE PESQUISA ECOLOGICAS – IPE). Com a base de dados em mãos, foram calculados no software Excel os parâmetros fitossociológicos: Densidade Relativa e Absoluta, Frequência Relativa e Absoluta, Dominância Relativa e Absoluta e Índice de Valor de Importância das espécies.

4.3 Análise estatística

Foi realizado um teste qui-quadrado para avaliar se a porcentagem de espécies e indivíduos em cada classe sucessória era aleatória; e, o teste “t” para comparar se o diâmetro do dossel era diferente entre plantas Fabaceae e não Fabaceae. As análises estatísticas foram realizadas no software R, versão 3.5.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O conhecimento do estado atual e da dinâmica de florestas secundárias é essencial para estratégias de conservação da biodiversidade e recuperação de ecossistemas degradados. Tendo em vista que mesmo se diferenciando das florestas primárias e representando uma considerável proporção na área de cobertura das florestas tropicais, as florestas secundárias contribuem com a provisão de serviços ecossistêmicos, portanto o conhecimento da estrutura, composição florística e da capacidade de abrigo de fauna são importantes indicadores para acompanhar o desenvolvimento dos processos ecológicos, respaldar ações de contenção de extinções, como a introdução de espécies de fauna e flora que não se estabeleceram nestes ambientes, e assim também, colaborar com aprimoramento de técnicas da Restauração Ecológica, como a regeneração natural.

Para a regeneração natural se tornar uma estratégia mais efetiva, na recuperação do passivo ambiental da Mata Atlântica, o seu contexto atual de alta fragmentação, poucos estudos da saúde destes fragmentos e a quantidade de propriedades particulares do bioma, devem ser considerados como base para qualquer ação. Uma proposta para otimizar esse processo seria de efetivar estudos regionais sobre a vegetação remanescente e a fauna dos

fragmentos, analisar sua biodiversidade, implementar, se preciso, ações conservacionistas (enriquecimento ou controle de lianas) para aumentar a riqueza de espécies de propágulos e assim colaborar com a indução de uma maior diversidade de regeneração natural na paisagem, somado também a mobilização e sensibilização dos proprietários rurais para a tentativa de restabelecer uma melhor relação homem x natureza.

REFERENCIAS

AIDE, T.M. 2001. Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. **Restoration Ecology**. v. 8, p.328-338, 2001. Disponível em <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>. Acesso em: 06 Jul. 2020.

ALVES, J. E. D. Aumenta a concentração de CO₂ na atmosfera em 2018. **Ecodebate**, 2019. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2019/02/11/aumenta-a-concentracao-de-co2-na-atmosfera-em-2018-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>. Acesso em: 20 Jul. 2020.

ARGUELLO, F. V. P et all. Distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Ambiente & Água**, v 5 p.133-146. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993X>. Acesso em: 13 Jul. 2020.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno?. **Revista Usp**, n. 103, p. 13-24, 2014. . Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99279>. Acesso em: 05 Jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL - AGEVAP. **Relatório de situação**: bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Resende,125p. 2011. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads2011/relsit2011.pdf>

BÖING, Mafalda Pereira. **Nossa Senhora Aparecida-A padroeira do Brasil**. São Paulo: Edicoes Loyola, 2007.

BOTELHO, S.A; DAVIDE, A.C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 5, 2002, Belo Horizonte. **Anais**. [...]. Belo Horizonte, 2002. p.123-145.

BRANCALION, P. H.S et al. Estratégias para auxiliar na conservação de florestas tropicais secundárias inseridas em paisagens alteradas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 219-234, 2012. Disponível em: <http://esalqlastrop.com.br/img/publicacoes/3.pdf>. Acesso em: 16 Jul. 2020.

BRANCALION, P. H. S et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 2, 2012b. Disponível em: [http://esalqlastrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206\(2\).pdf](http://esalqlastrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206(2).pdf). Acesso em: 31 Jul. 2020.

BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. p. 37-54. Disponível em: <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produzidos/livros/pacto2009.pdf>. Acesso em: 01 Jul. 2020.

BRANCALION, P.H.S. et al.. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**. V. 5, n. 7, 2019. Disponível em: [10.1126/sciadv.aav3223](https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3223). Acesso em: 17 Jul.2020.

BRASIL. Lei nº 11.42, de 22 de Dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma mata atlântica, e dá outras providências (Lei da Mata Atlântica).

BRAUN-BLANQUET J. **Fitosociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. 3. ed. Madrid: Aum. Blume; 1979.

BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical American rain-forest species in the light of successional processes**. Turrialba 1965; 15: 40-43 1965.

BURKHARD, B. et al. Landscapes' capacities to provide ecosystem services-a concept for land-cover based assessments. **Landscape online**, v. 15, p. 1-22, 2009. Disponível em: <https://orcid.org/0000-0001-8636-9009>. Acesso em: 21 Jul. 2020

BUSTAMANTE, M. M. C et al. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, n. 7, p. 1249-1270, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09871->. Acesso em: 24 Jul. 2020.

CARVALHO, F. A. *Syzygium jambos* (L.) Auston - uma invasora na Mata Atlântica? In: I Simpósio Brasileiro de Espécies Exóticas e Invasoras, 2005, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 20 p. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/174/_arquivos/174_05122008112733.pdf. Acesso em: 28 Fev. 2020.

CAVALLERO, L; RAFFAELE, E; AIZEN, Marcelo A. Birds as mediators of passive restoration during early post-fire recovery. **Biological Conservation**, v. 158, p. 342-350, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.10.004>. Acesso em: 14 Jul. 2020.

CBRN – Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA. Portaria 01/2015. Estabelece o protocolo de monitoramento de projetos de restauração Ecológica. Estabelece o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica, considerando o disposto no § 2º do artigo 16 da Resolução SMA 32, de 3 de abril de 2014. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/2015_1_15_Procoto_lo_monitoramento_restauracao_vfinal.pdf>. Acesso em: 07 de junho de 2020.

CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: ciências naturais** v 7, Belém, p. 195-218, 2012. Disponível em: [http://editora.museu-goeldi.br/bn/artigos/cnv7n3_2012/regeneracao\(chazdon\).pdf](http://editora.museu-goeldi.br/bn/artigos/cnv7n3_2012/regeneracao(chazdon).pdf). Acesso em: 20 Jun. 2020.

CHAZDON, R. L. **Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation**. Chicago: University of Chicago Press, 2014.

CHAZDON, R. L.,. Chance and determinism in tropical forest succession. In: W. CARSON & S. A. SCHNITZER (Eds.): *Tropical forest community ecology*. **Wiley-Blackwell Publishing**, Oxford, 2008, p. 384-408.

CHAZDON, R.L; GUARIGUATA, M.R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, p. 716–730, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/btp.12381>. Acesso em: 13 Jul. 2020.

CLEMENTS, F. E. **Plant succession**: an analysis of the development of vegetation. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1916.

COSTA, M. B. B. 2007. Rastro de Destruição. In: FERNANDEZ, A. A. **Temas Brasileiros: Café. História Viva**. São Paulo: Edição Especial, v.1, p. 44 – 49.

CROUZEILLES, R. et al. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature Communications*, v. 7, p. 11666, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ncomms11666>. Acesso em: 11 Jul. 2020.

CROUZEILLES, R. et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, n. 11, 2017. Disponível em: [10.1126/sciadv.1701345](https://doi.org/10.1126/sciadv.1701345). Acesso em: 10 Jul.2020.

CROUZEILLES, R. et al. The effects of the number, size and isolation of patches along a gradient of native vegetation cover: how can we increment habitat availability? **Landscape Ecology**, v. 29, p. 479–489, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9978-6>. Acesso em 18 Jul. 2020.

CRUTZEN, P. Geology of mankind. **Nature**, v.415, p.23, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/415023a>. Acesso em 02 Jul. 2020.

DE REZENDE, C. L. et al. Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. **Biodiversity and conservation**, v. 24, n. 9, p. 2255-2272, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0980-y>. Acesso em 08 de jun.2020.

DOS SANTOS, H. G. et al. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/920267>. Acesso em: 03 Marc. 2020.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>. Acesso em: 22 Jul. 2020.

FIANT, B; IA, M. **Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica**, 2011. Disponível em: http://lerf.eco.br/img/publicacoes/2011_1811%20CONCEITOS%20E%20DEFINICOES%20CORRELATOS.pdf. Acesso em 20 Jul. 2020.

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. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509827733>. Acesso em 31 Jul. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings**. Rome, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca8753en>. Acesso em: 18 Jul. 2020.

FREITAS, H, S. **Caracterização florística e estrutural do componente arbóreo de três fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual da região leste do Vale do Paraíba – SP**. Dissertação (Mestrado em Botânica), Instituto de Ciências, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-12062010-175452/publico/Serafim2010Tese.pdf>. Acesso em: 02 Jul.2020.

FREITAS, W. ; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 4, p. 520-539, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872012000400015&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 19 Jul. 2020.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 2017–2018**. São Paulo, 2018. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115. Acesso em: 19 Jan. 2020.

GALINDO-LEAL, C. CÂMARA, I. G.. Atlantic forest hotspots status: an overview In GALINDO-LEAL, C. CÂMARA, I. G (Eds.), **The Atlantic Forest of South America:**

biodiversity status, threats, and outlook. CABS & Island Press, Washington, 2003, p. 3-11.

GARDNER, T. A. et al. (2009). Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letter**. v. 12, p.561– 582, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01294.x>. Acesso em 22 Jul. 2020.

GONZAGA, L. M. **A sucessão ecológica em ambientes florestais em restauração: estrutura e dinâmica da regeneração natural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/11240/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_A%20sucess%C3%A3o%20ecol%C3%B3gica%20em%20ambientes%20florestais%20em%20restaura%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 02 Jul.2020.

GROOMBRIDGE, B; JENKINS, M. D.; JENKINS, M. **World atlas of biodiversity: earth's living resources in the 21st century**, Berkeley: University of California Press, 2002. p.340.

HANSEN, M. C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013. Disponível em: [10.1126/science.1244693](https://doi.org/10.1126/science.1244693). Acesso em: 15 Jul. 2020.

HARTER-MARQUES, B; PATRICIO, R. S. Frugívoros e dispersão de sementes de *Myrsine coriacea* (sw.) r.br. ex roem. & schult. (primulaceae) pela avifauna em uma área de regeneração natural do parque estadual da Serra Furada. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 2, apr. 2019. ISSN 1980-9735. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/22854>. Acesso em: 01 mar. 2020. doi: <https://doi.org/10.33240/rba.v14i1.22854>.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1558–1563, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>. Acesso em: 12 Jul. 2020.

HOSOKAWA R.T; Moura J.B, Cunha U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR; 1998, p.162.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1. ed. Brasília, 2018.

Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol1.pdf. Acesso em: 20 Jul. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECOLOGICAS – IPE. **Banco de dados da Flora**

regional. Disponível em: <https://www.ipe.org.br/ultimas-noticias/166-noticias-ipe/335-acesse-aqui-banco-de-dados-da-flora-regional>. Acesso em: 20 Jul. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados da Estação**

automática - A769 Cachoeira Paulista. Período Fev 2019 – Fev 2020. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 26 fev. 2020.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (IPBES). **Global assessment report of the**

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem

Services. Bonn, 2019. Disponível em: <https://ipbes.net/global-assessment>. Acesso em: 01 Jul. 2020.

KOEPPEL, Wilhelm. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. 1948.

LEWIS, S. L.; Edwards, D. P.; Galbraith, D. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, p. 827–832, 2015. Disponível em: 10.1126/science.aaa9932.

Acesso em: 23 Jul. 2020.

LIMA, P.A.F et al. **Indicadores ecológicos:** ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica. Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E), 2015. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141932/1/doc-327.pdf>. Acesso em: 30 Jul. 2020.

MARTINS F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila.** Campinas: UNICAMP; 1991.

MARTINS, S. V.; COUTINHO, M. P.; MARANGON, L. C. Composição florística e estrutura de uma floresta secundária no município de Cruzeiro-SP. **Revista árvore**, v. 26, n. 1, p. 35-41, 2002. Disponível em: <http://revistaarvore.org.br/1977-2002/26-1-2002/>. Acesso em: 04 Marc. 2020.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Relatório-Síntese da Avaliação Ecosistêmica do Milênio**. 2005. Disponível em: <http://www.millenniumecosystemassessment.org>>. Acesso em: 26 Jul. 2020.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots revisited**: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Washington: Conservation International, 2005.

MITTERMEIER, R. A. et al. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems. **CEMEX, México DF**, p. 99-103, 2004.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Mata Atlântica. Disponível em: https://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento. Acesso em: 20 JUL. 2020.

MORAES, L.F.D et al. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 437-451, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/7091>. Acesso em: 13 Jul. 2020.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, n. 6772, p. 853-845, 2000. Disponível em [https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1038/35002501](https://doi.org/ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1038/35002501); Acesso em 07 de julho de 2020.

NOBRE, C. A., Sellers, P. J., Shukla, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, v. 4, p. 957–988, 1991. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1991\)004%3C0957:ADARCC%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1991)004%3C0957:ADARCC%3E2.0.CO;2). Acesso em: 23 Jul. 2020.

PADOVEZI, A. et al. Oportunidades para Restauração de Paisagens e Florestas na porção paulista do Vale do Paraíba: Plano de Desenvolvimento Florestal Territorial para a porção paulista do Vale do Paraíba. Porto Alegre: **Ideograf**. 2019. Disponível em:

[https://infoflr.org/sites/default/files/2020-](https://infoflr.org/sites/default/files/2020-04/flr_opportunities_assessment_in_sao_paulo_state.pdf)

[04/flr_opportunities_assessment_in_sao_paulo_state.pdf](https://infoflr.org/sites/default/files/2020-04/flr_opportunities_assessment_in_sao_paulo_state.pdf). Acesso em: 11 Jul. 2020.

PAGLIA, A.P., FONSECA, G.A.B. & SILVA, J.M.C. **A fauna brasileira ameaçada de extinção: síntese taxonômica e geográfica.** *In*: MACHADO, A.B.M., DRUMMOND, G.M. & PAGLIA, A.P. (eds.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. p.63-70.

PALMER, M. A.; AMBROSE, R. F.; POFF, N. L. Ecological Theory and Community Restoration. **Restoration Ecology**, v. 5, n.4, p.291-300, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1997.00543.x>. Acesso em : 24 Jul. 2020.

PIJL, L. van der. Principles of dispersal in higher plants. 3 ed. New York: **Springer Verlag**, 1982. 214 p.

PINTO, S. R. et al. Governing and delivering a biome-wide restoration initiative: The case of Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. **Forests**, v. 5, n .9, p. 2212-2229, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f5092212>. Acesso em: 18 Jul. 2020.

PIOLLI, A. L.; CELESTINI, R. M.; MAGON, R. **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas: plantando a semente de um mundo melhor.** Serra Negra: SEMA-SP/FEHIDRO, 2004. 55p. Disponível em: https://jbb.ibict.br/bitstream/1/559/1/2004_manual%20de%20recupera%20a7%20a3o%20de%20areas%20degr.pdf. Acesso em: 05 Jul. 2020.

RIBEIRO, B. O Índio na História do Brasil. 5. ed. São Paulo: Global, 1987.

RIBEIRO, M. C et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, V 142, p. 1141-1153, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>. Acesso em: 16 Jul. 2020.

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society**, v. 14, n. 2, p. 32. 2009. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>>. Acesso em: 14 Jul. 2020.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H S; INSERNHAGEN, I . **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Piracicaba: ESALQ\ USP, 2009. Disponível em: <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produzidos/livros/pacto2009.pdf>. Acesso em: 12 Jul. 2020.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Restoration actions. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. (eds.). High diversity forest restoration in degraded áreas. New York: Nova Science Publishers, 2007. Cap. 2.2, p. 77-102.

RODRIGUES, W. A; PIRES, J. M. Inventário fitossociológico. In: Encontro sobre Inventários Florísticos na Amazônia, 1988, Manaus. **Anais [...]**. Manaus: 1988.

ROSLING, H.; ROSLING, O.; RONNLUND, A. R. **Factfulness: ten reasons we're wrong about the world – and why things are better than you think**. New York: **Flatiron Books**, 2018.

S. DÍAZ, U. et al. Assessing nature's contributions to people, **Science**, v. 359, p.270–272, 2018. Disponível em: 10.1126/science.aap8826. Acesso em: 21 Jul. 2020.

SÃO PAULO (estado). **Resolução SMA 32/2014**. Disponível em: . Acesso em: 10 mai. 2014.

SCHAFFER, W.; CAMPANILI, M.(Org) **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos Brasileiros**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (ED). Brasil, p. 1-408, 2010. Disponível em: <https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/985/1/Mata%20atl%C3%A2ntica%20patrimonio%20nacional%20dos%20brasileiros.pdf>. Acesso em: 18 Jul. 2020.

SEWALL, L. The Skill of Ecological Perception. In: ROSZAK, Theodore et al. **Ecopsychology: restoring the earth, healing the mind**. São Francisco, Sierra Club Books, 1995.

SOARES-FILHO, B. et al. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, p. 363–364, 2014. Disponível em: [10.1126/science.1246663](https://doi.org/10.1126/science.1246663). Acesso em: 17 Jul. 2020.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL. **Princípios da SER Internacional sobre a restauração ecológica**. Tucson, 2004. Disponível em: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/ser_primer.pdf. Acesso em: 17 Jul. 2020.

SOUZA, A. L. et al. Dinâmica da regeneração natural em uma Floresta Ombrófila Densa secundária, após corte de cipós, Reserva Natural da Companhia Vale do Rio Doce S. A. Estado Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400003>

STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 736-13. 2015. Disponível em: [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855). Acesso em: 13 Jul. 2020.

THE NATURE CONSERVANCY. Engenharia Ambiental Ltda. (NBL); The Nature Conservancy (TNC). **Manual de restauração florestal**: um instrumento de apoio à adequação ambiental de propriedades rurais do Pará. Belém, p.128, 2004. Disponível em: <https://www.nature.org/media/brasil/manual-de-restauracao-florestal.pdf>. Acesso em: 26 Jul. 2020.

TURNER, I. M. The ecology of trees in the tropical rain forest. New York: **Cambridge University Press**, 2004. p. 314.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects 2019**: Highlights, New York, 2019. Disponível em: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf. Acesso em: 24 Jul. 2020.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050982067>. Acesso em: 05 Jul. 2020.

WACKERNAGEL M.; REES W. **Our ecological footprint**, The new catalyst bioregional series, Gabriola Island, B.C. Canadá: New Society Publishers, 1996. 176.p

YONG, T.P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, v.92, p.73-83, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00057-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00057-9). Acesso em: 28 Jul. 2020.

SEGUNDA PARTE

Nesta segunda parte, é apresentado o Artigo: Assessing restoration status of a 45 years old natural regeneration site in the Southeast Atlantic Forest Biome, submetido a Revista Environmental Monitoring and Assessment.

ARTIGO

Assessing restoration status of a 45 years old natural regeneration site in the Southeast Atlantic Forest Biome

Luís G.P. Silva^a, Klécia G. Massi^{b*}, Marivaldo G. Martins^c, Tharcísio P. Nogueira^d, Jaurés B. Guisard^e, Rodrigo L.M. Santos^e, Jordano R. Buzati^f, Rodrigo Dametto^g, João Marcos Paiva^h, Ádila H.J. Rodriguesⁱ, Natan R.F. Melo e Silva, Marco Aurélio S. Leite, Marcos P. Coutinho^j, Soraya A. Botelho^a

a: Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 37200-000, Brazil

b: Departamento de Engenharia Ambiental, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", São José dos Campos, SP, 12247-004, Brazil

c: Viveiro Manacá, Taubaté, SP, 12043-970, Brazil

d: Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 03828-000, Brazil

e: Agra Consultoria Ambiental, Taubaté, SP, 12010-520, Brazil

f: Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 05508-010, Brazil, jordano.buzati@usp.br

g: Lume Consultoria Técnica, Brazil

h: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, Taubaté, 12010-510, Brazil

i: Universidade Paulista, UNIP, São José dos Campos, SP, 12240-420, Brazil

j: Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, 18052-780, Brazil

*: Corresponding author (kgmassi@gmail.com)

Abstract

Lately, in some portions of the Atlantic Forest (a biodiversity hotspot), land abandonment has regenerated back to forest, especially influenced by forest remnants and seed dispersal. However, the composition and structure of these areas are not well known. The aim of this study was to assess the state of a 45 years old natural regeneration forest site in a small farm in the Southeast Atlantic Forest Biome in Brazil, through composition, structure and phytosociology indicators. This study was conducted in a farm that was a low-intensity cattle pasture until 1975, when it was fenced and a natural regeneration process started. In November 2019 (in 0,34 ha) all regenerating individuals (<15 cm of circumference at ground level) and adults (>15 cm) were counted, identified, classified (ecological group, dispersal, leaf deciduousness) and measured. We calculated Importance Value Index (IVI) for all species. Of the 2720 individuals sampled, 435 were adults and 2285 regenerating individuals, belonging to 29 families and 95 species. Families with greatest species richness were Fabaceae, Myrtaceae and Euphorbiaceae. The majority of species and individuals were semi-deciduous, zoochorous and early-secondary. A great part of regenerants (*Guarea*

kunthiana) were late-secondary and they might be facilitating an advanced stage of forest succession, thus initiating the “old-growth stage” of forest dynamics. High IVI species were mostly late successional, dry-fruit (anemo and autochorous) and semi deciduous. Natural regeneration in less suitable areas for agriculture, as the studied site, can explain the verified increase in forest cover during the last decades in Atlantic Forest.

Key-words: composition; passive restoration; phytosociology; tropical forest.

Declarations:

Funding: Not applicable

Conflicts of interest/Competing interests: None

Ethics approval: Not applicable

Consent to participate: Not applicable

Consent for publication: Not applicable

Availability of data and material: Not applicable

Code availability: Not applicable

1. Introduction

The Atlantic Forest biome, a biodiversity hotspot (Myers et al. 2000), which in the past extended over a large part of Brazilian coast (Galindo-Leal and Câmara 2003), has now only 12.4% of its native vegetation cover remaining in Brazil (SOS Mata Atlântica and Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 2017) due to intense deforestation and human disturbance that occurred mostly in the first half of the 19th century (Dean 1996). Nature reserves protect only 9% of the native forest left (Ribeiro et al. 2009) and the majority of the forest remnants are inside farms and ranches. Lately, demographic and market shifts resulted in land abandonment on portions of cattle ranches and farms that are less suitable for agriculture, which in turn have regenerated back to forest (Rezende et al. 2015; Silva et al. 2017; Calaboni et al. 2018; Chazdon et al. 2020). At the same time, the Atlantic Forest biome has become an important global conservation and restoration focus (Brancalion et al. 2019), with efforts of nongovernmental organizations to recover native Brazilian ecosystems (WRI 2018) and local restoration initiatives.

Ecological restoration is “the process of assisting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged or destroyed” (SER 2004). In the last decade, due to legal requirements (law no. 12651: Brasil 2012 and decree no. 8972: Brasil 2017) and the mitigation and compensation of environmental impacts, forest restoration is increasing in Brazil. For neotropical rainforests, the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil is a national coalition with the goal of promoting the restoration of 15 million ha of this biome by 2050 (Soares-Filho et al. 2014, Pinto et al. 2014).

Active and passive restoration are two important strategies to aid the recovery of large areas of deforested and degraded tropical lands (SER 2004). In general, presence of near-by old-growth forest remnants and high levels of seed dispersal make natural regeneration (passive restoration) possible (Norden et al. 2009). In 1962, the Southeast Atlantic Forest area extended by about 200,000 hectares and, in 2015, increased to 450,000 hectares, equivalent to 30% of the territory, through natural regeneration processes (Silva et al. 2017). The successional paths that take place when forest regenerations starts will depend on land use, especially the severity, duration and intensity of agricultural practices (Chazdon 2012) and soil conditions (Pinho et al. 2017).

A recent meta-analysis research with 133 studies demonstrated that natural regeneration surpasses active restoration in achieving tropical forest restoration success for all three biodiversity groups (plants, birds, and invertebrates) and five measures of vegetation structure (cover, density, litter, biomass, and height) (Crouzeilles et al. 2017). Additionally, over 40 years, second-growth forest

regeneration in the Latin American can potentially accumulate a total aboveground carbon stock of 8.48 Pg C (petagrams of carbon) that is equivalent to carbon emissions from fossil fuel use and industrial processes in all of Latin America and the Caribbean from 1993 to 2014 (Chazdon et al. 2016).

Ecologically, Aide et al. (2001), observing forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures in Puerto Rico, found that the density, basal area, aboveground biomass, and species richness of the secondary forest sites were similar to those of the old growth forest sites (>80 yr) after approximately 40 years in Puerto Rico. Thus, 40 years old regeneration areas study represent important sites to be studied and evaluated.

The aim of this study was: (i) to assess the state of a 45 years old natural regeneration forest site in a small farm in the Southeast Atlantic Forest Biome in Brazil, through composition, structure and phytosociology; and (ii) to apply a legal monitoring protocol for restored areas. We expect that the site will be adequately covered with native vegetation and that there will be a high abundance and richness of regenerants, according to the state legislation; we also expect a greater ecological importance, trough importance value index (IVI) of late secondary than of the pioneers. Recently, many studies have verified the increase in the Atlantic forest cover due to forest regeneration in a landscape scale (Rezende et al. 2015; Silva et al. 2017; Calaboni et al. 2018; Crouzeilles et al. 2020), but few studies have observed the community scale patterns regarding composition, structure and phytosociology.

2. Methods

Study site

This study was conducted in 68 ha-farm, located between the coordinates 22 ° 54 ' 25.12 '' S and 45 ° 03' 81.09'' W, in Cruzeiro municipality, Southeast Atlantic Forest biome, São Paulo state, Brazil (Fig. 1). The region has a strong hilly relief, with a 20% to 45% slope (Embrapa 1979), and the soil is red-yellow latosol (Brasil 1960). The climate is classified as dry-winter subtropical (Cwa), according to Köppen (1948), with an annual mean temperature of 20,5° C (2019-2020), an average annual precipitation of 1400 mm, and a dry season between April and September (data collected at the National Institute of Meteorology from Cachoeira Paulista:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>). The farm is in the Atlantic Forest biome (transition between evergreen and deciduous forest). The area was a low-intensity cattle

pasture with *Melinis minutiflora* until 1975, when it was fenced and a natural regeneration process started (Martins et al. 2002).

Data collection

In November 2019 we randomly installed 34 plots of 25 x 4 m (100 m²), according to the monitoring protocol of CBRN 01/2015 (São Paulo 2015). All regenerating individuals (<15 cm of circumference at ground level and > 50 cm of height) and adults (>15 cm of circumference at breast height: at 1.3 m height) inside plots were counted, identified, and measured. Plant material was identified using botanical studies (Martins et al. 2002; Lorenzi 2016). For plant family classification, we used the Angiosperm Phylogeny Group IV (APG 2016) and the Brazil Flora List (<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br>). Some plants had only a few or damaged leaves that made the identification difficult.

Measurements of adult individuals were the circumference at breast height (transformed into diameter at breast height (DBH) as circumference/ π), plant height (H), and canopy diameter (CD). We calculated absolute and relative density, frequency and dominance and with that, Importance Value Index for all species with adult individuals. The equations (1–7) used for calculating phytosociological characters are listed in Table 1. Species were classified according to the ecological group (into pioneers, early and late secondary), to the dispersal syndrome (zoo, auto, and anemochory), and the leaf deciduousness (deciduous, semi-deciduous, and evergreen) using São Paulo (2008) and IPE (www.flora.ipe.org.br). All ecological groups were mutually exclusive. We also used a state law (Resolution SMA 32/2014: São Paulo 2014), which establishes guidelines and criteria for Ecological Restoration Projects, and defines the Ecological Indicators to be analyzed for the evaluation and conclusion of a given project. Indicators include: percentage of land cover with native vegetation; density of native regenerating individuals (ind/ha); and number of native regenerating species.

Statistical analysis

We performed a chi-square test to evaluate if the percentage of species and individuals in each successional class was random and t-test to compare if canopy diameter was different among Fabaceae and non-Fabaceae plants. Statistical analyses were performed in R software version 3.5.0 (R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

3. Results

Of the 2720 individuals sampled, 435 were adults (CAP > 15 cm; H > 30 cm) and 2285 regenerating individuals, belonging to 29 families and 95 species (Table 2; 12 species were not identified). Families with greatest species richness were Fabaceae (16), Myrtaceae (7), Euphorbiaceae (5) and Arecaceae, Bignoniaceae, Lauraceae and Malvaceae (4 species each). Families with greatest individuals abundance were Meliaceae (750), Fabaceae (446) and Myrtaceae (221), which together represented 52.1% of the sampled individuals. Also, 30.7% of regenerating individuals (702) were Meliaceae.

The majority of species (40.0%) and individuals (68.1) were semi-deciduous (Fig. 2a). The pattern was similar for adults (species: 43.7 and individuals: 69.2) and regenerants (species: 43.0 and individuals: 67.9%; Fig. 2a). Zoochory was the most important dispersal syndrome between all individuals (species: 54% and individuals: 75.2), adults (species: 58 and individuals: 51.3) and regenerants (species: 57 and individuals: 79.8; Fig. 2b). Early secondary species was the richest ecological group (33%), followed by pioneers (28) and late secondary (21). Among adult trees (38%) and regenerants (35), early secondary species dominated (Fig. 2c). Late secondary individuals (47.2%) and regenerants (50.4) and early secondary adults were the most abundant (34.5; Fig. 2c). The distribution of each successional class among adults, regenerants and all individuals was not random ($\chi^2=30$; $P=0.22$).

Heights of plants were between 5 and 10 m for pioneers and secondary species. When we evaluated diameter, in general pioneer species had thinner individuals than early and late secondary species (Fig. 3). When we looked into the most abundant species, the majority of individuals of *Casearia sylvestris* and *Piptadenia gonoacantha* (pioneers) measured till 15 cm of DBH, while of *Luehea grandiflora*, *Siparuna guianensis*, *Machaerium nycitans* and *Guarea kunthiana*, were till 10 cm diameter (Fig. 4). Fabaceae individuals laterally spread more (canopy diameter: 4.12 m) than non Fabaceae plants (3.92 m; $t=0.33$; $P=0.55$).

Species with higher IVI were *Dalbergia nigra*, *Casearia sylvestris*, *Guarea kunthiana*, *Luehea grandiflora*, *Machaerium nycitans*, *Myrcia splendens*, *Piptadenia gonoacantha* and *Siparuna guianensis*. In general, these species had all high relative density, frequency and dominance. Exceptions were the

very dense *Guarea kunthiana* (10.11%) and *Piptadenia gonoacantha* with high dominance (16.44%: Table 3).

The evaluated ecological indicators of the state law showed 100% of percentage of land cover with native vegetation, 6720 ind/ha as density of native regenerating individuals, and 79 native regenerating species found in the studied site.

4. Discussion

Our results showed that after 40 years, an old pasture in the Atlantic Forest Biome was fully covered with native vegetation throughout a natural regeneration process; that there was high richness and abundance of adults and regenerants of secondary species. We also verified a higher importance value index (IVI) of late secondary species than of the pioneers. Pasture management conditions and the presence of nearby forests, collectively determine the composition, richness and density in native regeneration sites (Griscom et al. 2009). In this study we verified that a less suitable area for agriculture had the return of native vegetation, what can explain the verified increase in forest cover during the last decades in Southeast Atlantic Forest (Rezende et al. 2015; Silva et al. 2017; Calaboni et al. 2018). Also, forest regeneration may help to restore the existing legal debt of riparian areas and increase native vegetation cover in the Atlantic Forest up to 35% (Rezende et al. 2018) and reduce fragmentation for 44% (Crouzeilles et al. 2020).

Fabaceae and Myrtaceae were the most abundant (in regards to individual abundance and species richness) families in the studied site. Fabaceae and Myrtaceae have been registered as two of the most important woody families in tropical forests in Brazil (evergreen: Lima et al. 1997; Marques et al. 2015 and deciduous forest: Oliveira-Filho et al. 1993; Sartori et al. 2015). In the studied site, twenty years back, Martins et al. (2002) found the same dominance of families. For regenerants, Meliaceae (*Guarea kunthiana*: late secondary) had also high number of individuals.

We found 95 species in 0,34 ha of a 40 years old secondary forest. In 1 ha of a well preserved lowland tropical forest in Brazil, 100 species were found (Lima et al. 2019). Secondary neotropical forests take a median time of five decades to recover the species richness of old-growth forest (80% recovery after 20 years) (Rozendaal et al. 2019). Thus, the studied area may be close to the original richness. However, in a study about how long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance, authors predicted that a forest needs about one to three hundred years to reach the proportion

of animal-dispersed species (80% of the species), the proportion of non-pioneer species (90%) and of understorey species (50%) found in mature forests (Liebsch et al., 2008).

Early-secondary species was the most abundant successional group. Vegetation dynamic processes in tropical forests include colonization by pioneer trees as one of the first phases of succession; then, low light availability in the understory favors establishment of shade-tolerant tree secondary and of palm species that are dispersed into the site from surrounding vegetation by birds and mammals (attested by the high number of zoochorous species); by 10–20 years after land abandonment, the stage is set for a shift in the abundance and composition of tree species that gradually plays out over decades (Chazdon 2008), which is the exact moment that this study took place (40 years after land abandonment). The high number of late secondary regenerants was attributed to the great emergence of *Guarea kunthiana*. Another woody species (*Mimosa scabrella* Benth.) has been considered facilitator of forest successional advance in the south of Brazil (Ferreira et al. 2019). While *Mimosa* was a pioneer, in this case *Guarea* might be facilitating an advanced stage of forest succession, thus initiating the “old-growth stage” of forest dynamics in the natural regeneration site.

Also, zoochorous and semi-deciduous species prevailed. Zoochory predominates in tropical rainforests (Janzen et al., 1967; Frankie et al., 1974) and the seed–disperser interaction plays an important role in the natural regeneration dynamics of secondary forests (Morrison et al. 2010). Leaf deciduousness is more frequent in dry and deciduous forests and savannas in the tropics (Murphy and Lugo 1986), but the studied site is in a transition zone between evergreen and semi-deciduous forests. Besides, early successional plants in tropical forests exhibit leaf traits involved in the conservative use of water (Fonseca et al. 2018), as the leaf deciduousness trait.

Most pioneers and secondary species were found in the smaller classes of size (diameter and height). Late successional species had also bigger individuals. In a secondary subtropical forest in China, pioneer species were significantly smaller (DBH) than shade-tolerant species (Chen et al. 2017). In Amazon, the relation between height and diameter of tree species was dependent on ecological groups (pioneers and secondary; Cassol et al. 2018). Pioneers are usually r-strategists that do not grow much in size, while k-strategists and late secondary do grow more (Begon et al. 2006).

High IVI species were mostly late successional, dry-fruits (anemo and autochorous) and semi deciduous. This indicates that some species (as *Piptadenia gonoacantha*) that are not so numerous are playing an important ecological role in the community, for example, i.e. storing carbon in biomass.

The three evaluated ecological indicators of the state law showed that the site may be considered restored, as the maximum values for land cover with native vegetation, density of native regenerating individuals (individuals/ha) and number of native regenerating species were achieved (respectively, 100%, > 3000 ind/ha and > 30 species). However, we argue that by using only these indicators one might be losing other important informations regarding structure, composition and functioning of these secondary forests. We understand that a protocol of restoration monitoring is an easy, self-explanatory tool and a standard between different active and passive restoration techniques, but other indicators (as for example, composition and similarity to reference sites: Prach et al., 2019) should be included if tropical forest restoration in Brazil and São Paulo state will be pursued in the next few years (Brancalion et al. 2019).

5. References

- Aide TM, Zimmerman JK, Pascarella JB, Rivera L, Marcano-Vega H (2001) Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. *Restor Ecol* 8:328-338. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>
- APG IV (Angiosperm Phylogeny Group IV) (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot J Linn Soc* 181:1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Begon M, Harper JL, Townsend CR (2006) *Ecology: From individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford
- Brancalion PHS, Niamir A, Broadbent E et al (2019) Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. *Sci Adv* 5:eaav3223. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3223>.
- Brasil (1960) Ministério da Agricultura. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo*. Serviço Nacional de Pesquisas Agronomicas, Rio de Janeiro
- Brasil (2012) Lei no 12.651 of 2012. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Accessed 10 February 2020
- Brasil (2017) Decreto no 8.972 of 2017. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm. Accessed 10 February 2020

- Calaboni A, Tambosi LR, Igari AT, Farinaci JS, Metzger JP, Uriarte M (2018) The forest transition in São Paulo, Brazil: historical patterns and potential drivers. *Ecology and Society* 23:7. <https://doi.org/10.5751/ES-10270-230407>
- Cassol HLG, Shimabukuro YE, Carreiras JMB, Moraes EC (2018) Improved tree height estimation of secondary forests in the Brazilian Amazon. *Acta Amaz* 48:179-190. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201700844>
- Chazdon RL (2008) Chance and determinism in tropical forest succession, in: Carson, W.P., Schnitzer, S.A. *Tropical Forest Community Ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford
- Chazdon RL (2012) Regeneração de florestas tropicais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: ciências naturais* 7:195-218
- Chazdon RL, Broadbent EN, Rozendaal DMA et al (2016) Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Sci Adv* 2:e1501639. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501639>
- Chazdon RL, Lindenmayer D, Guariguata MR, Crouzeilles R, Benayas JMR, Chaverro EL (2020) Fostering natural forest regeneration on former agricultural land through economic and policy interventions. *Environ Res Lett* 15:043002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab79e6>
- Chen L, Xiang W, Wul H, Lei P, Zhang S, Ouyang S, Deng X, Fang X (2017) Tree growth traits and social status affect the wood density of pioneer species in secondary subtropical forest. *Ecol Evol* 7:5366–5377. <https://doi.org/10.1002/ece3.3110>
- Crouzeilles R, Ferreira MS, Chazdon RL et al (2017) Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Sci Adv* 3:e1701345. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701345>
- Crouzeilles R, Beyer HL, Monteiro LM, Feltran-Barbieri R et al (2020) Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conserv Lett*:e12709. <https://doi.org/10.1111/conl.12709>
- Dean W (1996) *A Ferro e Fogo: A História e a Devastação da Mata Atlântica Brasileira*; Companhia das Letras, São Paulo
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (1979) *Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, Rio de Janeiro

Esquivel MJ, Harvey CA, Finegan B, Casanoves F, Skarpe C (2008) Effects of pasture management on the natural regeneration of neotropical trees. *J Appl Ecol* 45:371–380. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01411.x>

Ferreira PI, Gomes JP, Stedille LIB, Bortoluzzi RLC, Mantovani A (2019) *Mimosa scabrella* Benth. as Facilitator of Forest Successional Advance in the South of Brazil. *Floresta e Ambiente* 26:e20170085. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.008517>

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br>. Accessed 10 December 2019

Fonseca MB, Silva JO, Falcão LAD, Dupin MG, Melo GA, Espírito-Santo MM (2018) Leaf damage and functional traits along a successional gradient in Brazilian tropical dry forests *Plant Ecol* 219:403–415. <https://doi.org/10.1007/s11258-018-0804-8>

Frankie GW, Baker HG, Opler PA (1974) Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *J Ecol* 62:881-913

Fundação SOS Mata Atlântica. INPE (2017) Atlas Dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, Período 2015–2016. Fundação SOS Mata Atlântica e Inpe, São Paulo

Galindo-Leal C, Câmara IG (2003) Atlantic forest hotspots status: an overview. In: Galindo-Leal C, Câmara IG (eds) *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. CABS and Island Press, Washington, pp 3-11

Griscom HP, Griscom BW, Ashton MS (2009) Forest Regeneration from Pasture in the Dry Tropics of Panama: Effects of Cattle, Exotic Grass, and Forested Riparia. *Restor Ecol* 17:117–126. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00342.x>

Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPE). <http://www.ipe.org.br>. Accessed 11 January 2020

Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Dados da Estação automática - A769 Cachoeira Paulista. Período Fev 2019 – Fev 2020.

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Accessed 26 February 2020

Janzen DH (1967) Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in central America. *Evolution* 21:620–637

Köppen W (1948) *Climatologia: Con un Estudio de los Climas de la Tierra*. Fundo de Cultura Econômica, Mexico City

- Liebsch D, Marques MCC, Goldenberg R (2008) How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. *Biol Conserv* 141:1717–1725. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.013>
- Lima HC, Guedes-Bruni RR (1997) Serra de Macaé de Cima: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
- Lima RBA, Marangon LC, Freire FJ, Feliciano AL, Silva RKS (2019) Structure and Diversity In Ombrophilous Forest in the Zona da Mata of Pernambuco. *Floresta e Ambiente* 26:e20170602. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.060217>
- Lorenzi H (2016) Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Instituto Plantarum, Nova Odessa
- Marques MCM, Silva SM, Liebsch D (2015) Coastal plain forests in southern and southeastern Brazil: Ecological drivers, floristic patterns and conservation status. *Braz J Bot* 38:1–18
- Martins SV, Coutinho MP, Marangon LC (2002) Composição florística e estrutura de uma floresta secundária no município de Cruzeiro, SP. *Revista Árvore* 26:34-41
- Morrison EB, Lindell CA (2010) Active or Passive Forest Restoration? Assessing Restoration Alternatives with Avian Foraging Behavior. *Restor Ecol* 19:170–177. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00725.x>
- Murphy PG, Lugo AE (1986) Ecology of tropical dry forest. *Annu Rev Ecol Evol S* 17:67–88
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858
- Norden N, Chazdon RL, Chao A, Jiang Y-H, Vélchez-Alvarado B (2009) Resilience of tropical rain forests: Tree community reassembly in secondary forests. *Ecol Lett* 12:385-394. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01292.x>
- Oliveira-Filho AT, Machado JNM (1993) Composição florística de uma floresta semidecídua montana, na Serra de São José, Tiradentes, MG. *Acta Bot Bras* 7:71–88
- Pinho BX, Melo FPL, Arroyo-Rodríguez V, Pierce S, Lohbeck M, Tabarelli M (2017) Soil-mediated filtering organizes tree assemblages in regenerating tropical forests. *J Ecol* 106:137-147. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12843>

- Pinto S, Melo F, Tabarelli M et al (2014) Governing and delivering a biome-wide restoration initiative: The case of atlantic forest restoration pact in brazil. *Forests* 5:2212-2229.
<https://doi.org/10.3390/f5092212>
- Prach K, Durigan G, Fennessy S, Overbeck GE, Torezan JM, Murphy SD (2019) A primer on choosing goals and indicators to evaluate ecological restoration success. *Restor Ecol* 27:917–923.
<https://doi.org/10.1111/rec.13011>
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Available online:
<https://www.R-project.org/> Accessed 03 January 2020
- Rezende CL, Uezu A, Scarano FR, Araujo DSD (2015) Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale *Biodivers Conserv* 24:2255-2272. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0980-y>
- Rezende CL, Scarano FR, Assad ED et al (2018) From Hotspot to Hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic forest. *Persp Ecol Conserv* 16:208-221. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol Conserv* 142:1141–1153. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>
- Rozendaal DMA, Bongers F, Aide TM et al (2019) Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. *Sci Adv* 5:eaau3114. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau3114>
- São Paulo (2014) Resolução SMA 32 de 03 de abril de 2014.
<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/2014/04/resolucao-sma-32-2014/> Accessed 10 February 2020
- São Paulo (2015) Portaria CBRN 01 de 2015.
<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/2015/01/portaria-cbrn-012015/>. Accessed 10 February 2020
- São Paulo (2008) Listagem das Espécies Arbóreas e Indicação de sua Ocorrência Natural nos Biomas/Ecosistemas e Regiões Ecológicas do Estado de São Paulo, com a Classificação Sucessional e a Categoria de Ameaça de Extinção. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo
- Sartori RA, Carvalho DA, Berg EVD, Marques JJ, Dos Santos RM (2015) Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta estacional semidecidual montana em Socorro, SP. *Rodriguésia* 66:33–49

SER. Society for Ecological Restoration. International Science and Policy Working Group (2004).

<http://www.ser.org>. Accessed 19 November 2019

Silva RFB, Batistella M, Moran EF, Lu D (2017) Land changes fostering Atlantic Forest transition in Brazil: Evidences from the Paraíba Valley. *Prof Geographer* 69:80–93.

<https://doi.org/10.1080/00330124.2016.1178151>

Soares-Filho B, Rajão R, Macedo M, Carneiro A, Costa W, Coe M, Rodrigues H, Alencar A (2014)

Cracking Brazil's Forest Code. *Science* 344:363–364. <https://doi.org/10.1126/science.1246663>

WRI (World Resources Institute). Restoration Commitments. Initiative 20 x 20. 2018.

<https://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20/restoration-commitments> Accessed 11 January 2020

Table 1 Phytosociological attributes, formula and equation numbers used for calculations.

Phytosociological attributes	Formula	Equation No
Density (D)	$D = a/A$	1
Relative Density (RD)	$RD = (D_i/\Sigma D_i) \times 100$	2
Frequency (F)	$F = c/b$	3
Relative Frequency (RF)	$RF = (F_i/\Sigma F_i) \times 100$	4
Dominance (Do)	$Do = BA_i/A$ $BA_i = \pi DBH^2/4$	5
Relative Dominance (RDo)	$RDo = (Do_i/\Sigma Do_i) \times 100$	6
Importance value index (IVI)	$IVI = RD+RF+RDo$	7

a: total number of individuals of a species (i) in all the plots; A: total studied area (ha); D_i : density of one species (i); c: total number of plots in which the species (i) occurs; b: total number of plots studied; F_i : frequency of one species (i); BA: basal area of a species (i); DBH: diameter at breast height (m); Do_i : dominance of one species (i)

Table 2 Family, species, total number of individuals (N), adults (A) and regenerants (R), successional stage (Es: early secondary, Ls: late secondary, Pi: pioneers), dispersal syndrome (Anemo: anemochorous, Auto: autochorous, Zoo: zoochorous) and leaf deciduousness (Semi: semi-deciduous) observed in a 45 years old regeneration site in the Southeast Atlantic Forest Biome (Cruzeiro municipality, SP, Brazil).

Family	Species	N	A	R	Succession	Dispersal	Deciduousn
Anonaceae	<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	24	1	23	Es	Zoo	Evergreen
Apocynaceae	<i>Aspidosperma discolor</i> var. <i>parvifolium</i> Müll.Arg.	15	1	14	Ls	Anemo	Evergreen
	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	1	0	1	Pi	Zoo	Evergreen
	<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	17	5	12	Ls	Anemo	Evergreen
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	5	0	5	Es	Zoo	Evergreen
	<i>Bactris setosa</i> Mart.	1	0	1	Es	Zoo	Semi
	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	171	15	156	Ls	Zoo	Evergreen
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	35	5	30	Ls	Zoo	Semi
Asteraceae	<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	2	0	2	Pi	Anemo	Deciduous
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	2	0	2	Ls	Anemo	Semi
	<i>Jacaranda macrantha</i> Cham.	2	0	2	Es	Anemo	Evergreen
	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	50	11	39	Pi	Anemo	Evergreen
	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	4	2	2	Ls	Anemo	Semi
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud	3	1	2	Es	Anemo	Deciduous
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	5	4	1	Pi	Zoo	Semi
Cyatheaceae	<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.	5	0	5	Ls	Anemo	Evergreen
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A.St.-Hil.	4	0	4	Es	Zoo	Evergreen
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	8	1	7	Es	Zoo	Semi
	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	19	2	17	Pi	Auto	Semi
	<i>Croton urucarana</i> Baill.	1	1	0	Pi	Auto	Semi
	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	69	3	66	Pi	Zoo	Deciduous
	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L. B. Sm. & Downs	3	1	2	Es	Zoo	Deciduous
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	5	4	1	Es	Auto	Evergreen
	<i>Bauhinia forficata</i> Link	4	1	3	Es	Auto	Deciduous
	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	1	0	1	Es	Anemo	Deciduous
	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	53	20	33	Ls	Anemo	Semi

	<i>Erythrina verna</i> Vell.	3	2	1	Es	Zoo	Deciduous
	Unknown13	2	0	2	-	-	-
	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	26	3	23	Es	Zoo	Semi
	<i>Inga striata</i> Benth.	20	1	19	Es	Zoo	Semi
	<i>Leucochloron incuriale</i> (Vell.) Barneby & J.W.Grimes	2	2	0	Pi	Auto	Evergreen
	<i>Lonchocarpus</i> spp	1	0	1	-	Anemo	-
	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	28	6	22	Es	Anemo	Semi
	<i>Machaerium nyctitans</i>	57	27	30	Ls	Anemo	Semi
	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	23	10	13	Es	Anemo	Semi
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	212	35	177	Pi	Auto	Semi
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	8	8	0	Es	Anemo	Semi
	<i>Senna macranthera</i> (DC. Ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	1	1	0	Pi	Zoo	Semi
Unknown1	Unknown1	1	0	1	-	-	-
Unknown2	Unknown2	1	0	1	-	-	-
Unknown3	Unknown3	1	0	1	-	-	-
Unknown4	Unknown4	1	0	1	-	-	-
Unknown5	Unknown5	1	0	1	-	-	-
Unknown6	Unknown6	1	1	0	-	-	-
Unknown7	Unknown7	1	0	1	-	-	-
Unknown8	Unknown8	1	1	0	-	-	-
Unknown9	Unknown9	1	1	0	-	-	-
Unknown10	Unknown10	1	1	0	-	-	-
Unknown11	Unknown11	1	1	0	-	-	-
Unknown12	Unknown12	1	1	0	-	-	-
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	1	1	0	Pi	Zoo	Deciduous
	<i>Vitex polygama</i> Cham.	4	3	1	Pi	Zoo	Semi
Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	1	1	0	Ls	Zoo	Evergreen
	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	120	10	110	Es	Zoo	Evergreen
	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	3	0	3	Es	Zoo	Semi
	<i>Ocotea volutina</i> (Nees) Rohwer	2	2	0	Ls	Zoo	Semi
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	1	0	1	Ls	Anemo	Semi
	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	1	0	1	Pi	Auto	Deciduous
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	5	2	3	Es	Zoo	Semi
	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.- Hil.) Ravenna	1	1	0	Es	Anemo	Deciduous
	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	120	55	65	Es	Anemo	Semi
	<i>Pseudobombax</i> <i>grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	3	2	1	Es	Zoo	Deciduous
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	6	3	3	Es	Zoo	Evergreen
	<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	27	1	26	Es	Zoo	Evergreen

	<i>Pleroma granulosum</i> (Desr.) D. Don	11	10	1	Pi	Anemo	Semi
Meliaceae	<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	4	1	3	Ls	Zoo	Deciduous
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	7	3	4	Ls	Anemo	Deciduous
Moraceae	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	739	44	695	Ls	Zoo	Semi
	<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott in Spreng.	4	1	3	Pi	Zoo	Semi
	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	5	3	2	Es	Zoo	Semi
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> spp	1	0	1	-	Zoo	-
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	196	20	176	Pi	Zoo	Semi
	<i>Pimenta</i> <i>pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	13	2	11	Pi	Zoo	Semi
	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	1	0	1	Ls	Zoo	Semi
	<i>Psidium guajava</i> L.	3	1	2	Pi	Zoo	Semi
	<i>Psidium guineense</i> Sw.	3	0	3	Pi	Zoo	Semi
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	4	0	4	Ls	Zoo	Evergreen
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	19	0	19	Pi	Zoo	Semi
Rubiaceae	<i>Bathysa stipulata</i> (Vell.) C.Presl	2	0	2	Ls	Anemo	Semi
	<i>Coffea</i> spp	1	0	1	-	Zoo	-
	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	2	1	1	Es	Zoo	Evergreen
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	6	5	1	Pi	Zoo	Semi
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	5	2	3	Es	Zoo	Evergreen
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	105	41	64	Pi	Zoo	Evergreen
Sapindaceae	<i>Allophylu edulis</i> (A.St.- Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	2	0	2	Pi	Zoo	Semi
	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	26	1	25	Ls	Zoo	Deciduous
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	137	4	133	Ls	Zoo	Deciduous
Siparunaceae	<i>Siparuna brasiliensis</i> (Spreng.) A.DC.	2	0	2	Es	Zoo	Deciduous
	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	207	27	180	Es	Zoo	Semi
Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	4	0	4	Pi	Zoo	Semi
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	2	1	1	Pi	Zoo	Evergreen
	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	3	3	0	Pi	Zoo	Evergreen
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.	1	0	1	Pi	Anemo	Deciduous
	<i>Cytharexylum</i> <i>myrianthum</i> Chamiáo	4	4	0	Es	Zoo	Deciduous
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	2	1	1	Pi	Anemo	Evergreen

Table 3 Family, species, relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo) and Importance value index (IVI) observed in a 45 years old regeneration site in the Southeast Atlantic Forest Biome (Cruzeiro municipality, SP, Brazil).

Family	Species	RD	RF	RDo	IVI
Anonaceae	<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	0.23	0.41	0.06	0.71
Apocynaceae	<i>Aspidosperma discolor</i> var. <i>parvifolium</i> Müll.Arg.	0.23	0.41	0.17	0.81
	<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	1.15	0.83	1.31	3.28
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	3.45	2.89	2.24	8.58
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	1.15	1.24	2.44	4.82
Bignoniaceae	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	2.53	2.48	3.62	8.63
	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	0.46	0.83	0.11	1.40
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud	0.23	1.24	0.19	1.66
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	0.92	1.24	0.19	2.35
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	0.23	0.41	0.13	0.77
	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	0.46	0.83	0.42	1.71
	<i>Croton urucarana</i> Baill.	0.23	0.41	0.96	1.60
	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	0.69	1.65	0.33	2.67
	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L. B. Sm.& Downs	0.23	0.41	0.10	0.74
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	0.92	0.41	1.85	3.19
	<i>Bauhinia forficata</i> Link	0.23	6.61	0.35	7.19
	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	4.60	3.31	4.13	12.04
	<i>Erythrina verna</i> Vell.	0.46	0.83	0.29	1.58
	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	0.69	1.24	0.73	2.66
	<i>Inga striata</i> Benth.	0.23	0.41	1.39	2.03
	<i>Leucochloron incuriale</i> (Vell.) Barneby & J.W.Grimes	0.46	0.83	0.44	1.72
	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	1.38	3.31	1.41	6.10
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	6.21	6.20	5.81	18.21
	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	2.30	3.31	1.70	7.30
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	8.05	1.65	16.44	26.14
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	1.84	3.31	3.27	8.41
<i>Senna macranthera</i> (DC. Ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	0.23	1.24	0.03	1.50	
Unknown6	Unknown6	0.23	0.41	0.16	0.80
Unknown8	Unknown8	0.23	0.41	0.84	1.48
Unknown9	Unknown9	0.23	0.41	0.20	0.84
Unknown10	Unknown10	0.23	0.41	0.18	0.83
Unknown11	Unknown11	0.23	0.41	0.56	1.21
Unknown12	Unknown12	0.23	0.41	0.34	0.98
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	0.23	0.41	0.09	0.73
	<i>Vitex polygama</i> Cham.	0.69	0.83	0.27	1.79
Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	0.23	0.41	0.30	0.94
	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	2.30	2.89	4.81	10.00
	<i>Ocotea volutina</i> (Nees) Rohwer	0.46	0.41	0.75	1.63
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	0.46	0.41	1.06	1.94
	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	0.23	0.83	0.06	1.12
	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	12.64	8.26	13.97	34.88
Melastomataceae	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	0.46	0.41	0.12	0.99
	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	0.69	1.24	0.50	2.43
	<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	0.23	0.41	0.06	0.71
Meliaceae	<i>Pleroma granulorum</i> (Desr.) D. Don	2.30	0.41	3.00	5.72
	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	0.23	0.41	1.34	1.98
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	0.69	1.24	0.27	2.20
Moraceae	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	10.11	0.41	5.61	16.14
	<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott in Spreng.	0.23	0.41	0.34	0.98
	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	0.69	1.24	0.60	2.52
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	4.60	5.37	2.43	12.40
	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	0.46	0.41	0.09	0.96

	<i>Psidium guajava</i> L.	0.23	0.41	0.12	0.76
Rubiaceae	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	0.23	1.24	0.04	1.51
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1.15	0.83	1.47	3.45
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	0.46	0.83	0.10	1.39
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	9.43	7.02	5.53	21.98
Sapindaceae	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	0.23	0.41	0.56	1.21
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0.92	4.96	0.59	6.47
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	6.21	4.96	1.32	12.48
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	0.69	0.41	0.09	1.19
	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	0.23	1.24	1.12	2.59
	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Chamíáo	0.92	0.41	0.97	2.30
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	0.23	0.41	0.02	0.67

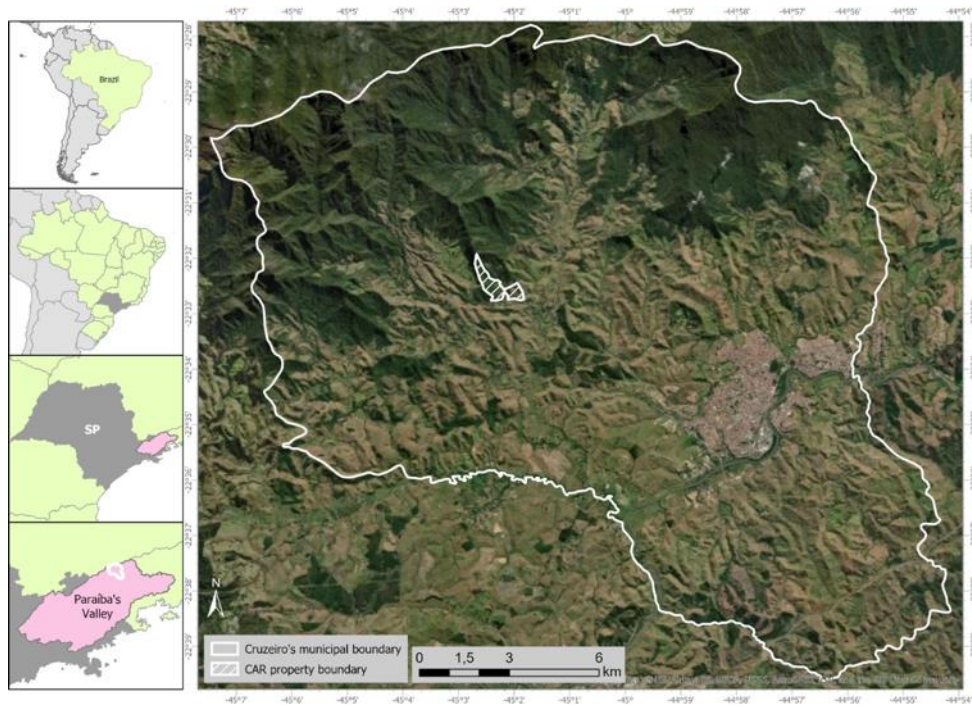


Fig. 1. Satellite image of the study site, inside Cruzeiro municipality, São Paulo state, Brazil.

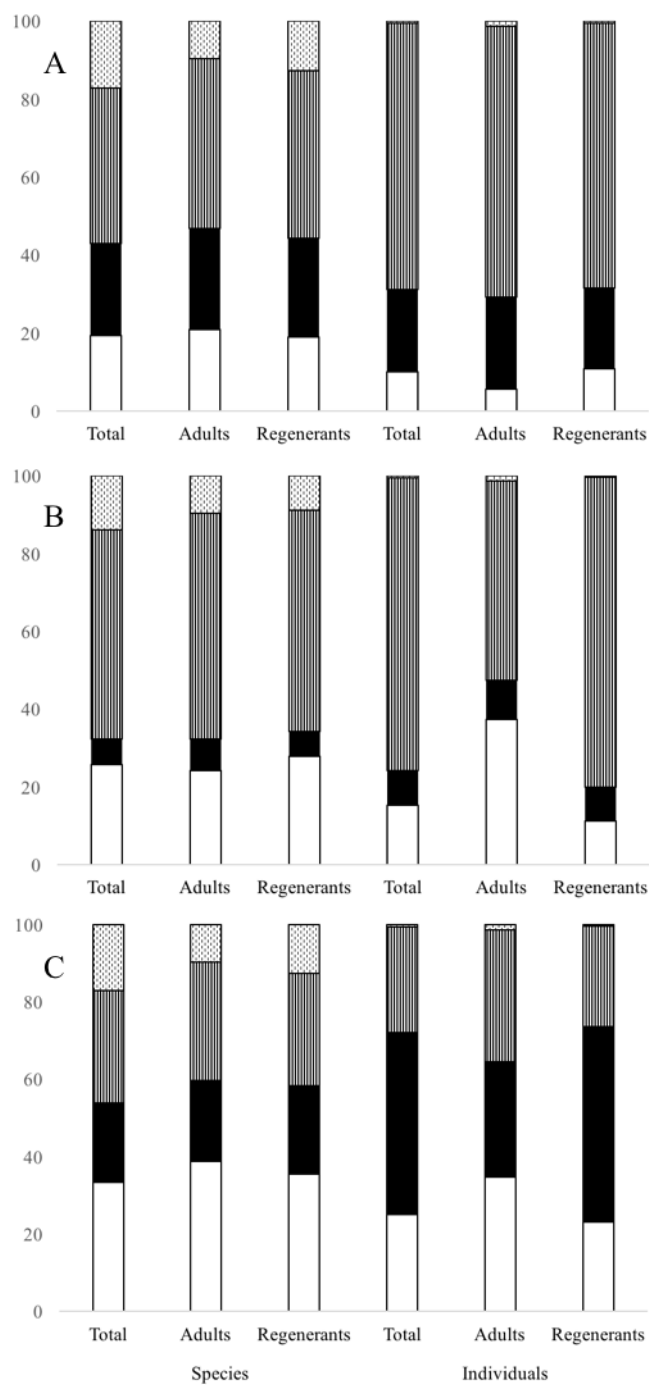


Fig. 2. Percentage of deciduous (white), evergreen (black), semi-deciduous (hatch) and unknown (dotted) species and individuals (A), anemo (white), auto (black), zoo (hatch) and unknown (dotted) species and individuals (B) and early (white), late (black), pioneer (hatch) and unknown (dotted) species and individuals (C) observed in a 45 years old regeneration site in the Southeast Atlantic Forest Biome (Cruzeiro municipality, SP, Brazil).

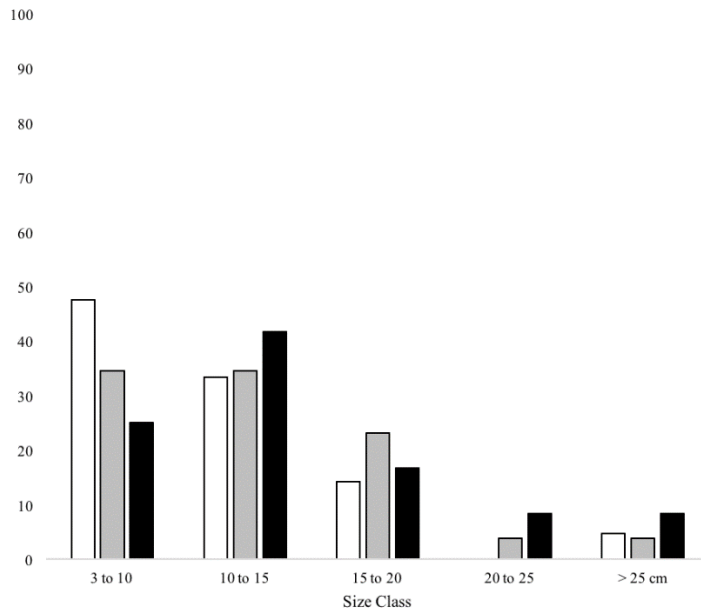


Fig. 3. Percentage of pioneer (white), early (grey) and late (black) secondary species among size class of diameter (DBH) observed in a 45 years old regeneration site in the Southeast Atlantic Forest Biome (Cruzeiro municipality, SP, Brazil).

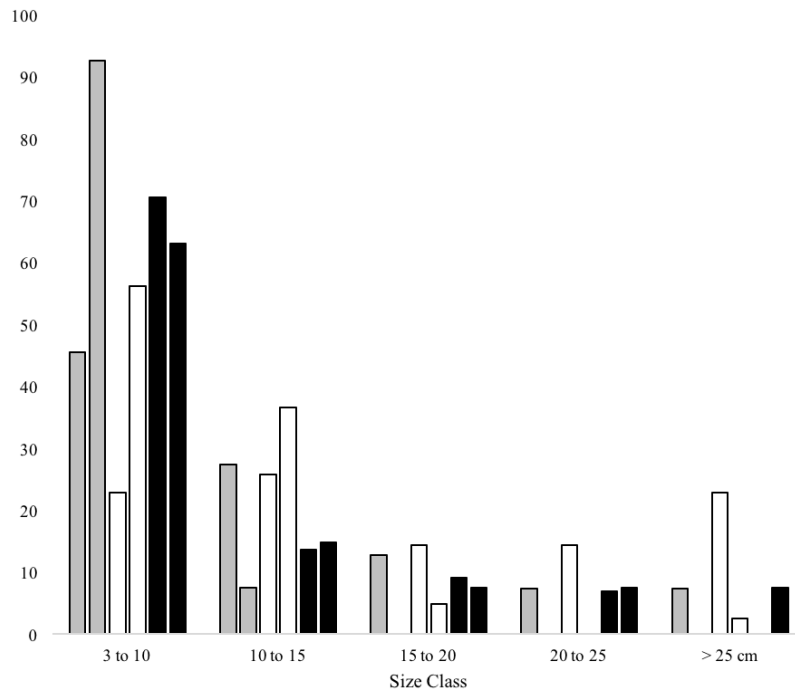


Fig. 4. Percentage of the most abundant pioneer (*Casearia sylvestris* and *Piptadenia gonoacantha*: white), early (*Luehea grandiflora* and *Siparuna guianensis*: grey) and late secondary (*Machaerium nyctitans* and *Guarea kunthiana*: black) species observed in a 45 years old regeneration site in the Southeast Atlantic Forest Biome (Cruzeiro municipality, SP, Brazil).

Fig. 1.