

# **Ecosistema em restauração *versus* ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil<sup>1</sup>**

Camila Daronco<sup>2,4</sup>, Antônio Carlos Galvão de Melo<sup>3</sup> e Giselda Durigan<sup>3</sup>

Recebido: 26.03.2013; aceito: 22.08.2013

**ABSTRACT** - (Restored *versus* reference ecosystem: case study of plant community at a riparian forest in the Cerrado region, Assis, São Paulo State, Brazil). Whether or not the structure and composition of natural ecosystems can be recovered by ecological restoration is a controversial issue, and the relative contribution of the planted species or seed sources from the vicinity has rarely been assessed. We compared the understory of a planted and a native riparian forest on the basis of density, richness and proportions of functional attributes of individuals and species. Floristic analyses included the set of species planted. After ten years, richness of the community being restored is not far from the reference, but proportions of functional attributes differ between native and planted forest. More than 30 years are estimated to recover understory density. The dominance of immigrating species (74% of individuals and 85% of species) indicates that the regional species pool has a much stronger influence than the set of species planted to build a community assembly in the forest undergoing restoration. Key words: Cerrado, natural regeneration, restoration ecology, restoration goals, riparian forest

**RESUMO** - (Ecosistema em restauração *versus* ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil). Se a estrutura e a composição de espécies dos ecossistemas naturais podem ou não ser recuperadas por meio de restauração ecológica é tema controverso, e a influência das espécies plantadas nesse processo raramente é avaliada. Comparamos a comunidade vegetal em regeneração sob mata ciliar sendo restaurada com a mata ciliar nativa e com o conjunto de espécies plantadas, pela densidade, riqueza, composição florística e atributos funcionais de indivíduos e espécies. Aos dez anos, a comunidade em restauração aproximou-se da referência em riqueza, mas diferiu em composição florística e proporção de espécies para alguns atributos funcionais. A densidade de regenerantes poderá levar mais de 30 anos para equiparação. Espécies imigrantes, não plantadas, corresponderam a 74% dos indivíduos e 85% das espécies amostradas no subosque da floresta plantada, demonstrando maior influência da diversidade remanescente na paisagem do que do conjunto de espécies plantadas na construção da comunidade em restauração. Palavras-chave: Cerrado, ecologia da restauração, mata ciliar, metas da restauração, regeneração natural

## **Introdução**

A fragmentação de ecossistemas naturais decorre, sobretudo, da ampliação de áreas agrícolas, resultando em isolamento dos habitats remanescentes, comprometendo a dispersão de sementes e a regeneração da vegetação (Magnago *et al.* 2012). Em muitos casos, a intervenção do homem é necessária para estabilizar e reverter os processos de degradação, acelerando e direcionando a sucessão

por meio da restauração ecológica (Engel & Parrotta 2008), que é definida como o processo e a prática de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SER 2004). A restauração pode acelerar o processo de regeneração promovendo mudanças microclimáticas, aumentando a complexidade estrutural e a entrada de propágulos e contribuindo para supressão de espécies invasoras (Engel & Parrotta 2008). Com base nos princípios da Sociedade Internacional

---

1. Parte da Dissertação de Mestrado da primeira Autora  
2. Universidade do Estado de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Departamento de Recursos Naturais, Caixa Postal 237 18603-970 Botucatu, SP, Brasil  
3. Instituto Florestal, Floresta Estadual de Assis, Caixa Postal 104 19802-970, Assis, SP, Brasil  
4. Autor para correspondência: camiladaronco@yahoo.com.br

para Restauração Ecológica (Society for Ecological Restoration - SER), um ecossistema restaurado deverá apresentar diversidade e estrutura similares às de um ecossistema de referência, espécies nativas da região, grupos funcionais necessários para um desenvolvimento estável, capacidade física necessária para a reprodução das populações locais, funções normais de desenvolvimento da comunidade, relação equilibrada com a paisagem onde está inserido, sem influência de potenciais distúrbios externos, capacidade de suportar períodos de estresse e autossustentabilidade (SER 2004).

Até que ponto a estrutura e a composição dos ecossistemas naturais são válidas como metas para a restauração é assunto controverso. Enquanto alguns autores defendem a ideia (Aronson *et al.* 1995, White & Walker 1997, Engel & Parrotta 2008), um outro grupo de autores considera que o ecossistema natural intocado é uma meta pouco provável de ser atingida (Ehrenfeld 2000, Choi 2007, Hobbs 2007, Rey Benayas *et al.* 2009, Suding 2011, Maron *et al.* 2012). Alguns estudos recentes, analisando resultados de diversos projetos de restauração (Rey Benayas *et al.* 2009, Maron *et al.* 2012), têm chegado à conclusão de que recuperar os serviços ecossistêmicos geralmente é possível, mas reproduzir o ecossistema que foi destruído é praticamente impossível. Para esses autores, fatores diversos podem conduzir a sucessão por rumos diferentes, chegando a um resultado final distinto do ecossistema natural previamente existente.

A possibilidade de um ecossistema restaurado igualar ou pelo menos aproximar-se de um ecossistema de referência só pode ser avaliada mediante monitoramento por meio de indicadores ecológicos. A escolha de indicadores para avaliar ecossistemas em restauração tem sido também objeto de controvérsias. Em ampla revisão sobre o assunto, Ruiz-Jaén & Aide (2005) constataram que a diversidade de plantas e a estrutura da comunidade vegetal estão entre os indicadores mais utilizados, especialmente porque representam também uma série de processos ecológicos. Durigan (2011) considerou restaurado um ecossistema que tiver atingido o nível esperado de biodiversidade e funcionamento, e a autossustentabilidade, representados por alguns atributos mensuráveis. A autossustentabilidade de ecossistemas florestais depende da manutenção dos processos de regeneração natural das espécies vegetais, especialmente arbóreas, que formam a estrutura que abriga todas as outras espécies e cria

condições ambientais para o desencadeamento dos processos ecológicos. Portanto, o estoque de plantas em regeneração natural pode ser utilizado como indicador ecológico relevante para avaliar o funcionamento de ecossistemas naturais ou em restauração, por representar os processos de chegada, estabelecimento e persistência das espécies e, portanto, a sustentabilidade da comunidade arbórea.

No Brasil, a maior preocupação na elaboração de projetos de restauração na última década esteve no conjunto de espécies plantadas, que tem sido objeto de ampla discussão (Aronson 2010, Brancalion *et al.* 2010, Durigan *et al.* 2010, Aronson *et al.* 2011). Enquanto um grupo de cientistas argumenta que o sucesso da restauração depende do plantio de um grande número de espécies com proporções funcionais definidas (Brancalion *et al.* 2010), um outro grupo considera que plantar em alta diversidade não garante o sucesso e que até mesmo plantios monoespecíficos podem desencadear a sucessão rumo a ecossistemas saudáveis e biodiversos, especialmente em paisagens favoráveis (Durigan *et al.* 2010). Basta lembrar que alta diversidade no subosque tem sido registrada até mesmo sob plantações florestais puras, em todo o mundo (Brockerhoff *et al.* 2008 e Viani *et al.* 2010). Há consenso, no entanto, entre os dois grupos de pesquisadores, de que mais estudos são necessários para elucidar as questões pendentes na Ecologia da Restauração, que possam levar ao aprimoramento de técnicas e normas orientadoras de projetos (Brancalion *et al.* 2010, Durigan *et al.* 2010, Aronson *et al.* 2011).

Ainda que as pesquisas sobre a restauração de ecossistemas tenham se intensificado nas últimas décadas no Brasil, particularmente sobre matas ciliares (Durigan & Melo 2011, Durigan & Engel 2012), os estudos concentram-se, quase que exclusivamente, na região da Mata Atlântica (Rodrigues *et al.* 2009, Durigan & Melo 2011). As matas ciliares em região de Cerrado são relativamente pouco conhecidas em sua composição, estrutura e funcionamento e menos ainda em sua restauração (Durigan & Silveira 1999, Felfili *et al.* 2005, Santos *et al.* 2007, Felfili *et al.* 2008, Sampaio *et al.* 2008, Modna *et al.* 2010).

O presente estudo, desenvolvido em região de Cerrado, em Assis, SP, tange algumas das questões pendentes na ecologia da restauração e suas implicações práticas: 1) ao tratar da comparação de uma mata ciliar em restauração mediante atributos de estrutura, riqueza e funcionamento do ecossistema de

referência e 2) ao verificar se as espécies que foram plantadas são determinantes da composição florística da comunidade arbórea na mata ciliar em restauração. Considerando que o estoque de plantas em regeneração natural representa os processos sucessionais que definirão a flora futura da comunidade e, portanto, a sustentabilidade ecológica do ecossistema, utilizamos esse componente como base para o estudo.

### Material e métodos

Áreas de estudo - A área em restauração, com 30.000 m<sup>2</sup>, situa-se na Floresta Estadual de Assis, município de Assis, SP, sob as coordenadas 22°35'22"S e 50°24'35"W, em altitude média de 545 m. A área com vegetação nativa utilizada como ecossistema de referência situa-se na Estação Ecológica de Assis, sob as coordenadas 22°36'39"S e 50°23'52"W, altitude média de 550 m (figura 1). A escolha dessa mata como referência baseou-se na similaridade ambiental e na proximidade espacial com a área em restauração. A distância entre as duas áreas de estudo, em linha reta, é de 2.680 m (figura 1). Ambas as áreas - referência e restauração - estão localizadas junto às nascentes de afluentes de primeira ordem da microbacia do Cervo, Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema. Encontram-se

sobre o mesmo tipo de solo, que é classificado como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, em terreno com lençol freático pouco profundo (EMBRAPA, 1999), sendo que as parcelas de amostragem foram instaladas fora das zonas de afloramento do lençol. O tipo climático é Cwa, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica anual média de 1.480 mm, chuvas concentradas no verão e estação seca prolongada no inverno, que é sujeito a geadas esporádicas. A temperatura média anual é de 21,8 °C (Melo *et al.* 2004).

Com base na classificação do IBGE (1992), as áreas de amostragem estão inseridas em região de domínio do Cerrado, sendo que a vegetação que ocupa a bacia hidrográfica é enquadrada na categoria Savana Florestada (Cerradão). Por essa classificação, a vegetação florestal ripária não se diferencia fitogeograficamente do Cerradão, uma vez que o IBGE (1992) só considera categorias vegetacionais distintas ao longo dos cursos d'água (vegetação com influência fluvial) quando as comunidades vegetais ocupam planícies aluviais e refletem os efeitos das cheias dos rios nas épocas chuvosas ou estão em planícies permanentemente alagadiças. As duas áreas deste estudo situam-se nas cabeceiras dos afluentes, onde o lençol freático é pouco profundo, mas não estão

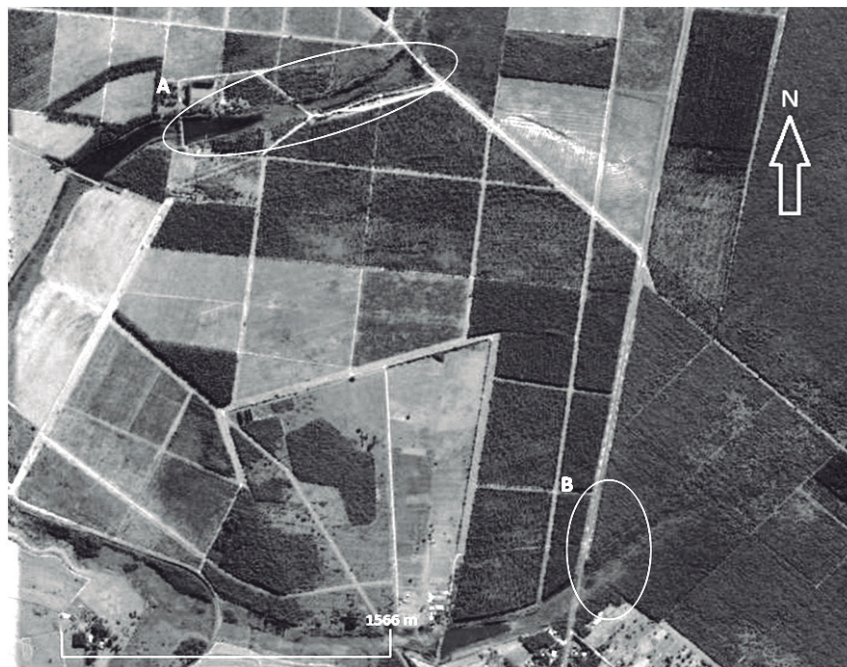


Figura 1. Localização das áreas de estudo, Assis, Estado de São Paulo, Brasil. A: mata ciliar em restauração; B: ecossistema de referência. A área entre os dois locais de estudo esteve ocupada por plantação de *Pinus* spp. desde o início do projeto de restauração. (Fonte: Google Earth 6.2).

Figure 1. Location of the study sites, Assis, São Paulo State, Brazil. A: restoration site; B: reference forest. The area between the study sites has been covered by *Pinus* spp. plantation since the beginning of the restoration project. (Source: Google Earth 6.2).



sujeitas a inundação nem mesmo temporária e os solos ao redor de nascentes não são aluviais. Na falta de uma categoria que diferencie essa vegetação florestal ripária do Cerradão adjacente pela classificação do IBGE (1992), adotamos a classificação das fitofisionomias do bioma Cerrado por Ribeiro & Walter (2008), pela qual o termo mais adequado para o tipo de vegetação em estudo é mata ciliar. Essa mata (figura 2a), como todos os ecossistemas naturais da Estação Ecológica de Assis, sofreu perturbações como o fogo e o pastoreio até cerca de 50 anos atrás, quando passou a ser propriedade do Estado (Pinheiro & Durigan, 2009).

O plantio de restauração (figura 2b), efetuado no ano 2000, seguiu o modelo comumente utilizado na região, com 26 espécies (nativas e não nativas da vegetação local, indicadas na tabela 1, aleatoriamente distribuídas, em espaçamento de  $3 \times 2$  m (1667 mudas por hectare). As mudas foram produzidas em embalagens plásticas de polietileno (1,5 L) e o preparo do terreno para plantio compreendeu a roçada mecanizada das gramíneas que ocupavam toda a área, o sulcamento mecanizado e o coveamento manual nos sulcos, evitando-se o revolvimento do solo para diminuir os riscos de erosão. Não foram aplicados corretivos ou fertilizantes e formigas cortadeiras foram controladas com isca granulada durante dois anos após o plantio.

As fontes mais prováveis de propágulos para recolonização da área de estudo, pela proximidade, são as árvores plantadas, as pequenas ilhas de vegetação ripária nativa ao longo do córrego (campos úmidos e matas ciliares), fragmentos maiores de Cerradão a mais de 500 m de distância ou talhões antigos de

*Pinus elliottii* Engelm., que possuem vegetação nativa abundante e diversificada no subosque (Abreu *et al.* 2011).

Desenho amostral e coleta de dados - A coleta de dados foi realizada em 2011, quando as árvores plantadas tinham idade de 10 anos. Amostramos 91 parcelas circulares com área de 10 m<sup>2</sup>, utilizando para isso uma corda com extensão de 1,785 m fixa a um ponto central, e registrando todas as plantas dentro desse raio. As parcelas foram distribuídas aleatoriamente em toda a área em restauração, com distância mínima de 5 m entre parcelas, e 20 parcelas de igual tamanho e formato, foram demarcadas ao longo de um transecto de 100 m e distantes 5 m entre si, na mata ciliar nativa. A diferença no número de unidades amostrais deveu-se à grande diferença na densidade de indivíduos em regeneração, de modo que a suficiência foi atingida com áreas de amostragem muito distintas nas duas comunidades. Foram amostrados todos os indivíduos de espécies arbóreas ou arbustivas em regeneração natural (não plantados), desde o estágio de plântula até o limite superior de 5 cm de diâmetro do caule medido a 1,30 m acima da superfície do solo - DAP. Cada planta amostrada foi identificada em campo ou coletamos material botânico para identificação posterior, por comparação com espécimes da Coleção Botânica da Floresta Estadual de Assis. Com base na literatura, cada espécie foi classificada pela síndrome de dispersão (Mantovani & Martins 1993, Batalha & Mantovani 2000, Approbato & Godoy 2006, Almeida-Neto *et al.* 2008), tolerância à sombra e preferências quanto à umidade do solo (Durigan *et al.* 2004).



Figura 2. Aspectos gerais das áreas de estudo, Assis, SP, Brasil. a: mata ciliar nativa; b: mata ciliar em restauração aos dez anos após o plantio.

Figure 2. Overview of the studied communities, Assis, São Paulo State, Brazil. a: native riparian forest. b: riparian forest undergoing restoration, at ten years after planting.

Tabela 1. Espécies utilizadas no plantio (P), amostradas em regeneração na área em restauração (R) e na mata ciliar nativa (N), classificadas por atributos funcionais: tolerância à sombra (TS), síndrome de dispersão (DISP) e tolerância à umidade do solo (TUS), no município de Assis, SP, Brasil. X: utilizada no plantio; I: intolerante; T: tolerante; Z: zoocórica; NZ: não zoocórica; EXC: exclusiva; IND: indiferente; INT: intolerante; PRE: preferencial.

Table 1. Species planted (P), sampled in natural regeneration (R), and in the native forest (N), categorized by functional attributes: shade tolerance (TS), dispersal syndrome (DISP), and tolerance to wet soils (TUS), Assis, São Paulo State, Brazil. X: species planted; I: intolerant; T: tolerant; Z: zoochorous; NZ: non-zoochorous; EXC: exclusive; IND: indifferent; INT: intolerant; PRE: preferential.

| Espécie  | P | R  | N  | TS | DISP | TUS |
|--|---|----|----|----|------|-----|
| <i>Aegiphila verticillata</i> Vell.                                  |   | 5  | 2  | I  | Z    | INT |
| <i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.                   |   | 1  | 0  | T  | Z    | IND |
| <i>Aleurites moluccana</i> (L.) Willd.                               | X |    |    |    | Z    |     |
| <i>Amaioua guianensis</i> Aubl.                                      |   | 0  | 1  |    | Z    | IND |
| <i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul  | X |    |    |    | NZ   |     |
| <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul | X |    |    |    | NZ   |     |
| <i>Anadenanthera</i> sp.   | X | 87 | 0  |    | NZ   |     |
| <i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.                                |   | 2  | 0  | I  | Z    | INT |
| <i>Annona coriacea</i> Mart.   |   | 1  | 4  | I  | Z    | INT |
| <i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.                                  |   | 15 | 2  | I  | NZ   | IND |
| <i>Bixa orellana</i> L.  | X |    |    |    | Z    |     |
| <i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.                                   |   | 0  | 1  |    | Z    |     |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.                              | X | 34 | 23 | T  | Z    | PRE |
| <i>Calypttranthes lucida</i> Mart. ex DC.                            |   | 0  | 22 | T  | Z    | PRE |
| <i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg                    |   | 6  | 0  | I  | Z    | IND |
| <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.                                 |   | 1  | 0  | I  | Z    | INT |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw.                                       |   | 1  | 0  | T  | Z    | IND |
| <i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.                    | X |    |    | T  | NZ   |     |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.                                  |   | 19 | 51 | T  | Z    | IND |
| <i>Croton floribundus</i> Spreng.                                    | X | 24 | 0  | I  | NZ   |     |
| <i>Croton urucurana</i> Baill.                                       | X |    |    | I  | NZ   | PRE |
| <i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling                       |   | 0  | 1  | T  | Z    | IND |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.                                    |   | 0  | 1  | I  | NZ   | INT |
| <i>Duguetia fufuracea</i> (A.St.-Hil.) Saff.                         |   | 2  | 1  | I  | Z    | INT |
| <i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.                  |   | 0  | 1  | T  | Z    | PRE |
| <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong                  | X |    |    | I  | Z    | INT |
| <i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E. Schulz                  |   | 1  | 0  | T  | Z    | IND |
| <i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St. -Hil.                        |   | 1  | 35 | T  | Z    | IND |
| <i>Eugenia aurata</i> O. Berg  |   | 1  | 10 | I  | Z    | IND |
| <i>Eugenia blastantha</i> (O. Berg) D. Legrand                       |   | 0  | 1  | T  | Z    | PRE |
| <i>Eugenia hyemalis</i> Cambess.                                     |   | 0  | 1  | T  | Z    | PRE |
| <i>Eugenia pitanga</i> (O. Berg) Nied.                               |   | 9  | 0  | I  | Z    | IND |
| <i>Eugenia pluriflora</i> DC.  |   | 1  | 2  | T  | Z    | PRE |
| <i>Geonoma brevispatha</i> Barb. Rodr.                               |   | 1  | 0  | T  | Z    | EXC |
| <i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera                          | X | 0  | 5  | I  | NZ   | PRE |
| <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell                                 |   | 0  | 1  | I  | Z    | INT |
| <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz                                |   | 0  | 1  | T  | Z    | IND |

*continua*

Tabela 1 (continuação)

| Espécie   | P | R   | N   | TS | DISP | TUS |
|---|---|-----|-----|----|------|-----|
| <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos         | X |     |     |    | NZ   |     |
| <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos                 | X |     |     |    | NZ   |     |
| <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos         | X |     |     |    | NZ   |     |
| <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos                    | X | 5   | 0   | I  | NZ   | IND |
| <i>Handroanthus pentaphyllus</i> (L.) Mattos                    | X |     |     |    | NZ   |     |
| <i>Heteropterys byrsonimiifolia</i> A. Juss.                    |   | 2   | 0   | I  | NZ   | INT |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L.                                    | X |     |     |    | Z    |     |
| Indeterminada   |   | 4   | 0   |    |      |     |
| <i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.                                | X |     |     |    | Z    |     |
| <i>Inga vera</i> subsp <i>affinis</i> (DC.) T.D.Penn.           | X | 103 | 0   | I  | Z    | PRE |
| <i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.                             |   | 2   | 0   | I  | NZ   | INT |
| <i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat                            |   | 0   | 25  | T  | Z    | IND |
| <i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.                        | X |     |     |    |      |     |
| <i>Mabea fistulifera</i> Mart.                                  |   | 3   | 0   | T  | NZ   | IND |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel.                            |   | 30  | 7   | I  | NZ   | IND |
| <i>Mangifera indica</i> L.                                      |   | 1   | 0   |    | Z    |     |
| <i>Manihot tripartita</i> (Spreng.) Müll. Arg.                  |   | 1   | 1   | I  | NZ   | INT |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl.                               |   | 0   | 2   | T  | Z    | IND |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana                            |   | 1   | 0   | T  | Z    | IND |
| <i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin                        |   | 0   | 1   | T  | Z    | IND |
| <i>Miconia stenostachya</i> DC.                                 |   | 0   | 16  | T  | Z    | IND |
| <i>Myrcia bella</i> Cambess.                                    |   | 0   | 2   | T  | Z    | IND |
| <i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.                            |   | 23  | 67  | T  | Z    | IND |
| <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.                             |   | 20  | 52  | T  | Z    | IND |
| <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.                               |   | 3   | 2   | T  | Z    | IND |
| <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.                             |   | 0   | 2   |    | Z    |     |
| <i>Myrcia uberavensis</i> O. Berg                               |   | 1   | 2   |    | Z    |     |
| <i>Myrcia venulosa</i> DC.                                      |   | 0   | 4   | T  | Z    |     |
| <i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg         |   | 0   | 9   | T  | Z    |     |
| <i>Nectandra cuspidata</i> Ness                                 |   | 32  | 29  | T  | Z    | IND |
| <i>Nectandra grandiflora</i> Ness                               |   | 17  | 0   | T  | Z    | IND |
| <i>Nectandra lanceolata</i> Ness                                |   | 7   | 3   | T  | Z    | PRE |
| <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez                            |   | 504 | 100 | T  | Z    | IND |
| <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.                        |   | 0   | 1   | I  | Z    | IND |
| <i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.                  |   | 4   | 73  | T  | Z    | IND |
| <i>Persea willdenovii</i> Kosterm.                              |   | 3   | 19  |    | Z    |     |
| <i>Platypodium elegans</i> Vogel                                |   | 12  | 1   | I  | NZ   | INT |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.                        |   | 0   | 7   | T  | Z    | INT |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand                    |   | 0   | 3   | T  | Z    | PRE |
| <i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.                              | X | 14  | 4   | T  | Z    | PRE |
| <i>Psidium salutare</i> var. <i>pohliarum</i> (O. Berg) Sandrum |   | 3   | 0   |    | Z    |     |
| <i>Qualea grandiflora</i> Mart.                                 |   | 0   | 1   | I  | NZ   | INT |
| <i>Qualea multiflora</i> Mart.                                  |   | 0   | 1   | I  | NZ   | INT |

continua

Tabela 1 (continuação)

| Espécie   | P | R  | N   | TS | DISP | TUS |
|---|---|----|-----|----|------|-----|
| <i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez                            |   | 2  | 18  | T  | Z    | PRE |
| <i>Roupala montana</i> Aubl.                                    |   | 0  | 8   | T  | NZ   | IND |
| <i>Sapium obovatum</i> Klotzsch ex Müll. Arg                    |   | 1  | 0   | I  | Z    | PRE |
| <i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schltdl) Frodin & Fiaschi     |   | 0  | 6   | I  | Z    | INT |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi                           | X |    |     |    | Z    |     |
| <i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.                         |   | 1  | 0   | T  | NZ   | PRE |
| <i>Senna rugosa</i> (G.Don) H.S. Irwin & Barneby                |   | 0  | 2   | I  | NZ   | IND |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.                                |   | 4  | 112 | T  | Z    | IND |
| <i>Solanum pseudoquina</i> A.St. -Hil.                          |   | 1  | 1   | I  | Z    | PRE |
| <i>Styrax camporum</i> Pohl                                     |   | 1  | 0   | I  | Z    | IND |
| <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman                   |   | 4  | 1   | T  | Z    | IND |
| <i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth.                   |   | 0  | 1   |    | Z    |     |
| <i>Symplocos revoluta</i> Casar.                                |   | 0  | 1   | I  | Z    | IND |
| <i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels                              | X | 2  | 0   |    | Z    |     |
| <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore | X |    |     |    |      |     |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                                | X | 20 | 19  | T  | Z    | PRE |
| <i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.                       | X |    |     |    | NZ   |     |
| <i>Tocoyena formosa</i> (Cham.& Schltdl.) K.Schum.              |   | 2  | 0   | I  | Z    | IND |
| <i>Vochysia tucanorum</i> Mart.                                 |   | 0  | 5   | I  | NZ   | IND |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.                           |   | 74 | 24  | I  | Z    | INT |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.                              |   | 0  | 1   | T  | Z    | INT |

Análise de dados – Como variável representativa da estrutura das comunidades, comparamos a densidade de indivíduos e o número de espécies amostradas em regeneração por parcela entre as áreas em restauração e referência, utilizando teste *t* de Student ( $\alpha = 0,05$ ). Para comparar a riqueza das duas comunidades (plântio de restauração e referência) foram geradas curvas de rarefação, conforme recomendado por Magurran (2004). Utilizamos o programa EstimateS 7.5 (Colwell 2005), adotando o método de rarefação por reamostragem e gerando curvas de acumulação de espécies em função do número de indivíduos amostrados. Utilizamos a riqueza rarefeita para 750 indivíduos, aproximando-se da menor amostra, de forma a possibilitar a comparação da riqueza de espécies entre as duas comunidades pela eliminação da diferença de esforço amostral (Gotelli & Colwell 2001, Magurran 2004).

As comparações das proporções de espécies em regeneração por síndrome de dispersão, tolerância à sombra e preferências quanto à umidade do solo entre o plântio de restauração e a área de referência foram realizadas pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney, excluindo-se das análises espécies

sobre as quais não foi possível obter informações seguras.

Adicionalmente, comparamos a composição florística pelo índice de similaridade de Jaccard - ISj (Müller-Dombois & Ellenberg 1974) entre três conjuntos de dados: mata ciliar nativa, comunidade em regeneração sob a floresta em restauração e o conjunto de espécies plantadas, para verificar se o que se regenera sob o dossel é determinado pelo que se planta ou se as fontes externas de propágulos remanescentes na paisagem é que dirigem a sucessão. Apresentamos, em valores percentuais, as proporções de espécies e indivíduos em regeneração pela origem dos propágulos, se oriundos das espécies plantadas ou de outras fontes de propágulos da vizinhança, para ilustrar a contribuição comparativa de ambas as fontes possíveis para a comunidade em restauração.

## Resultados

Foram amostrados 799 indivíduos (39.950 ind. ha<sup>-1</sup>) de espécies arbustivas ou arbóreas no subosque da mata ciliar nativa, pertencentes a 59 espécies. Sob a mata ciliar em restauração foram amostrados 1137 indivíduos (12.494 indivíduos ha<sup>-1</sup>), pertencentes



a 53 espécies (tabela 1). Dos indivíduos amostrados em regeneração sob a mata ciliar em restauração, 74% pertenciam a espécies que não foram plantadas (85% das espécies). *Siparuna guianensis*, *Ocotea corymbosa*, *Pera glabrata* e *Myrcia guianensis* foram as espécies com maiores números de indivíduos na mata ciliar nativa, correspondendo a 44,1% do total de regenerantes amostrados nesta área. Essas quatro espécies são tolerantes à sombra, com dispersão zoocórica e indiferentes à umidade do solo (Durigan *et al.* 2004, Almeida-Neto *et al.* 2008). Na mata ciliar em restauração, as espécies mais abundantes em regeneração natural foram, em ordem decrescente, *Ocotea corymbosa* (não plantada), *Inga vera* (plantada), *Anadenanthera* sp. (plantada) e *Xylopia aromatica* (não plantada), correspondendo a 68,6% do total de plantas amostradas.

A densidade de regenerantes na comunidade arbórea do ecossistema de referência ultrapassou o triplo da mata ciliar em restauração (tabela 2). Resultado semelhante foi observado para o número de espécies regenerantes por unidade amostral (10 m<sup>2</sup>), que na mata nativa foi correspondente a quatro vezes a registrada nas parcelas da comunidade em restauração (tabela 2). A riqueza rarefeita para 750 indivíduos (figura 3), que permite inferências sobre a diversidade das comunidades (Magurran 2004), também foi maior no ecossistema de referência (58 espécies) do que na mata ciliar em restauração (46 espécies).

A comunidade arbórea em regeneração apresentou índice de similaridade de Jaccard de 24% com a mata nativa e 10% com o conjunto de espécies plantadas.

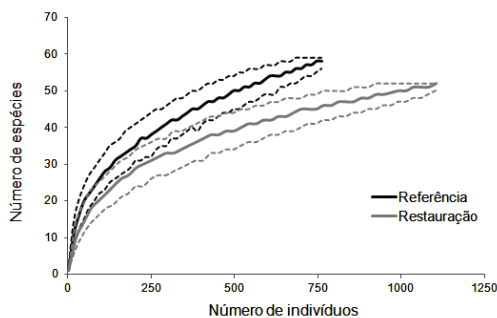


Figura 3. Curvas de rarefação da riqueza de espécies arbóreas em regeneração em mata ciliar em restauração e em mata ciliar nativa (referência), Assis, SP, Brasil. Linhas tracejadas delimitam os intervalos de confiança.

Figure 3. Rarefaction curves of tree species richness in the understory of a riparian forest undergoing restoration and a native riparian forest (reference), Assis, São Paulo State, Brazil. Dashed lines delimit the confidence intervals.

A comunidade arbórea no ecossistema de referência apresentou maior proporção de espécies zoocóricas que a mata ciliar em restauração, mas as proporções de espécies não zoocóricas não diferiram entre as duas comunidades (tabela 3). A proporção de espécies tolerantes à sombra foi maior na floresta nativa do que na área em restauração, mas não houve diferença na proporção de espécies intolerantes à sombra entre as duas áreas (tabela 3). Com relação à adaptação às condições de umidade do solo, foi observada maior proporção de espécies regenerantes indiferentes à umidade do solo na área referência. As proporções de espécies regenerantes intolerantes a ambientes úmidos e preferenciais de solos úmidos não diferiram entre as duas áreas (tabela 3).

## Discussão

A comunidade arbórea em restauração que foi objeto do presente estudo apresenta estrato regenerante com densidade muito inferior à observada no ecossistema de referência, o que resultou em número de espécies por parcela igualmente baixo. Se mantido o ritmo de ingresso de novas plantas na comunidade, observado desde o plantio até dez anos, a comunidade em restauração levará 33 anos para igualar a densidade de plantas lenhosas em regeneração observada na mata ciliar nativa. O número de espécies em regeneração na área amostrada como um todo está se recuperando relativamente mais rápido do que a densidade. Se equiparado o número de plantas amostradas para possibilitar a comparação (riqueza rarefeita para 750 indivíduos), o nível de riqueza da mata ciliar em restauração, aos dez anos, equivale a 79% da riqueza encontrada na mata ciliar nativa. A composição florística dos dois ecossistemas ainda é distinta (apenas 24% das espécies são comuns às duas áreas), mas a similaridade, calculada pelo índice de Jaccard, está muito próxima do limiar a partir do qual duas comunidades são consideradas floristicamente semelhantes (25%, segundo Müller-Dombois & Ellenberg 1974). Por outro lado, a comunidade em regeneração é muito distinta floristicamente do conjunto de espécies plantadas, das quais apenas oito foram amostradas em regeneração, as demais (45) sendo oriundas de fontes de propágulos da vizinhança (conjunto regional de espécies).

Avaliar, precisamente, os resultados obtidos em comparação com outros estudos não é possível, uma vez que os critérios de inclusão e o número de plantas amostradas são diferentes, dificultando as



Tabela 2. Densidade, número de espécies lenhosas em regeneração natural por parcela, número total de espécies amostradas e riqueza rarefeita para 750 indivíduos, em plantio de restauração de mata ciliar e em ecossistema de referência, Assis, SP, Brasil. SE: erro padrão.

Table 2. Density, number of woody species in natural regeneration per plot, total number of species recorded, and rarefied richness for 750 individuals sampled in a native (Referência) and a planted (Restauração) riparian forest at Assis, São Paulo State, Brazil. SE: standard error.

|             | Densidade<br>(plantas ha <sup>-1</sup> ) |       | Nº de espécies<br>por parcela |     | Total de espécies<br>amostradas | Riqueza Rarefeita |
|-------------|--|-------|-------------------------------|-----|---------------------------------|-------------------|
|             | Média                                    | SE    | Média                         | SE  |                                 |                   |
| Referência  | 39.950                                   | 2.240 | 16                            | 0,6 | 59                              | 58                |
| Restauração | 12.494                                   | 1.159 | 4                             | 0,3 | 52                              | 46                |
| <i>t</i>    | -10,217                                  |       | -19,472                       |     |                                 |                   |
| <i>p</i>    | < 0,0001                                 |       | < 0,0001                      |     |                                 |                   |

comparações de densidade e riqueza, respectivamente. Em plantios de restauração de mata ciliar em regiões de floresta estacional semidecidual no oeste do Estado de São Paulo, adotando 50 cm de altura como critério de inclusão, foram registradas densidades desde 3.448 plantas ha<sup>-1</sup>, pertencentes a 14 espécies (Souza & Batista 2004, aos nove anos, no Pontal do Paranapanema) até 9.700 plantas ha<sup>-1</sup>, pertencentes a 25 espécies (Silveira & Durigan 2004, aos dez anos, em Tarumã, SP). Os autores consideraram que a idade do reflorestamento e as dificuldades para entrada de propágulos nas áreas em restauração foram os principais condicionantes do desenvolvimento lento em densidade do estrato regenerante.

Do ponto de vista de riqueza, o que se verifica é que o número de espécies amostradas neste estudo foi muito superior às matas ciliares em restauração em região de floresta estacional semidecidual. O resultado obtido parece seguir um padrão de alta riqueza que vem sendo registrado sob plantios de restauração em região de Cerrado. Modna *et al.* (2010) estudaram a regeneração natural sob plantio de *Pinus elliottii* como facilitadora da regeneração natural de mata ciliar em região de Cerrado e amostraram 59 espécies lenhosas, aos 11 anos após o plantio. Santos *et al.* (2007) amostraram, no total, 88 espécies nativas em regeneração, sob diversos modelos de plantio de mata ciliar, aos 17 anos. Esses valores são elevados, se considerarmos a riqueza de 89 espécies vegetais amostradas por Durigan & Leitão Filho (1995) em mata ciliar madura em região de Cerrado.

Mesmo que ressalvadas as diferenças nos critérios de inclusão utilizados em cada um dos estudos citados, constata-se que a idade dos plantios de restauração é determinante para a evolução tanto da riqueza quanto da densidade da comunidade regenerante (Melo & Durigan 2007). Ainda que outras variáveis, como

as diferenças nas condições do solo (Parrotta *et al.* 1997), a intensidade e qualidade das inter-relações flora-fauna nas áreas em restauração (Robinson & Handel 1993, Wunderle Jr. 1997, Reis *et al.* 1999) e a conectividade da paisagem (Metzger 1999) possam influenciar tais resultados, aparentemente o tempo é um forte determinante para que sejam recuperados os processos de chegada e estabelecimento de novas espécies nas áreas restauradas.

A presença de fontes de propágulos na paisagem, como fragmentos de vegetação ripária nativa ou de cerrado, certamente foi fundamental para a dispersão de sementes e a chegada de novas espécies à área restaurada que foi objeto deste estudo. Aparentemente, não há filtros restritivos à chegada de espécies, relacionados à distância das fontes de propágulos. O fato de que a proporção de espécies zoocóricas em regeneração é inferior à observada na mata ciliar nativa e que as espécies mais abundantes em regeneração na área de referência são zoocóricas pode estar associado à idade do plantio de restauração e à atividade da fauna, que pode ser maior na mata nativa que na área em restauração. Mas pode ser também decorrente de obstáculos para a dispersão e estabelecimento de espécies não zoocóricas. Todavia, ainda que estejam presentes em proporção inferior à da mata nativa, a maioria das plantas regenerantes na área restaurada tem dispersão zoocórica. Ferreira *et al.* (2010), em avaliação da regeneração natural em área em restauração de aproximadamente 13 anos de idade, também observaram a predominância de espécies zoocóricas na regeneração natural (62,5%), o que é esperado em florestas tropicais maduras (Silva 2006) ou secundárias (Liebsch *et al.* 2008). A zoocoria é a forma de dispersão mais frequente em florestas tropicais (Reis & Kageyama 2008). Tabarelli & Mantovani (1999), em estudo sobre a regeneração

Tabela 3. Comparação da proporção de espécies regenerantes (%) na mata ciliar em restauração (Restauração) e em mata ciliar nativa (Referência), no município de Assis, SP, Brasil, de acordo com atributos funcionais das espécies. SE: desvio padrão; *U*: valor do teste de Mann-Whitney. \*diferenças significativas (teste de Mann-Whitney - *U*-test,  $p < 0,05$ ).

Table 3. Comparison of the proportion of regenerating species (%) in a riparian forest undergoing restoration (Restauração) and a native forest (Referência), at Assis, São Paulo State, Brazil, according to the functional attributes of the species. SE: standard deviation; *U*: value of Mann-Whitney test. \*significant differences (Mann-Whitney test, (Mann-Whitney - *U*-test,  $p < 0.05$ ).

| Atributo funcional (categorias) | Restauração |    | Referência |    | <i>U</i> | <i>p</i> |
|---------------------------------|-------------|----|------------|----|----------|----------|
|                                 | média       | SE | média      | SE |          |          |
| Dispersão não zoocórica         | 22          | 3  | 8          | 1  | 717,0    | 0,1387   |
| Dispersão zoocórica             | 71          | 3  | 92         | 1  | 609,0    | 0,0209*  |
| Tolerante à sombra              | 59          | 4  | 83         | 2  | 689,5    | 0,0096*  |
| Intolerante à sombra            | 35          | 3  | 17         | 2  | 572,5    | 0,0907   |
| Indiferente à umidade do solo   | 56          | 3  | 69         | 2  | 628,5    | 0,0308*  |
| Intolerante à umidade do solo   | 16          | 3  | 11         | 1  | 751,5    | 0,2239   |
| Preferencial de solos úmidos    | 16          | 2  | 16         | 2  | 761,0    | 0,2529   |

natural em Floresta Ombrófila Densa, em trechos de florestas secundárias de 10, 18 e 40 anos, observaram que as proporções de espécies zoocóricas e tolerantes à sombra aumentaram durante o processo de sucessão. É de se esperar, portanto, que essas proporções aumentem na área restaurada ao longo do tempo, até equiparar-se à mata nativa.

A proporção de espécies tolerantes à sombra foi maior no ecossistema de referência do que sob a mata ciliar em restauração. As espécies com maior número de indivíduos amostrados na área de referência são tolerantes à sombra, enquanto na área em restauração elas se distribuem entre tolerantes e intolerantes, indicando que a comunidade em restauração encontra-se em etapa sucessional intermediária. Como observado por Oliveira & Felfili (2005), em mata de galeria no Distrito Federal, durante a sucessão há o fechamento gradual do dossel, que resulta em elevação da mortalidade de espécies que necessitam de luz e aumento nas populações de espécies tolerantes à sombra.

Com relação à adaptação às condições de umidade do solo, a proporção de espécies em regeneração cuja ocorrência pode ser limitada por esse filtro ambiental (exclusivas de ambientes úmidos ou intolerantes a esses ambientes) não se diferenciou entre a mata ciliar em restauração e a mata nativa. Pode-se considerar que este filtro, que se relaciona com o estabelecimento e não com a chegada das espécies e independe de estágio sucessional, faz com que a área restaurada se iguale à referência desde o início da sua construção, sendo um forte determinante da composição funcional do ecossistema em restauração.

Aos dez anos após o plantio, pode-se prever que algumas características do ecossistema de referência relativas à comunidade arbustivo-arbórea são recuperáveis pela ação de restauração em tempo relativamente curto (nível de riqueza e proporção de espécies pela preferência por ambientes quanto à umidade do solo), e outras em longo prazo (densidade de regenerantes, proporções de espécies pela tolerância à sombra ou síndrome de dispersão). Uma análise preliminar desses resultados poderia levar à conclusão de que estão equivocados os autores que consideram o ecossistema de referência uma meta inatingível (Ehrenfeld 2000, Choi 2007, Hobbs 2007). No entanto, não se pode prever ainda a trajetória da mata ciliar em restauração que foi objeto deste estudo para outras formas de vida e nem para processos ecológicos complexos que não foram avaliados. Assim, é mais sensato afirmar que os atributos do ecossistema de referência podem ser parcialmente recuperados, conforme tem sido observado em outras regiões do mundo (Rey Benayas *et al.* 2009, Suding 2011, Maron *et al.* 2012).

Por outro lado, assim como demonstrado em outros estudos sobre florestas em restauração (Pulitano *et al.* 2004, Santos *et al.* 2007, Miranda-Neto *et al.* 2012), verifica-se que o conjunto de espécies plantadas não determina a composição florística futura da mata ciliar em restauração, uma vez que o estrato regenerante, que irá compor o dossel no futuro, é formado predominantemente por espécies provenientes de fontes externas. Esta observação reforça o argumento de Durigan *et al.* (2010), de que o que se planta exerce menor influência sobre a dinâmica das comunidades em restauração do que

as fontes de propágulos remanescentes na paisagem. O enriquecimento gradual dos ecossistemas em restauração se faz pela entrada de novas espécies animais e vegetais, que depende de uma série de fatores internos (competição, predação, facilitação) e externos (fluxos na paisagem, conjunto regional de espécies, distúrbios), que podem resultar em comunidades diferentes em termos de composição e estrutura (Suding & Hobbs 2009).

A mata ciliar em restauração que foi objeto deste estudo está longe de atender aos atributos esperados de um ecossistema restaurado, segundo os princípios da SER (2004). Embora exista um dossel formado pelas árvores plantadas, a comunidade em restauração apresenta subosque com diversidade inferior à do ecossistema de referência; as proporções de alguns atributos funcionais diferem da mata nativa; e a capacidade de reprodução das populações locais parece limitada, uma vez que a densidade do subosque levará muito tempo para assemelhar-se ao ecossistema natural. Além disso, as funções normais de desenvolvimento da comunidade, a capacidade de suportar períodos de estresse e a autossustentabilidade só foram avaliadas com base na regeneração natural da comunidade arbustivo-arbórea, que se regenera de modo lento, mas progressivo. Outros componentes da biodiversidade e processos ecossistêmicos não foram avaliados e podem estar se recuperando ainda mais lentamente. No entanto, as plantas que estão se regenerando e vão formar o dossel no futuro são, predominantemente, de espécies nativas da região; e o ecossistema em restauração mantém relação aparentemente equilibrada com a paisagem onde está inserido, sem influência de potenciais distúrbios externos. A questão que se coloca é: formar uma floresta com estrutura e composição semelhantes às das matas nativas é possível? Se isso for possível apenas em um tempo muito longo, é aceitável que essa seja a meta a ser aferida para um projeto de restauração? A nosso ver, a resposta é não. Seria mais sensato estabelecer metas intermediárias factíveis para prazos mais curtos, mas que fossem indicativas de trajetória previsível para o resultado desejável em longo prazo. Os processos de construção de uma floresta por sucessão secundária são distintos de um plantio de restauração e isso precisa ser considerado.

O conjunto de espécies plantadas tem exercido influência proporcionalmente muito menor sobre a composição florística da comunidade em restauração do que as fontes de propágulos remanescentes na paisagem regional. Considerando que a paisagem local

representa a realidade de muitas regiões no Brasil, essa observação deve ser incorporada no planejamento das ações de restauração. A contribuição relativa de espécies plantadas ou das fontes de propágulos remanescentes pode ser diferente em paisagens extremamente fragmentadas. Todavia, ainda está por ser determinado pela ciência o limiar de isolamento a partir do qual os processos de dispersão se tornariam inviáveis, de modo que o conjunto de espécies plantadas poderia, teoricamente, nortear a sucessão.

### Agradecimentos

A Viviane Soares Ramos, pela preparação das figuras; ao Instituto Florestal, por proporcionar os meios para a realização deste estudo; à Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo - FAPESP, pela bolsa de mestrado concedida a C.D. (Processo 2010/12694-9); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de produtividade em pesquisa a G.D. (Processo 303402/2012-1).

### Literatura citada

- Abreu, R.C.R., Assis, G.B., Frison, S., Aguirre, A. & Durigan, G.** 2011. Can native vegetation recover after slash pine cultivation in the Brazilian Savanna? *Forest Ecology and Management* 262: 1452-1459.
- Almeida-Neto, M., Campassi, F., Galetti, M., Jordano, P. & Oliveira-Filho, A.** 2008. Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic forest: abroad-scale patterns and macroecological correlates. *Global Ecology and Biogeography* 17: 503-513.
- Approbato, A.U. & Godoy, S.A.P.** 2006. Levantamento de diásporos em área de Cerrado no município de Luiz Antônio, SP. *Hoehnea* 33: 385-401.
- Aronson, J.** 2010. What can and should be legalized in ecological restoration? *Revista Árvore* 34: 451-454.
- Aronson, J., Brancalion, P.H.S., Durigan, G., Rodrigues, R.R., Engel, V.L., Tabarelli, M., Torezan, J.M.D., Gandolfi, S., Melo, A.C.G., Kageyama, P.Y., Marques, M.C.M., Nave, A.G., Martins, S.V., Gandara, F.B., Reis, A., Barbosa, L.M. & Scarano, F.R.** 2011. What role should government regulation play in ecological restoration? Ongoing debate in São Paulo State, Brazil. *Restoration Ecology* 19: 690-695.
- Aronson, J., Dhillon, S. & Le Floch, E.** 1995. On the need to select an ecosystem of reference, however imperfect: a reply to Pickett and Parker. *Restoration Ecology* 3: 1-3.
- Batalha, M. & Mantovani, W.** 2000. Phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and wood floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60: 129-145.



- Brancalion, P.H.S., Rodrigues, R.R., Gandolfi, S., Kageyama, P.Y., Nave, A.G., Gandara, F.B., Barbosa, L.M. & Tabarelli, M.** 2010. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore* 34: 455-470.
- Brockerhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Quine, C.P. & Sayer, J.** 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation* 17: 925-951.
- Choi, Y. D.** 2007. Restoration ecology to the future: A call for new paradigm. *Restoration Ecology* 15: 351-353.
- Colwell, R.K.** 2005. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. User's Guide and application. Version 7.5. <http://purl.oclc.org/estimates> (acesso em 13.10.2012).
- Durigan, G.** 2011. O uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação. *Cadernos da Mata Ciliar* 4: 11-13.
- Durigan, G. & Leitão Filho, H.F.** 1995. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. *Revista do Instituto Florestal* 7: 197-239.
- Durigan, G. & Silveira, E.** 1999. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. *Scientia Forestalis* 56: 135-144.
- Durigan, G. & Melo, A.C.G.** 2011. Panorama das políticas públicas e pesquisas em restauração ecológica no estado de São Paulo, Brazil. *In: Figueroa, E. (ed.). Conservación de la biodiversidad en las américas: lecciones y recomendaciones de política.* Universidad de Chile, Santiago, pp. 355-387.
- Durigan, G. & Engel, V.L.** 2012. Restauração de Ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir? *In: Martins, S.V. (ed.). Restauração ecológica de ecossistemas degradados.* Editora UFV, Viçosa, pp.1-23.
- Durigan, G., Siqueira, M.F., Franco, G.A.D.C. & Contieri, W.A.** 2004. A flora arbustivo-arbórea do Médio Paranapanema: base para a restauração dos ecossistemas naturais. *In: O.V. Bôas & G. Durigan (orgs.). Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão.* Páginas & Letras Editora e Gráfica, São Paulo, pp. 199-239.
- Durigan, G., Engel, V.L., Torezan, J.M., Melo, A.C.G., Marques, M.C.M., Martins, S.V., Reis, A. & Scarano, F.R.** 2010. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas. *Revista Árvore* 34: 471-485.
- Ehrenfeld, J.G.** 2000. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Restoration Ecology* 8: 2-9.
- EMBRAPA.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Produção de Informação, Brasília; Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- Engel, V.L. & Parrotta, J.A.** 2008. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. *In: P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel & F.B. Gandara (orgs).* Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF, Botucatu, pp.1-26.
- Felfili, J.M., Fagg, C.W. & Pinto, J.R.R.** 2005. Modelo nativas do bioma: stepping stones na formação de corredores ecológicos pela recuperação de áreas degradadas no Cerrado. *In: M.B. Arruda (org.). Gestão integrada de ecossistemas aplicada a corredores ecológicos.* IBAMA, Brasília, pp. 187-209.
- Felfili, J.M., Fagg, C.W. & Pinto, J.R.R.** 2008. Recuperação de áreas degradadas no Cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável da reserva legal. *In: J.M. Felfili, J.C. Sampaio, & C.R.M.A. Correia (orgs).* Bases para a Recuperação de Áreas Degradadas na Bacia do São Francisco. Universidade de Brasília, Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas, Brasília, pp. 17-26.
- Ferreira, W.C, Botelho, S.A., Davide, A.C., Faria, J.M.R. & Ferreira, D.F.** 2010. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Revista Árvore* 34: 651-660.
- Google Earth 6.2.** <http://earth.google.com/> (acesso em 20.10.2012).
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K.** 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.
- Hobbs, R.J.** 2007. Setting effective and realistic restoration goals: key directions for research. *Restoration Ecology* 15: 354-357.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.** 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Manuais Técnicos em Geociências n.1 IBGE, Rio de Janeiro.
- Liebsch, D.R., Goldenberg, M.C. & Marques, M.C.M.** 2008. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21: 983-992.
- Magnago, L.F.S., Martins, S.V., Venzke, T.S. & Ivanauskas, N.M.** 2012. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para restauração florestal. *In: S.V. Martins (org.). Restauração ecológica de ecossistemas degradados.* Editora UFV, Viçosa, pp. 69-100.
- Magurran, A.** 2004. *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Publishing, London, pp. 1-256.
- Mantovani, W. & Martins, F.R.** 1993. Florística do Cerrado na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, SP. *Acta Botânica Brasilica* 7: 33-60.

- Maron, M., Hobbs, R.J., Moilanen, A., Matthews, J.W., Christie, K., Gardner, T.A., Keith, D.A., Lindenmayer, D.B. & McAlpine, C.A.** 2012. Faustian bargains? Restoration realities in the context of biodiversity offset policies. *Biological Conservation* 155: 141-148.
- Melo, A.C.G. & Durigan, G.** 2007. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. *Scientia Forestalis* 7: 101-111.
- Melo, A.C.G., Durigan, G. & Kawabata, M.** 2004. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em área de Cerrado, Assis - SP. *In: O.V. Bôas & G. Durigan (orgs).* Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão. Páginas & Letras Editora e Gráfica, São Paulo, pp. 315-324.
- Metzger, J.P.** 1999. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 71: 445-463.
- Miranda Neto, A., Martins, S.V., Silva, K.A. & Gleriani, J.M.** 2012. Florística e estrutura do estrato arbustivo-arbóreo de uma floresta restaurada de 40 anos, Viçosa, MG. *Revista Árvore* 36: 869-878.
- Modna, D., Durigan, G. & Vital, M.V.C.** 2010. *Pinus elliottii* Engelm como facilitador da regeneração natural da mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. *Scientia Forestalis* 38: 73-83.
- Müller-Dombois, D. & Ellenberg, H.** Aims and methods of vegetation ecology. 1974. John Wiley and Sons, New York, pp. 1-547.
- Oliveira, E.C.L. & Felfili, J.M.** 2005. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria do Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19: 801-811.
- Parrotta, J.A., Knowles, O. H. & Wunderle Jr., J.M.** 1997. Development of floristic diversity in 10 year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management* 99: 21-42.
- Pinheiro, E.S. & Durigan, G.** 2009. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32: 441-454.
- Pulitano, F.M., Durigan, G. & Dias, L.E.** 2004. A mata ciliar da Fazenda Cananéia: estrutura e composição florística em dois setores com idades diferentes. *In: O.V. Bôas & G. Durigan (orgs).* Pesquisa em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão. Páginas & Letras Editora e Gráfica, São Paulo, pp. 419-445.
- Reis, A. & Kageyama, P.Y.** 2008. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. *In: P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel & F.B. Gandara (orgs).* Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF, Botucatu, pp. 91-110.
- Reis, A., Zambonim, R.M. & Nakazono, E.M.** 1999. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta animal. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, São Paulo, pp. 1-42.
- Benayas, J.M.R., Newton, A.C., Diaz, A. & Bullock, J.M.** 2009. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. *Science* 325: 1121-1124.
- Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T.** 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In: S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds).* Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 151-212.
- Robinson, G.R. & Handel, S.N.** 1993. Forest restoration on a closed landfill: rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology* 7: 271-278.
- Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S. & Nave, A.G.** 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142: 1242-1255.
- Ruiz-Jaén, M.C. & Aide, T.M.** 2005. Restoration success: How is it being measured? *Restoration Ecology* 13: 569-577.
- Sampaio, J.C., Felfili, J.M., Pinto, J.R.R. & Fagg, C.W.** 2008. Síntese de experiências em recuperação de áreas degradadas com espécies arbóreas nativas do bioma Cerrado. 2008. *In: J.M. Felfili, J.C. Sampaio & C.R.M.A. Correia (orgs).* Bases para a Recuperação de Áreas Degradadas na Bacia do São Francisco. Universidade de Brasília, Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas, Brasília, pp. 27-39.
- Santos, F.F.M., Melo, A.C.G. & Durigan, G.** 2007. Regeneração natural sob diferentes modelos de plantio de mata ciliar em região de cerrado no município de Assis, SP. *IF Série Registros* 31: 225-228.
- SER - Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group.** 2004. The SER primer in ecological restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, v.2, pp. 1-15.
- Silva, F.A.** 2006. Dispersão de sementes no Parque Estadual Mata dos Godoy. *In: J.M.D. Torezan (org.).* Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy. ITEDES, Londrina, pp. 43-47.
- Silveira, E.R. & Durigan, G.** 2004. Recuperação de matas ciliares: estrutura da floresta e regeneração natural aos 10 anos em diferentes modelos de plantio na Fazenda Canaçu, Tarumã, SP. *In: O.V. Bôas & G. Durigan (orgs.).* Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão. Páginas e Letras, São Paulo, pp. 347-370.
- Souza, F.M. & Batista, J.L.F.** 2004. Restoration of seasonal Semideciduous Forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. *Forest Ecology and Management* 191: 185-200.

- Suding, K.N.** 2011. Toward an Era of Restoration in Ecology: Successes, Failures and Opportunities Ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 42: 465-487.
- Suding, K.N. & Hobbs, R.J.** 2009. Models of ecosystem dynamics as frameworks for restoration ecology. *In*: R.J. Hobbs & K.N. Suding. *New Models for Ecosystem Dynamics and Restoration*. Island Press, Copyright, pp. 3-21.
- Tabarelli, M. & Mantovani, W.** 1999. A regeneração de uma floresta tropical Montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). *Revista Brasileira de Biologia* 59: 239-250.
- Viani, R.A.G., Durigan, G. & Melo, A.C.G.** 2010. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? *Ciência Florestal* 20: 533-552.
- White, P.S. & Walker, J.L.** 1997. Approximating nature's variation: selecting and using reference information in restoration ecology. *Restoration Ecology* 5: 338-349.
- Wunderle Jr., J.M.** 1997. The role of seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99: 223-235.