

## A REGENERAÇÃO NATURAL SOB PLANTAÇÕES FLORESTAIS: DESERTOS VERDES OU REDUTOS DE BIODIVERSIDADE?

### NATURAL REGENERATION UNDER FOREST PLANTATIONS: "GREEN DESERTS" OR MILIEU FOR BIODIVERSITY?

Ricardo Augusto Gorne Viani<sup>1</sup> Giselda Durigan<sup>2</sup> Antônio Carlos Galvão de Melo<sup>3</sup>

#### RESUMO

Se, por um lado, plantios florestais comerciais têm sido apontados como “desertos verdes”, por outro, diversos estudos realizados nas últimas duas décadas demonstram o contrário, sugerindo que tais florestas podem catalisar a regeneração natural em seu sub-bosque e, assim, contribuir para a conservação da biodiversidade. Com a finalidade de obter uma visão ampla e multifacetada sobre as plantações florestais e seu potencial para a conservação e a restauração da diversidade biológica, efetuou-se a compilação dos principais resultados de estudos que tratam da regeneração natural sob plantios florestais, com destaque para os realizados no Brasil. Os resultados compilados são bastante heterogêneos, indicando que fatores históricos e ambientais, como densidade de copas e disponibilidade de luz no sub-bosque, idade do plantio, espécie florestal plantada, distância de remanescentes de vegetação nativa, manejo das florestas plantadas e histórico de utilização da área influenciam direta ou indiretamente a riqueza, a densidade e a estrutura da regeneração natural sob os plantios. No entanto, inevitavelmente, os estudos investigados reforçam a idéia de que plantios florestais comerciais podem funcionar como redutos da biodiversidade, ao menos para alguns grupos de seres vivos, e também como facilitadores da restauração ecológica de florestas nativas. Com relação ao Brasil, conclui-se que, embora abundantes, os estudos já feitos concentram-se em determinadas regiões e biomas e são, em sua maioria, descritivos. É desejável, portanto, a realização de estudos que investiguem experimentalmente os fatores específicos que influenciam a dinâmica da regeneração natural sob os plantios e sistemas de manejo que proporcionem uma combinação ótima de produção e conservação da biodiversidade. É desejável ainda que esses estudos abranjam também outras regiões fitogeográficas do País, onde plantações florestais também são expressivas.

**Palavras-chave:** plantios florestais; regeneração natural; restauração ecológica; conservação da biodiversidade.

#### ABSTRACT

Although commercial forest plantations have been termed “green deserts”, several studies from the last two decades have reported the opposite. These studies suggest that forest plantations can catalyze the natural regeneration in their understory and, thus, contribute to biodiversity conservation. In order to obtain a wide and multi-faceted panorama of forest plantations and their potential contribution to biodiversity conservation and forest restoration, previous studies investigating natural regeneration under forest plantations have been reviewed, highlighting those carried out in Brazil. Methods and environmental conditions are quite variable among studies, making generalizations difficult. Nevertheless, results indicate that historical and environmental factors, such as canopy density and light availability, plantation age, forest species, distance from natural forests, silvicultural practices, and previous land use directly or indirectly affect natural regeneration richness, abundance and community structure under forest plantations. The reviewed studies, as a whole, reinforce the idea that commercial forest plantations can act as environments of biodiversity,

1. Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, CEP 13083-970, Campinas (SP). ragviani@yahoo.com.br
2. Engenheira Florestal, Dr<sup>a</sup>., Pesquisadora Científica, Floresta Estadual de Assis, Instituto Florestal, Caixa Postal 104, CEP 19802-970, Assis (SP). giselda@femanet.com.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Analista de Recursos Ambientais, Floresta Estadual de Assis, Instituto Florestal, Caixa Postal 104, CEP 19802-970, Assis (SP). acgmelo@gmail.com

Recebido para publicação em 11/08/2008 e aceito em 29/03/2010.

at least for some life forms, and, in addition, can facilitate the restoration of native forests. Although the Brazilian studies are abundant, they have been restricted to a few regions and biomes and are mostly descriptive studies. Experimental studies focusing on specific factors that affect the natural regeneration dynamic under forest plantations as well as on management techniques in order to combine high production and biodiversity conservation are desirable. Nonetheless, other biomes and regions rather than those already studied, where forest plantation is a common land use, should be considered.

**Keywords:** forest plantations; natural regeneration; ecological restoration; biodiversity conservation.

## INTRODUÇÃO

Plantações florestais comerciais, ocupando extensas áreas contínuas de monoculturas, têm sido, com relativa frequência, metaforicamente, denominadas pela mídia como “desertos verdes” e, como tais, alvo de inúmeras críticas, algumas delas analisadas por Lima (1996), o que usualmente desperta reações hostis, como se esta fosse a forma mais indesejável de uso da terra quando se busca a conservação da natureza.

Essa imagem se originou, possivelmente, da comparação equivocada dessas florestas plantadas com florestas nativas, em vez da comparação da silvicultura com outras monoculturas comerciais, como a de grãos ou a de cana-de-açúcar.

Estudos recentes sobre a regeneração natural de plantas nativas sob árvores exóticas e nativas cultivadas, porém, têm demonstrado que as plantações florestais são, muitas vezes, e em determinadas circunstâncias, redutos de biodiversidade. As implicações dessas descobertas conduzem à necessidade de se rever as plantações florestais e seu manejo pelo prisma de ciências contemporâneas, como a Biologia da Conservação, a Ecologia da Paisagem e a Ecologia da Restauração.

O desmatamento e a conversão das florestas nativas em áreas agrícolas continuam sendo executados em taxas alarmantes. Estima-se que a taxa mundial de desmatamento de florestas naturais para o período de 2000-2005 tenha sido de cerca de 13 milhões de hectares por ano. As florestas cobriam, em 2005, aproximadamente 30% da área total do planeta. Entretanto, apenas cerca de um terço desse percentual equivalia a florestas primárias (FAO, 2005). Além disso, as áreas com florestas concentram-se em algumas regiões do planeta, havendo mais de 60 países em que os valores de cobertura florestal não ultrapassam 10% da área total (FAO, 2005).

Boa parte das regiões tropicais que no passado estavam ocupadas por florestas hoje tem sua cobertura florestal natural altamente fragmentada e/ou restrita a pequenas porções de terra onde

a expansão agrícola ou urbana não foi possível (DI BITETTI *et al.*, 2003). Esse cenário causa preocupação não só pela possibilidade de perda de biodiversidade, com a extinção de muitas espécies, mas também porque acelera o processo erosivo, reduz a fertilidade dos solos e pode gerar, para as comunidades locais, impactos socioeconômicos negativos.

Por outro lado, é também crescente, em todos os continentes do planeta, a taxa com que florestas com fins comerciais têm sido plantadas. Somente no período de 2000-2005, a área dos plantios florestais aumentou cerca de 2,8 milhões de hectares por ano. Em 2005, as estimativas apontavam para cerca de 109 milhões de hectares ocupados com florestas plantadas, sobretudo para florestas voltadas à produção madeireira e/ou de fibras (FAO, 2005).

Plantios de espécies florestais exóticas e nativas com fins comerciais têm papel importante na composição da paisagem e da economia de muitas regiões do planeta (FAO, 2005). Tradicionalmente, o manejo desses plantios visava somente à maximização da produção, muito embora se conhecessem os possíveis benefícios dessa atividade com relação à conservação dos solos e de recursos hídricos (KEENAN *et al.*, 1997). Mais recentemente, além de serem reconhecidas como áreas produtivas, a preocupação cada vez maior com os efeitos da degradação das paisagens naturais e a tendência das leis ambientais se tornarem cada vez mais rigorosas têm levado as plantações florestais a serem investigadas quanto à capacidade de propiciarem a reabilitação e a restauração de áreas degradadas (KEENAN *et al.*, 1997; CAMUS *et al.*, 2006).

Áreas ocupadas com plantios florestais, quer pelas suas características de ciclo longo, quer pela aplicação reduzida de pesticidas, ou ainda pelo ambiente interno que propiciam, têm se mostrado ambientes mais permeáveis para a flora e a fauna do que áreas ocupadas com outras atividades agropecuárias que também ocupam áreas extensas, como pastagens ou monoculturas de grãos e cereais

(CARNEIRO, 2002; CAMUS *et al.*, 2006).

Plantações florestais promovem uma série de mudanças no ambiente, como alteração microclimática e da fertilidade do solo, supressão de gramíneas invasoras dominantes (MODNA 2010) e provimento de habitat para dispersores de sementes, culminando assim com a recolonização do sub-bosque por espécies nativas (PARROTTA *et al.*, 1997; CAMUS *et al.*, 2006). As espécies florestais plantadas desempenhariam, no sistema, o mesmo papel desempenhado por espécies pioneiras sob condições naturais (TABARELLI *et al.*, 1993; SILVA JÚNIOR *et al.*, 1995).

Nas duas últimas décadas, vários estudos têm demonstrado que plantios florestais podem ser catalisadores da sucessão secundária, facilitando a regeneração natural da vegetação nativa por meio do favorecimento da germinação e do estabelecimento de plântulas, do desenvolvimento de uma camada de serapilheira e húmus e do aumento da complexidade estrutural do habitat (LAMB, 1998; PARROTTA, 1999; ENGEL e PARROTTA, 2003; CARNEIRO e RODRIGUES, 2007).

Com a finalidade de obter uma visão ampla e multifacetada sobre as plantações florestais e seu potencial de contribuição para a conservação e restauração da diversidade biológica, efetuou-se a compilação dos principais resultados de estudos que tratam da regeneração natural sob plantios florestais, com destaque para os realizados no Brasil. Com base nesses estudos, são discutidos os principais fatores que interferem na riqueza, densidade e estrutura da regeneração natural sob os plantios. Discutem-se, ainda, linhas prioritárias de pesquisa que podem elucidar questões relevantes sobre o assunto e nortear o manejo das plantações florestais de modo a melhor conciliar a produção e a conservação da natureza.

## BREVE PANORAMA DOS ESTUDOS JÁ REALIZADOS EM OUTROS PAÍSES

Estudos investigativos sobre o efeito catalisador de plantios florestais sobre a regeneração florestal já foram realizados em diversos países, localizados em diferentes continentes e sob distintos climas e biomas, tais como Porto Rico (LUGO, 1992; PARROTTA, 1999), México (PÉREZ-SALICRUP *et al.*, 2006) e Havaí (HARRINGTON e EWEL, 1997) nas Américas; China (LEE *et al.*, 2005), Índia (SAHA, 2001), Sri Lanka (SHIBAYAMA *et al.*, 2006), Indonésia (OTSAMO,

2000) e Tailândia (OBERHAUSER, 1997; KOONKHUNTHOD *et al.*, 2007) na Ásia; Etiópia (SENBETA *et al.*, 2002; LEMENIH e TEKETAY, 2005), Zimbábue (TYYNELÄ, 2001), África do Sul (GELDENHUYS, 1997) e Uganda (CHAPMAN *et al.*, 2002) na África; e Austrália (KEENAN *et al.*, 1997) na Oceania, dentre muitos outros.

Também variável é a espécie florestal que tem sido alvo de investigações da regeneração natural em seu sub-bosque, com destaque para as espécies dos gêneros *Pinus* (LUGO, 1992; GELDENHUYS, 1997; KEENAN *et al.*, 1997; OBERHAUSER, 1997; ARÉVALO e FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2005; SHIBAYAMA *et al.*, 2006) e *Eucalyptus* (BONE *et al.*, 1997; GELDENHUYS, 1997; HARRINGTON e EWEL, 1997; PARROTTA, 1999; TYYNELÄ, 2001; SENBETA *et al.*, 2002; YIRDAW e LUUKKANEN, 2003; LEMENIH e TEKETAY, 2005), amplamente cultivadas em várias regiões do planeta e utilizadas para diversos fins comerciais.

Outras espécies florestais comerciais menos difundidas, mas com plantios concentrados em determinadas regiões, também vêm sendo estudadas com relação ao potencial catalisador da regeneração natural da vegetação nativa. Entre essas espécies, podem ser citadas *Tectona grandis* L. f. (SAHA, 2002), *Flindersia brayleyana* F. Muell. (HARRINGTON e EWEL, 1997; KEENAN *et al.*, 1997), *Araucaria cunninghamii* Aiton ex D. Don e *Toona ciliata* M. Roem. (KEENAN *et al.*, 1997), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit e *Casuarina equisetifolia* L. (PARROTTA, 1999) e espécies dos gêneros *Cupressus* (SENBETA *et al.*, 2002; LEMENIH e TEKETAY, 2005; PÉREZ-SALICRUP *et al.*, 2006) e *Acacia* (OTSAMO, 2000; LEE *et al.*, 2005), dentre muitas outras.

## DIAGNÓSTICO DOS ESTUDOS JÁ REALIZADOS NO BRASIL

O Brasil contém aproximadamente 5,2 milhões de hectares ocupados com plantios florestais, sendo o sétimo país em área ocupada com essa atividade produtiva (2,7% da área mundial) (FAO, 2005). No Brasil, as principais espécies florestais plantadas são, em ordem decrescente de área ocupada, eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e pinus (*Pinus* spp.), sendo os plantios, na maioria dos casos, voltados para o provimento de matéria-prima à indústria madeireira (ABRAF, 2008).

No Brasil, assim como em outras regiões

do mundo, as dificuldades técnicas em restaurar áreas muito degradadas, aliadas aos custos elevados da restauração com plantio de espécies nativas, têm gerado estudos investigativos com relação à capacidade de plantios puros com espécies exóticas serem catalisadores da sucessão florestal. Esses estudos iniciaram-se na década de 1990, sendo mais frequentemente estudados os plantios de espécies do gênero *Eucalyptus* (Tabela 1).

Embora haja plantios florestais comerciais em todas as regiões do País (ABRAF, 2008), observa-se que os estudos de avaliação da regeneração natural sob tais plantios se concentram na Região Sudeste, mais precisamente nos estados de Minas Gerais e São Paulo (Tabela 1), que são também estados que se destacam em relação à área destinada a produção florestal (ABRAF, 2008). Em virtude disso, quando se analisa a matriz vegetacional em que estudos de avaliação da regeneração natural sob plantios já foram realizados, observa-se que as formações investigadas correspondem basicamente àquelas com ocorrência na Região Sudeste do País — floresta ombrófila densa, floresta estacional semidecidual, cerrado e áreas de contato entre esses dois últimos tipos de vegetação (Tabela 1).

Além disso, é importante salientar que diferenças na riqueza e na densidade de regeneração natural apontadas nos trabalhos são decorrentes não apenas de diferentes potenciais de regeneração, mas também de variações no universo de amostragem (tamanho da área e critério de inclusão) e no esforço amostral empregado. A idade das árvores plantadas, a área total amostrada e o critério de inclusão dos indivíduos inventariados são bastante variáveis entre os estudos (Tabela 1), o que limita a comparação direta das comunidades em regeneração. Alguns estudos comparam a regeneração sob o plantio com a de florestas adjacentes, permitindo inferências sobre o efetivo potencial dos plantios como catalisadores da sucessão florestal local. Durigan *et al.* (1997), comparando a regeneração natural dos indivíduos em talhão de *Eucalyptus citriodora* dois anos após o corte raso, que ocorreu aos 20 anos, com remanescente de cerradão, livre de perturbações durante 22 anos, constataram que a densidade dos indivíduos e o número de espécies eram praticamente os mesmos para ambas as áreas, ressaltando que a diferença reside apenas do fato de que, no talhão de *E. citriodora*, os indivíduos regenerantes ainda eram jovens e de pequeno porte. Nas condições desse estudo, os autores concluíram que a vegetação de cerrado sob floresta de eucalipto

tem grande potencial de regeneração natural.

Tabarelli *et al.* (1993), avaliando a regeneração natural sob plantios de *Eucalyptus grandis* no Núcleo Santa Virgínia, São Paulo, encontraram 67 espécies (perímetro à altura do peito  $\geq 10$  cm), sendo 52,4% espécies típicas de sub-bosque. Além disso, ao comparar esses valores com os de uma floresta secundária inicial próxima e com a mesma idade, os autores observaram que o sub-bosque da floresta de *Eucalyptus grandis* possui, em algumas áreas, uma riqueza maior de espécies e grupos ecológicos, porém apresentando, na maioria dos casos, populações pouco expressivas.

Por fim, ainda considerando os estudos já realizados no Brasil, observa-se que a maior parte destes corresponde a investigações com objetivo principal de caracterizar florística e estruturalmente (riqueza e densidade) o estrato regenerante sob os plantios. Embora alguns estudos até discutam os fatores que influenciam e determinam a regeneração, identificar esses fatores não era o objetivo principal, não havendo desenhos experimentais e hipóteses testáveis com o objetivo focado na avaliação do papel de algum fator ambiental, manejo e/ou processo envolvido na dinâmica de regeneração natural sobre os plantios.

## PRINCIPAIS FATORES DETERMINANTES DA REGENERAÇÃO NATURAL EM PLANTIOS FLORESTAIS

O padrão de sucessão secundária no sub-bosque de plantios florestais homogêneos caracteriza-se por apresentar-se sob a forma de mosaico, onde a densidade e riqueza dos indivíduos regenerantes e a proporção destes, nos diferentes grupos ecológicos, variam significativamente no espaço, indo desde áreas sem regeneração arbórea até áreas onde há um conjunto diversificado de espécies em alta densidade, pertencentes aos diferentes grupos ecológicos (TABARELLI *et al.*, 1993).

Segundo Carneiro e Rodrigues (2007), há uma tendência da regeneração natural sob plantios apresentar distribuição espacial agregada, por causa (1) da dispersão das sementes de algumas espécies (barocórica, autocórica e zoocórica com dispersores ausentes) concentrada ao redor dos parentais; (2) da preferência das espécies por sítios com melhores níveis de fertilidade do solo e/ou de disponibilidade de água; e (3) da abertura de clareiras nos plantios, que propiciam a concentração

TABELA 1: Estudos da comunidade vegetal em regeneração natural sobre plantações florestais comerciais realizados no Brasil.

TABLE 1: Brazilian studies of plant communities in natural regeneration under commercial forest plantations.

Município	Autor <sup>1</sup>	Espécie investigada	Domínio Fitogeográfico	Uso anterior da terra	Idade <sup>2</sup> (anos)	Comp. floresta	Nº spp	Nº ind.	D (ind.ha <sup>-1</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Método e critério de inclusão
Assis-SP	1	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook	C	vegetação nativa	22(2)	Sim	25	275	1375	2000	P (DAP ≥ 5 cm)
Assis-SP	1	<i>Eucalyptus citriodora</i>	C	vegetação nativa	22(2)	Sim	49	ni	ni	2000	P (DAP ≤ 5 cm)
Assis-SP	2	<i>Pinus elliottii</i> Engelm. var. <i>elliottii</i>	C (zona ripária)	pastagem	11	Não	56	1276	4923	2592	P (h ≥ 0,5 m)
Assis-SP	3	<i>Pinus elliottii</i> var. <i>densa</i> Little & K.W. Dorman	C (zona ripária)	pastagem	17	Não	19	94	1790	525	P (h ≥ 0,5 m) <sup>4</sup>
Belo Oriente-MG	4	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	FES	vegetação nativa	ni	Não	48	1255	2413	5200	P (CAP ≥ 5 cm)
Belo Oriente-MG	4	<i>Eucalyptus paniculata</i> Sm.	FES	vegetação nativa	ni	Não	55	744	1431	5200	P (CAP ≥ 5 cm)
Bofete-SP	5	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	ni	19(9)	Não	42	199	3317	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete-SP	5	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	FES	ni	19(9)	Não	27	120	2000	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete-SP	5	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	13(7)	Não	15	70	1167	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete-SP	5	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	12(7)	Não	32	164	2733	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete-SP	5	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	24	Não	30	141	2350	600	P (h ≥ 1,5 m)
Bofete-SP	5	<i>Eucalyptus saligna</i>	FES	ni	31	Não	49	382	6366	600	P (h ≥ 1,5 m)
Cristal-RS	6	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	FES (zona ripária)	vegetação nativa	16	Não	26	169	1408	1200	P (CAP > 15 cm)
Cristal-RS	6	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	FES (zona ripária)	vegetação nativa	16	Não	49	649	49167	216	P (h ≥ 0,3 m, CAP > 15 cm)
Despacho-MG	7	<i>Eucalyptus grandis</i>	C	ni	28(10)	Não	39	ni	ni	3000	P (CAS > 10 cm)
Dionísio-MG	8	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	vegetação nativa	18(10)	Não	123	888	635	222 <sup>3</sup>	Q (CAP ≥ 5 cm)

Continua...

TABELA 1: Continuação...

TABLE 1: Continued...

Município	Autor <sup>1</sup>	Espécie investigada	Domínio Fitogeográfico	Uso anterior da terra	Idade <sup>2</sup> (anos)	Comp. floresta	Nº spp	Nº ind.	D (ind.ha <sup>-1</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Método e critério de inclusão
Itatinga-SP	9	<i>Eucalyptus saligna</i>	C/FES	ni	(3)	Não	104	1900	2794	6800	P (h ≥ 1,5 m)
Itatinga-SP	10	<i>Eucalyptus saligna</i>	C	ni	50(2)	Não	24	92	184	5000	P (h ≥ 1,5 m)
Itatinga-SP	10	<i>Eucalyptus saligna</i>	C/FES	ni	50(2)	Não	90	991	1982	5000	P (h ≥ 1,5 m)
Lavras-MG	11	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	pastagem	30	Não	33	ni	ni	325	P (h ≥ 0,1 m, CAP < 15 cm)
Luiz Antônio-SP	12	<i>Eucalyptus robusta</i> Sm.	FES (zona ripária)	abandonada	19	Sim	21	243	30375	80	P (h ≥ 0,1 m, DAP < 5,0)
Paraibuna-SP	13	<i>Eucalyptus</i> sp.	FES	ni	20	Não	67	549	15250	360	P <sup>5</sup>
Paraibuna-SP	13	<i>Eucalyptus</i> sp.	FES	ni	7(1)	Não	101	908	25222	360	P <sup>5</sup>
Paraibuna-SP	13	<i>Eucalyptus</i> sp.	FES	ni	7(1)	Não	58	832	23111	360	P <sup>5</sup>
Paraopeba-MG	14	<i>Eucalyptus</i> sp.	C	ni	30	Não	47	376	3.760	1000	P (h ≥ 1 m, CAS ≥ 10 cm)
Poços de Caldas-MG	15	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	ni	mineração	17	Não	77	1946	20.484	950	P (h ≥ 0,3 m)
Santa Maria-RS	16	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	ni	ni	ni	Não	25	425	2.214	1920	P (h ≥ 0,5 m, DAP < 30 cm)
São Bernardo do Campo-SP	17	<i>Eucalyptus saligna</i>	FOD	vegetação nativa	ni(13)	Sim	53	403	2.020	2000	P (CAP ≥ 10 cm)
São Carlos-SP	18	<i>Pinus elliottii</i>	C	ni	20	Não	67	ni	ni	100	P <sup>4</sup>
São Luiz do Paraitinga-SP	19	<i>Eucalyptus</i> spp.	FOD	vegetação nativa	30(21)	Sim	63	ni	ni	3375	P (CAP ≥ 10 cm)
Tarumã -SP	20	<i>Pinus elliottii</i> var. <i>densa</i>	FES (zona ripária)	agricultura	10	Sim	13	74	1480	500	P (h ≥ 0,5 m)
Telêmaco Borda-PR	21	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) O. Kuntze	FES/FOM	ni	12	ni	83	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)
Telêmaco Borda-PR	21	<i>Araucaria angustifolia</i>	FES/FOM	ni	22	ni	100	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)
Telêmaco Borda-PR	21	<i>Araucaria angustifolia</i>	FES/FOM	ni	35	ni	126	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)

Continua...

TABELA 1: Continuação...  
TABLE 1: Continued...

Município	Autor <sup>1</sup>	Espécie investigada	Domínio Fitogeográfico	Uso anterior da terra	Idade <sup>2</sup> (anos)	Comp. floresta	Nº spp	Nº ind.	D (ind.ha <sup>-1</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Método e critério de inclusão
Telêmaco Borda-PR	21	<i>Araucaria angustifolia</i>	FES/FOM	ni	43	ni	125	ni	ni	300	P (h ≥ 0,1 m)
Viçosa-MG	22	<i>Eucalyptus grandis</i>	FES	ni	7	Sim	44	ni	ni	900	P (h ≥ 0,1 m, DAP < 10 cm)

Em que: C = cerrado; FES = floresta estacional semidecidual; FOD = floresta ombrófila densa; ni = não informado; Comp. floresta = Comparação com florestas adjacentes; Nº spp = número de espécies amostradas; Nº ind. = número de indivíduos amostrados; D = densidade da regeneração natural, A = área amostral, P = parcelas; Q = pontos quadrantes; DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m); CAP = circunferência à altura do peito; h = altura; CAS = circunferência no nível do solo; <sup>1</sup> autores: 1 - Durigan *et al.* (1997), 2 - Modna (2007), 3 - Santos *et al.* (2007), 4 - Calegário *et al.* (1993a), 5 - Viani (2005), 6 - Mochiutti *et al.* (2008), 7 - Saporetti Jr. *et al.* (2003), 8 - Silva Júnior *et al.* (1995), 9 - Carneiro (2002), 10 - Sartori *et al.* (2002), 11 - Ferreira *et al.* (2007), 12 - Nóbrega *et al.* (2008), 13 - Souza filho *et al.* (2007), 14 - Neri *et al.* (2005), 15 - Nappo *et al.* (2004), 16 - Ávila *et al.* 2007, 17 - Tubini (2006), 18 - Lombardi e Motta Junior (1992), 19 - Tabarelli *et al.* (1993), 20 - Silveira e Durigan (2004), 21 - Barbosa *et al.* 2009, 22 - Rezende *et al.* 1994. <sup>2</sup> Idades fora e dentro dos parênteses representam respectivamente idade do plantio e idade após a última intervenção com corte raso das árvores plantadas, a ausência de idade entre parênteses indica que não houve corte raso das árvores plantadas ou que essa informação não estava disponível no trabalho consultado. Nesse estudo foram utilizados pontos em vez de área para a amostragem, sendo o número apresentado equivalente ao número de pontos utilizados no levantamento. Na amostragem foram consideradas todas as formas de vida, para as espécies fanerógamas (com exceção de Poaceae) e para as espécies pteridófitas.

da regeneração, sobretudo de indivíduos de espécies pioneiras.

Esses aspectos foram também apontados por Calegario *et al.* (1993b), que sugerem que a distribuição espacial agregada dos indivíduos regenerantes é mais evidente para as espécies com frutos pesados e não dispersos por animais (barocóricas) e para aquelas que apresentam exigência por determinado sítio específico, em especial no que diz respeito às propriedades físicas, químicas e mecânicas do solo.

Nesse mesmo sentido, a regeneração natural sob plantios florestais é também muitas vezes concentrada em relação à distribuição da abundância entre as espécies regenerantes, com algumas poucas espécies apresentando elevada densidade, enquanto as outras espécies, em maior número, estão representadas por poucos indivíduos regenerantes (YIRDAW e LUKKANEN, 2003). Além disso, embora não seja regra, frequentemente as espécies mais abundantes no estrato regenerante dos plantios apresentam rebrota de caules ou raízes (SAHA, 2001; VIANI, 2005) e/ou correspondem a espécies zoocóricas cujos diásporos são dispersos por animais para o interior do plantio (CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002).

Há um fator adicional que parece primordial para o sucesso da regeneração sob plantações florestais, especialmente em regiões de domínio do cerrado: o uso da terra anterior ao reflorestamento. Em plantio experimental de espécies exóticas com a finalidade de induzir a regeneração de espécies nativas no sub-bosque em área de cerrado utilizada por longo tempo como pastagem, Durigan *et al.* (1998) verificaram baixa densidade e baixa diversidade e concluíram que a inexistência de banco de sementes ou de estruturas subterrâneas que pudessem rebrotar restringe a resiliência do ecossistema.

Quanto à distribuição das espécies regenerantes por síndromes de dispersão, parece haver um predomínio de espécies zoocóricas entre os indivíduos regenerantes (LOMBARDI e MOTTA JUNIOR, 1992; KEENAN *et al.*, 1997; OBERHAUSER, 1997; CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002; CARNEIRO e RODRIGUES, 2007), comprovando a importância desse tipo de dispersão para a colonização de ambientes alterados. No entanto, esse padrão parece, em algumas situações, apenas refletir os padrões encontrados para a formação vegetacional em que cada plantio está inserido (TABARELLI *et*

al., 1993).

Segundo Powers *et al.* (1997), o padrão de riqueza e densidade do estrato regenerante de espécies arbóreas normalmente se repete para outras formas de vida vegetal. Em outras palavras, isso significa que áreas com maior riqueza de árvores no estrato regenerante, normalmente apresentam também maior riqueza de outras formas de vida, tais como arbustos, lianas, epífitas e ervas.

Também se constata que áreas com maior riqueza e densidade de árvores regenerantes em estágio adulto são também as que apresentam maior densidade de plântulas e indivíduos jovens de espécies arbóreas (VIANI, 2005).

Vários fatores têm sido apontados como determinantes do sucesso da regeneração natural sob os plantios. Os mais citados e estudados são a densidade de copas (GELDENHUYS, 1997; BONE *et al.*, 1997; ARÉVALO e FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2005), a espécie plantada (GELDENHUYS, 1997; HARRINGTON e EWEL, 1997), a idade do plantio (GELDENHUYS, 1997), a heterogeneidade físico-química dos solos sob as áreas dos plantios (NAPPO *et al.*, 2005; SARTORI *et al.*, 2002), a distância de remanescentes florestais (YIRDAW e LUKKANEN, 2003) e o manejo e histórico da área (LEMENIH e TEKETAY, 2005).

### Densidade de copas e disponibilidade de luz

Considerando que a luz é um fator importante para a dinâmica de regeneração natural (SWAINE e WHITMORE, 1988; WITHMORE, 1989), as variações na densidade de copas são certamente um dos principais reguladores da regeneração no sub-bosque dos plantios florestais (BONE *et al.*, 1997; BARBOSA *et al.*, 2009).

Estudos demonstram que o sombreamento do sub-bosque pela copa das árvores plantadas apresenta correlação positiva com a densidade e riqueza da regeneração natural (CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002). Em plantios de *Pinus* nas Ilhas Canárias (ARÉVALO e FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2005), a proteção do solo e o sombreamento se mostraram como principais fatores correlacionados positivamente com o estabelecimento de espécies nativas no sub-bosque.

Quando os níveis de sombreamento são baixos, é favorecida a regeneração de gramíneas e outras espécies herbáceas (CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002), em detrimento de espécies lenhosas (GUARIGUATA *et al.*, 1995). A cobertura

de gramíneas e de pteridófitas, por sua vez, apresenta correlação negativa com riqueza de espécies do estrato regenerante sob o plantio (POWERS *et al.*, 1997), sendo a presença de espécies herbáceas invasoras um dos fatores limitantes ao estabelecimento dos indivíduos regenerantes (CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002).

Modna (2010), estudando a regeneração da vegetação ripária em região de cerrado sob *Pinus elliottii* em diferentes densidades, verificou correlação direta entre a densidade das árvores plantadas e a densidade e a riqueza da regeneração, aos 11 anos. Ao analisar também a cobertura do piso, a autora verificou que o maior sombreamento e a deposição de serapilheira aceleram a eliminação das gramíneas e, assim, as plantas lenhosas nativas são beneficiadas, corroborando o observado por Carnevale e Montagnini (2002).

Além disso, segundo Powers *et al.* (1997), o sombreamento pode facilitar a regeneração pelo fato de aumentar o trânsito de aves e morcegos, que contribuem para a regeneração ao trazerem diásporos para as áreas.

Entretanto, nem sempre o sombreamento é visto como facilitador da regeneração natural. Em alguns casos, como sob plantios de *Pentaclethra* sp. na Costa Rica, as características morfológicas e ecológicas intrínsecas da espécie proporcionam um sombreamento tão alto que o sub-bosque não é iluminado o suficiente para que as plantas que se regeneram se desenvolvam em altura (POWERS *et al.*, 1997). Seguindo essa mesma tendência, Bone *et al.* (1997) encontraram, em plantios de *Eucalyptus camaldulensis* no Malawi, correlação negativa entre cobertura de copa pelas árvores plantadas e diversidade florística da regeneração natural.

Parece haver, portanto, um espectro de luminosidade dentro do qual a regeneração de espécies arbóreas sob plantios florestais é favorecida. Em sub-bosque de reflorestamentos com elevada intensidade luminosa parece predominar a regeneração de herbáceas, gramíneas e pteridófitas, aparecendo poucas espécies lenhosas; já em áreas com valores muito baixos de disponibilidade de luz, a pouca luz incidente geralmente ocasiona a ausência de regeneração arbórea no sub-bosque (CUSACK e MONTAGNINI, 2004).

Poucos são, no entanto, os estudos que se propuseram a definir o espectro de intensidade de luz que favorece a regeneração. Ferreira *et al.* (2007) encontraram, sob plantios de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG, maiores valores de densidade de



regeneração em áreas com cobertura de copas das árvores plantadas superior a 50%.

Em uma única área, pode ser observada heterogeneidade da cobertura de copas e, por isso, mesmo em plantios com sombreamento e regeneração expressiva, manchas sem regeneração de espécies nativas podem ocorrer em função da existência de clareiras. Nessas clareiras ou na borda dos reflorestamentos, quando o entorno não é florestal, o sub-bosque é mais iluminado, favorecendo o predomínio de espécies herbáceas e gramíneas na regeneração natural (GELDENHUYS, 1997).

A densidade de copas influencia a quantidade de serapilheira acumulada sobre o piso florestal e esse parece ser outro fator que afeta a regeneração natural sob plantios. Segundo Parrotta (1999), o acúmulo de serapilheira afeta tanto a densidade quanto a riqueza no sub-bosque dos plantios, podendo o efeito desse acúmulo ser positivo ou negativo, de acordo com as características das sementes das espécies regenerantes. Espécies com sementes maiores, em razão das suas reservas maiores, seriam capazes de atravessar camadas espessas de serapilheira, enquanto espécies com sementes pequenas não teriam essa capacidade. Contrariando esses resultados, Cusack e Montagnini (2004) não encontraram associação entre acúmulo de serapilheira e densidade de regeneração natural.

Por fim, tanto a densidade de copas como a disponibilidade de luz proporcionada pelo plantio estão estreitamente relacionadas à idade do plantio (GELDENHUYS, 1997), à espécie florestal plantada (BONE *et al.*, 1997) e à competição por outros recursos do meio, como água e nutrientes, fatores que serão discutidos adiante.

O que se verifica na reconstrução das comunidades nativas sob as plantações florestais é que, assim como em florestas nativas, há diversos filtros cuja importância relativa se altera no espaço e no tempo e que determinam as regras de montagem (“assembly rules”) da comunidade em regeneração e, portanto, o caminho que será seguido na sucessão (WEIHER *et al.*, 1998; WILSON, 2001; BOSSUYT *et al.*, 2005). Características da floresta plantada surgem como filtros adicionais àqueles que já atuam em comunidades nativas.

### Idade do plantio

A idade das árvores plantadas relaciona-se com o sombreamento, com a competição e

com o período de tempo para desenvolvimento da comunidade em regeneração natural. Com o tempo, a densidade das árvores plantadas diminui em decorrência do manejo ou da mortalidade. Entretanto, à medida que plantas nativas são recrutadas no sub-bosque, há aumento gradual na complexidade estrutural da vegetação, proporcionado pela diversificação da camada de serapilheira e pelo aumento da camada de húmus no piso florestal (SENBETTA *et al.*, 2002). Há, portanto, uma tendência de aumento da riqueza e da densidade da regeneração natural (BARBOSA *et al.*, 2009), bem como do diâmetro do caule e da altura dos regenerantes com o aumento da idade do plantio florestal (GELDENHUYS, 1997). No Zimbábue, África, por exemplo, plantios mais velhos e mais sombreados tendem a, gradativamente, diminuir a cobertura de gramíneas e aumentar a densidade de espécies arbustivas e arbóreas regenerantes (TYYNELA, 2001).

A idade influencia também a composição da comunidade regenerante. Plantios mais novos, em fase inicial de desenvolvimento, demonstram maior recrutamento de espécies pioneiras e invasoras. No entanto, a partir do fechamento das copas do povoamento, as condições no piso do talhão, notadamente o aumento do sombreamento, já discutido no item anterior, passam a favorecer o estabelecimento de espécies mais tardias na sucessão ecológica (CARNEIRO e RODRIGUES, 2007).

Por outro lado, a chegada de sementes de espécies anemocóricas tende a diminuir à medida que crescem as árvores plantadas, que passam a ser um obstáculo ao fluxo do vento. Portanto, indiretamente, com o aumento na idade do plantio, há tendência de aumento na proporção de espécies zoocóricas na comunidade em regeneração (KEENAN *et al.*, 1997).

### Espécie florestal

A capacidade de catalisar a regeneração natural é diferenciada de acordo com a espécie plantada (KEENAN *et al.*, 1997; POWERS *et al.*, 1997; CUSACK e MONTAGNINI, 2004; LEMENIH e TEKETAY, 2005), a qual influencia consideravelmente a densidade e a riqueza do estrato regenerante (OTSAMO, 2000). A espécie plantada é, portanto, um dos mais importantes filtros a direcionar o processo evolutivo da comunidade em regeneração.

Dentre outros fatores isso se deve ao fato de que cada espécie promove um sombreamento peculiar, além de proporcionar diferentes níveis de acumulação de serapilheira no solo. Esses fatores podem influenciar diretamente a germinação e a sobrevivência dos indivíduos regenerantes (CARNEVALE e MONTAGNINI, 2002). Nesse sentido, Carnevale e Montagnini (2002) sugerem que sejam utilizadas, como catalisadoras da regeneração natural, espécies que proporcionem, entre outras características, elevado sombreamento e acúmulo de serapilheira.

A capacidade diferenciada das espécies acumularem serapilheira e a variação na sua composição resultam não apenas em diferenças no potencial de regeneração das espécies vegetais, mas também no aparecimento de outras formas de vida, tais como a presença de macroinvertebrados do solo. Segundo Warren e Zou (2002), a concentração de nitrogênio e fósforo na serapilheira afeta diretamente a abundância e a biomassa dessa forma de vida sob os plantios florestais.

Segundo Powers *et al.* (1997), a capacidade da espécie em suprimir a presença de pteridófitas e gramíneas no seu sub-bosque é uma das razões para o seu sucesso como catalisadora da regeneração natural. Embora não as descreva efetivamente, os autores especulam que as características que afetam a supressão de gramíneas e pteridófitas estejam ligadas à arquitetura de copa e ao modo de crescimento da espécie. Nesse sentido, até mesmo a morfologia e posição (vertical ou horizontal) das folhas podem influenciar a regeneração no seu sub-bosque, uma vez que interfeririam diretamente na luz que atinge sub-bosque dos plantios (BONE *et al.*, 1997). O grau de deciduidade da folhagem e a sua sazonalidade certamente também exercem influência sobre plantas em regeneração (GANDOLFI *et al.*, 2007). Nesse conceito, as espécies plantadas atuam, assim como espécies do dossel de uma floresta natural, como filtro para as espécies que tentam se desenvolver sob sua copa.

Além disso, a capacidade de uma espécie agir como catalisadora da regeneração natural seria afetada por características como capacidade de atração de dispersores e taxa de retorno de nutrientes ao solo (KEENAN *et al.*, 1997; PARROTTA, 1999). Espécies leguminosas, simbiotes com bactérias fixadoras de nitrogênio, podem destacar-se como facilitadoras da regeneração natural, especialmente em solos degradados (FRANCO e FARIA, 1997; FRANCO *et al.*, 2000).

Alguns estudos indicam que angiospermas tendem a ser mais favoráveis à regeneração natural em seu sub-bosque do que coníferas (e.g. KEENAN *et al.*, 1997; SENBETTA *et al.*, 2002). Segundo Senbetta *et al.* (2002), na Etiópia, os plantios de coníferas, voltados especificamente para a produção de madeira, apresentam ciclos de rotação longos, o que propicia um elevado sombreamento e uma densa camada de serapilheira, o que prejudicaria a regeneração de espécies nativas. Entretanto, isso não deve ser visto como regra geral para todas as situações e ambientes e não implica em dizer que algumas coníferas não apresentam resultados satisfatórios como catalisadores da regeneração natural, tal como observado por Lombardi e Motta Junior (1992), Chapman e Chapman (1996), Ashton *et al.* (1997), Geldenhuys (1997), Modna (2010) dentre outros estudos. Portanto, diferenças de potencial de catalisação da regeneração natural entre espécies podem ser decorrentes não diretamente de suas características morfológicas e ecológicas, mas dos diferentes sistemas de manejo adotados para cada uma delas.

Obviamente, nem todas as espécies florestais plantadas atuam como catalisadoras da regeneração natural em seu sub-bosque. Algumas delas podem, simplesmente, não ter efeito sobre a riqueza da regeneração quando comparadas, por exemplo, a pastos abandonados (POWERS *et al.*, 1997). Como demonstrado, isso depende de várias características, sendo, portanto, imprescindível o conhecimento da biologia da espécie para a compreensão de sua influência sobre a regeneração em seu sub-bosque (HARRINGTON e EWEL, 1997).

Tanto espécies florestais nativas quanto exóticas podem apresentar papel catalisador da regeneração natural (PARROTTA, 1999). Espécies exóticas são, mais frequentemente, relatadas como catalisadoras da regeneração natural, mas isso se deve, em grande parte, ao fato de que, para a maioria das regiões, faltam informações silviculturais sobre espécies arbóreas nativas (LUGO, 1997).

Entretanto, é importante enfatizar que o comportamento de uma espécie em relação a esse papel pode ser muito variável em função da região em que é cultivada. A leucena (*Leucaena leucocephala*), por exemplo, mostrou-se catalisadora da regeneração natural quando plantada em Porto Rico, onde é nativa (PARROTTA, 1999). Porém, no Brasil, onde foi introduzida para ser cultivada como forrageira, aparentemente não favorece a regeneração em seu sub-bosque, sendo, inclusive, reportada em alguns

estudos como espécie alelopática (CHOU e KUO, 1986; SCHERER *et al.*, 2005). Num outro exemplo, plantações de *Gmelina arborea* Roxb. apresentaram, no sub-bosque, elevada regeneração natural arbórea na Costa Rica (HAGGAR *et al.*, 1997) e baixa densidade de plantas nativas em regeneração natural sob plantios homogêneos avaliados na Indonésia (OTSAMO, 2000).

Há, portanto, para cada região, espécies florestais apropriadas para a função de catalisação da regeneração natural. Diante de tantas variáveis ambientais que interferem no estabelecimento dos plantios florestais e da regeneração natural sob as árvores plantadas, a extrapolação do comportamento de uma espécie, em uma dada região, para outras regiões com características totalmente diferentes deve ser, ao menos, cautelosa.

Além disso, é fundamental ressaltar que uma espécie florestal não deve ser recomendada como catalisadora da regeneração natural antes que se avalie o risco da espécie “escapar” dos plantios e se tornar invasora de ecossistemas naturais (PARROTTA *et al.*, 1997; KENDLE e ROSE, 2000; D’ANTONIO e MEYERSON, 2002; MODNA, 2010).

Espécies com potencial de contaminação biológica comprovado devem ser evitadas, ou, se plantadas, atenção especial deve ser dada para que não se tornem invasoras. Dentre as espécies arbóreas cultivadas que são reconhecidamente invasoras, destacam-se, para as regiões dos neotrópicos, a leucena — *Leucaena leucocephala* e várias espécies do gênero *Acacia* (PARROTTA *et al.*, 1997; GISP, 2005). No Brasil, além das citadas, podem ser destacadas como espécies arbóreas cultivadas que apresentam potencial invasor, algumas espécies do gênero *Pinus*, com destaque para *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii*, que contaminam sobretudo as restingas, os cerrados e os campos sulinos (GISP, 2005).

#### **Distância de remanescentes de vegetação nativa**

Dentre os fatores promotores de elevada heterogeneidade espacial, tanto florística como estrutural, da regeneração natural sob plantios florestais comerciais, o principal se refere à facilidade com que os diásporos chegam ao sítio de regeneração. Desse modo, quando há remanescentes de vegetação natural no entorno, os plantios tendem a apresentar maior densidade de regeneração natural em áreas mais próximas da borda, pela maior

exposição aos ventos e por serem mais frequentadas por dispersores (LOMBARDI e MOTTA JUNIOR, 1992).

Em muitas regiões tropicais, os animais (especialmente morcegos e aves) são os principais dispersores de sementes e, portanto, têm grande importância para a dinâmica da regeneração de plantas (PARROTTA *et al.*, 1997). Sua atuação como facilitadores da regeneração natural sob plantios obviamente dependerá, dentre outros aspectos, da distância que terão de percorrer entre as áreas que são fontes de sementes (remanescentes florestais) e as plantações (WUNDERLE, 1997).

Neri *et al.* (2005) encontraram maior riqueza e densidade de regeneração na borda dos talhões do que no interior e atribuíram esse resultado à dificuldade de chegada dos diásporos vindos de remanescentes florestais de cerrado ao interior do talhão de *Eucalyptus*. Os autores observaram ainda que a diminuição da chegada de diásporos é mais notada para as espécies anemocóricas que teriam a dispersão para o interior do reflorestamento prejudicada pelas copas das árvores plantadas. Poderia ter sido aventada uma segunda explicação, nesse caso. Por se tratar de vegetação de cerrado, a regeneração por sementes é relativamente menos frequente do que as rebrotas (HOFFMANN, 1998); a maior incidência de luz na borda pode ter intensificado a regeneração por rebrota, caso o reflorestamento tenha se instalado após a derrubada do cerrado.

Em plantios de *Eucalyptus* spp. na Etiópia, áreas não isoladas de remanescentes florestais apresentam maior densidade e diversidade de regeneração arbórea do que áreas isoladas, mesmo quando os fragmentos predominantes nas paisagens são pequenos e degradados (SENBETA *et al.*, 2002; YIRDAW e LUKKANEN, 2003). Esses aspectos reforçam a idéia de que a ausência de fontes de sementes pode ser o principal fator limitante para a regeneração sob os plantios florestais (YIRDAW e LUKKANEN, 2003; SOUZA e BATISTA, 2004) e confirmam que mesmo os remanescentes pequenos e degradados podem ter papel importante para a restauração de áreas inseridas em paisagens degradadas (WUNDERLE, 1997).

A proximidade de remanescentes naturais estaria positivamente correlacionada à densidade do banco de sementes (BORGES e ENGEL, 1993) e ao estabelecimento de indivíduos regenerantes (CALEGARIO *et al.*, 1993a). No entanto, pequenas áreas de plantios florestais, inseridas

em paisagens em que a matriz ainda é florestal, são homoganeamente beneficiadas pela dispersão, a ponto de não demonstrar esse efeito. Nessas condições, a dispersão é eficaz e homogênea por todo o plantio e a regeneração pouco varia em função da distância dos remanescentes (KEENAN *et al.*, 1997).

### **Manejo e intervenção nas florestas plantadas e a regeneração natural**

As intervenções pré e pós-plantio na área têm, de maneira geral, grande influência na dinâmica e estrutura da comunidade nativa regenerante no sub-bosque dos plantios (BONE *et al.*, 1997; CAMUS *et al.*, 2006). A intensidade de preparação do solo, a densidade de plantio, o controle de competidores (plantas daninhas), os desbastes e o tempo de corte determinam o tempo para o aparecimento e a taxa de desenvolvimento das espécies regenerantes no sub-bosque dos plantios (CAMUS *et al.*, 2006). Essas práticas podem mudar sensivelmente o ambiente e, conseqüentemente, a composição da regeneração natural no sub-bosque (ALLEN *et al.*, 1995).

A começar pelo preparo do solo, estudos demonstram que essas práticas têm influência direta na composição de espécies nativas do sub-bosque dos plantios comerciais (BONE *et al.*, 1997). Métodos de preparo do solo que incorporam os resíduos dos plantios anteriores e/ou que ocasionam o revolvimento do solo estão associados à diminuição da diversidade no sub-bosque (FABIÃO *et al.*, 2002). Isso ocorreria porque o revolvimento do solo poderia destruir as estruturas vegetativas e/ou sementes existentes, diminuindo o potencial de geração de indivíduos regenerantes (TYYNELA, 2001). O impacto da mecanização do preparo do solo sobre a regeneração do cerrado foi comprovado por Durigan *et al.* (1998).

Períodos de rotação muito curtos diminuem as oportunidades de colonização por espécies com baixa taxa de dispersão e por espécies tardias na sucessão ecológica (KEENAN *et al.*, 1997). Quando os períodos de rotação são curtos, há uma limitação de tempo para o desenvolvimento de uma estrutura complexa de sub-bosque que, conseqüentemente, limita o aparecimento de espécies nativas vegetais e de outras formas de vida (CAMUS *et al.*, 2006). Assim, do ponto de vista da regeneração natural, ciclos de corte mais longos são desejáveis, pois aumentam a complexidade estrutural da comunidade vegetal e minimizam perdas e danos aos indivíduos

regenerantes já existentes no momento da retirada ou colheita das árvores plantadas (CARNEIRO e RODRIGUES, 2007).

Camus *et al.* (2006) argumentam que a heterogeneidade é uma das principais características que favorecem a manutenção da biodiversidade nos plantios florestais e que várias seriam as maneiras de proporcionar essa heterogeneidade em plantios que tradicionalmente são bastante homogêneos.

Em escala local, a primeira e mais óbvia medida seria a implantação de plantios mistos. Entretanto, uma vez que, ao menos no Brasil, os plantios florestais ainda têm como principal objetivo a exploração comercial, essa idéia dificilmente seria incorporada pelo setor florestal produtivo, pois pouco conhecimento silvicultural existe sobre plantios mistos para fins comerciais.

Ainda segundo Camus *et al.* (2006), outras maneiras de aumentar ou manter a variabilidade local nos plantios com intuito de beneficiar a regeneração de espécies nativas, seriam: evitar ou diminuir a execução de práticas de manejo que promovam a limpeza do sub-bosque dos plantios, manter sempre os restos e detritos no local após práticas de manejo como desbaste e colheita, realizar práticas que aumentem os níveis de matéria orgânica no solo e diminuir o revolvimento e distúrbio do solo no preparo da área para o plantio e na colheita.

No entanto, parece haver um limite, dentro do qual os resíduos do corte das florestas plantadas (galhos e folhas) são benéficos. Segundo Carneiro e Rodrigues (2007), o acúmulo de grande volume de resíduos da exploração florestal deve ser evitado, pois pode prejudicar a regeneração natural, impedindo a germinação de sementes pelo volume de material sobre o solo e/ou pela redução da luminosidade próxima ao solo a níveis muito baixos. Os autores argumentam, entretanto, que deve ser feita uma análise caso a caso, para decidir sobre a realização de práticas de remoção desses resíduos, uma vez que essa prática pode ser muito custosa e trabalhosa.

Ribeiro (2007), estudando o efeito da retirada da serapilheira sob plantio de eucalipto em região de floresta Ombrófila densa no Rio de Janeiro, concluiu que, além da difícil operacionalização, essa operação ocasionou a diminuição de riqueza e diversidade das plantas nativas em regeneração.

Via de regra, práticas que aumentam a variabilidade e propiciam a manutenção da diversidade sob os plantios reduzem a eficácia de manejo das áreas do ponto de vista silvicultural

(CAMUS *et al.*, 2006). Considerando que o primeiro objetivo das florestas plantadas é a produção madeireira, a diversidade das plantações não seria facilmente incorporada na rotina de manejo dos plantios das grandes empresas florestais. Por outro lado, a supressão das operações de roçada sistemática do sub-bosque seria bem-vinda, por reduzir custos. Hoje as roçadas periódicas são feitas justamente para impedir a formação de sub-bosque, pois caso a regeneração se desenvolva, a exploração da floresta plantada pode ser impedida pelos órgãos de fiscalização ambiental.

Vale salientar que essas idéias e práticas cabem dentro do conceito emergente de “ecological forestry” (silvicultura ecológica) (SEYMOUR e HUNTER, 1999), que prega, dentre outros princípios, que sistemas silviculturais devem seguir, sempre que possível, os processos naturais da paisagem onde estão inseridos.

Em grandes áreas de plantios comerciais antigos, em que a silvicultura avançou até a margem dos rios, há extensas áreas que hoje são de preservação permanente, nas quais os plantios de árvores exóticas devem ceder espaço, em benefício das espécies nativas em regeneração. Nesses casos, a remoção gradual e cautelosa dos indivíduos plantados parece ser uma alternativa melhor do que a remoção total e instantânea das árvores do plantio. Segundo Otsamo (2000), quando há elevada regeneração, as árvores plantadas podem ser retiradas parcialmente por meio do corte seletivo de algumas árvores ou linhas de árvores, mantendo assim a estrutura e fisionomia da vegetação, ou, então, simplesmente esquecidas, fazendo com que gradualmente a vegetação regenerante passe a dominar.

Segundo Carneiro e Rodrigues (2007), quando há interesse em se eliminar a espécie plantada, há uma série de medidas que podem ser adotadas para minimizar o impacto dessa prática sobre a regeneração natural existente. Talvez, a mais importante delas seja a retirada parcial das árvores plantadas, que traz, dentre outras vantagens em relação ao corte de todo o plantio em uma única vez, o menor impacto sobre a regeneração já existente e o menor volume de material residual do corte acumulado sobre o solo.

Arévalo e Fernández-Palacios (2005) sugerem que não sejam removidas mais de 50% das árvores de uma única vez, para não favorecer demasiadamente a regeneração de espécies heliófitas herbáceas em detrimento de espécies

arbóreas, que são beneficiadas por certo grau de sombreamento. Já Saporetti Junior *et al.* (2003), por outro lado, recomendam a eliminação das árvores plantadas por meio do anelamento, o que possibilitaria que os nutrientes das árvores mortas fossem incorporados ao solo, favorecendo o desenvolvimento da regeneração. Além disso, segundo os autores, a morte das árvores em pé faria com que funcionassem como poleiros para aves, mantendo a avifauna dispersora de sementes no local e diminuindo o impacto da retirada das árvores sobre essa comunidade.

Porém, nem sempre a remoção da espécie plantada é a estratégia mais adequada. Chapman *et al.* (2002) acompanharam a regeneração sob diferentes plantios em Uganda por três anos e verificaram que o corte manual das árvores plantadas não elevou a riqueza e a densidade de plantas nativas. Embora outros estudos deem razão para se supor o contrário, os autores destacam que um período de seca durante a realização dos estudos causou maior estresse hídrico à regeneração nas parcelas que haviam sido submetidas à retirada das árvores plantadas e sugerem que cada caso deve ser analisado individualmente, considerando os prós e contras da remoção, de acordo com a técnica de manejo para retirada e as variáveis ambientais locais, no caso clima e capacidade de armazenamento de água no solo.

Quando analisada na escala de paisagem e considerando que a fonte de sementes é importante para a regeneração natural da comunidade vegetal, o planejamento da colheita florestal, realizado com o intuito de catalisar a regeneração natural, deve considerar a possibilidade de não deixar as áreas em regeneração isoladas de remanescentes florestais (CARNEIRO e RODRIGUES, 2007).

### Histórico de utilização dos recursos naturais

O histórico de uso anterior do solo também pode afetar a capacidade do plantio florestal proporcionar a catalisação da regeneração (LEMENIH e TEKETAY, 2005).

Uma vez que o fogo pode diminuir a densidade e riqueza do banco de sementes de espécies arbóreas (DALLING *et al.*, 1997; MAROD *et al.*, 2002; MELO *et al.*, 2007) e inibir a regeneração de espécies não tolerantes ao fogo ou que não apresentam estratégias de rebrota de estruturas vegetativas (LWANGA, 2003), sua incidência influencia negativamente o potencial

de regeneração natural sob plantios florestais. Um único evento de fogo é suficiente para causar redução significativa da diversidade e densidade de árvores regenerantes sob os plantios (SHYBAYAMA *et al.*, 2006). Nesse sentido, plantios realizados em áreas que historicamente passaram por queimadas ou incêndios provavelmente teriam menor potencial para desenvolver, em seu sub-bosque, estrato regenerante abundante e diversificado.

Outro fator relacionado ao histórico de perturbações que, possivelmente, afeta a densidade de regeneração, refere-se à ocupação anterior da área plantada. Áreas que, imediatamente antes ao plantio, estavam ocupadas com florestas tendem a apresentar maior regeneração natural do que áreas que já passaram por diversos ciclos agrícolas. Isso se deve ao fato de que em áreas recém-convertidas à exploração agroflorestal, a presença no solo de estruturas vegetativas (pedaços do caule ou da raiz) aumenta a possibilidade de algumas espécies produzirem novos indivíduos regenerantes (TYYNELA, 2001).

Estudos realizados na Etiópia (LEMENIH e TEKETAY, 2005) demonstram que o histórico de uso da área influencia diretamente a composição do banco de sementes. Sob florestas plantadas imediatamente após a supressão de florestas naturais, o banco de sementes de espécies arbóreas persiste. Já em áreas previamente ocupadas com atividades agrícolas há, no banco de sementes do solo, predomínio de espécies herbáceas ruderais, em detrimento de espécies arbóreas. Segundo os autores, práticas agrícolas, tais como controle de plantas daninhas, preparo do solo, etc. causam impacto sobre os propágulos e sementes de espécies arbóreas, prejudicando sua regeneração. Entretanto, os mesmos autores constataram que nem sempre a riqueza e a densidade da regeneração natural sob os plantios são afetadas pelo uso anterior do solo, contrariando as observações baseadas no banco de sementes. Isso porque muitas vezes a regeneração sob os plantios é oriunda de diásporos que chegaram à área após o plantio, vindo de áreas florestais adjacentes. Esse fato comprova mais uma vez a importância da manutenção de remanescentes florestais na paisagem, para o estabelecimento de um estrato regenerante rico e abundante sob os plantios.

A resiliência da comunidade regenerante é variável não apenas em função do nível e do tipo de perturbação prévio ao plantio florestal, mas também em função da formação vegetacional em

que esse está inserido. Durigan (2003), analisando comparativamente a resiliência da comunidade vegetal após diferentes tipos de perturbação, mostra que a resposta é muito variável entre regiões de cerrado e floresta no Brasil. As diferenças estão relacionadas à importância relativa da reprodução por sementes, que é muito maior em comunidades florestais do que no cerrado, de modo que a preservação da chuva e do banco de sementes é fundamental para a regeneração das florestas, enquanto a preservação de estruturas subterrâneas que possam rebrotar é fundamental para a regeneração das plantas do cerrado no sub-bosque de plantações florestais.

#### **EFEITO CATALISADOR SOBRE OUTRAS FORMAS DE VIDA**

Como demonstrado anteriormente, são abundantes os estudos que apresentam e discutem o efeito catalisador de plantios florestais sobre a comunidade de plantas, sobretudo em relação aos arbustos e às árvores. Raros estudos abordam a regeneração de outras formas de vida sob plantações florestais. Os poucos resultados existentes demonstram que os fatores que afetam a regeneração natural de espécies vegetais sob as plantações florestais, de maneira geral, também exercem efeitos sobre a regeneração e a manutenção da diversidade de outros seres vivos (aves, mamíferos, insetos, fungos, micro-organismos, etc.) e que a idade do plantio tem relação positiva com o aumento da biodiversidade como um todo, conforme observado por Camus *et al.* 2006, em extensa revisão sobre o assunto. Nesse estudo, os autores verificaram que, ao contrário do que acontece para as formas de vida vegetal, que não discriminam a origem (nativa ou exótica) da espécie plantada, outros grupos de seres vivos teriam a regeneração prejudicada sob plantios de espécies exóticas, uma vez que os habitats criados pelas espécies exóticas não atendem às suas necessidades.

Ao menos em escala local, plantios florestais de *Fraxinus chinensis* Roxb. com 40 anos localizados na Colômbia, podem promover um habitat adequado para aves, com valores de diversidade e densidade de indivíduos similares aos de florestas nativas com a mesma idade (DURÁN e KATTAN, 2005). Resultados semelhantes foram encontrados também na Colômbia, para a comunidade de artrópodes (KATTAN *et al.*, 2006).

Por outro lado, Barlow *et al.* (2007), ao

compararem a diversidade de diferentes grupos (táxons) em áreas ocupadas por florestas primárias, secundárias e plantios de *Eucalyptus*, ressaltam que, embora os plantios tenham capacidade de manter em seu interior parte das espécies das florestas primárias, essas últimas são insubstituíveis, diante da maior diversidade entre e dentro de táxons que mantêm em seu interior. Segundo os autores, as plantações florestais teriam grande importância para prover serviços complementares à conservação de parte da biodiversidade, mas nunca substituiriam o papel das florestas primárias na conservação da biodiversidade como um todo.

Ainda segundo Barlow *et al.* (2007), os resultados são bastante variáveis de acordo com o táxon considerado. Para alguns grupos (árvores, pássaros, grandes mamíferos, etc.), normalmente os mais amostrados nos estudos sobre o assunto, há um padrão de respostas a mudanças de uso da paisagem, que pode ser obtido, por exemplo, pela comparação de florestas primárias com plantios florestais. Para outros grupos, todavia, não há um padrão de resposta, sendo difícil prever e generalizar o comportamento desses grupos em áreas e paisagens ocupadas por plantios florestais.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os estudos analisados, muito embora apresentem alguns resultados em comum, de maneira geral apontam para heterogeneidade e divergências com relação ao papel e à magnitude dos efeitos dos diferentes fatores ambientais e históricos que influenciam direta ou indiretamente a dinâmica da regeneração natural de espécies nativas no sub-bosque de plantações florestais. Tal constatação reforça a idéia de que generalizações e extrapolações sem critérios podem levar a recomendações e conclusões inapropriadas (SENBETA *et al.*, 2002).

Entretanto, há, indiscutivelmente, em virtude de resultados positivos encontrados em vários estudos, uma tendência mundial rumo à compreensão de que plantios florestais comerciais não sejam vistos apenas como áreas de produção florestal. Tais áreas, se manejadas adequadamente de modo a preservar o sub-bosque (LAMB, 1998; CARNEIRO e RODRIGUES, 2007), podem funcionar como redutos de biodiversidade, pelo menos para alguns grupos de seres vivos. Além de desfazer a idéia equivocada de que plantações florestais são, invariavelmente, “desertos verdes”,

os estudos analisados remetem, inevitavelmente, ao potencial de utilização dos plantios homogêneos de espécies comerciais como técnica alternativa para a reabilitação de áreas degradadas e até mesmo para a facilitação da restauração ecológica de florestas nativas.

Ainda que o objetivo principal das plantações florestais continue sendo comercial, são recomendáveis estudos que quantifiquem os custos e os benefícios de práticas incrementadoras da regeneração natural para a produção florestal e para a conservação da biodiversidade, tentando buscar um balanço entre ambos (PARROTTA *et al.*, 1997).

A prática da condução da regeneração natural que se desenvolve sob os plantios florestais homogêneos é, sem dúvida, menos custosa quando comparada aos métodos tradicionais de restauração florestal (plantios heterogêneos de mudas de espécies nativas) (CARNEIRO e RODRIGUES, 2007; MODNA, 2010). Ao contrário do que ocorre com a condução da regeneração natural, os plantios heterogêneos com mudas de espécies nativas são de difícil implantação e, muitas vezes, apresentam resultados insatisfatórios. Tais resultados podem ser creditados, em parte, ao desconhecimento das características biológicas, ecológicas e silviculturais da maioria das espécies nativas (LEOPOLD *et al.*, 2001).

Um outro aspecto, até o momento pouco investigado, diz respeito ao potencial dos plantios florestais no fornecimento de mudas para a restauração alóctone, ou seja, de áreas outras que não aquelas onde os plantios se localizam. Os estudos já realizados, de forma geral, focam o potencial dos plantios florestais na restauração autóctone. Entretanto, a existência de regeneração natural abundante sob os plantios comerciais cria a perspectiva de que os indivíduos regenerantes (plântulas e jovens), presentes no sub-bosque, possam ser transferidos diretamente para áreas a serem restauradas ou para viveiros de produção de mudas, com posterior plantio no campo. A remoção de plântulas de florestas nativas encontra obstáculos na legislação ambiental, mas é viável em plantações florestais. Os poucos dados disponíveis sobre essa viabilidade são promissores (VIANI *et al.*, 2007), colocando mais uma contribuição possível de plantios florestais comerciais à restauração ecológica, que merece ser melhor estudada.

A restauração florestal por meio da condução da regeneração natural sob os plantios é sem dúvida interessante, pois gera acréscimos

evidentes para a biodiversidade local (LAMB, 1998) e concilia a produção florestal com a restauração da biodiversidade (CARNEIRO e RODRIGUES, 2007), devendo ser aproveitada nas diversas situações em que é viável do ponto de vista econômico e ambiental.

Analisando-se o conhecimento sobre o assunto do ponto de vista biogeográfico, verifica-se que as pesquisas que investigam a regeneração natural sob plantios comerciais no Brasil, embora sejam abundantes, concentram-se em determinadas regiões e biomas. É desejável, portanto, que estudos sejam realizados em outras regiões fitogeográficas do País onde plantações florestais também ocupam áreas expressivas.

É importante salientar que boa parte dos estudos resulta apenas na caracterização da regeneração natural de espécies arbustivas e arbóreas nativas no sub-bosque dos plantios florestais. Esses estudos foram importantes para demonstrar que plantios florestais comerciais podem ser catalisadores da regeneração natural dessas espécies. Entretanto, novos estudos devem ser realizados buscando o avanço do conhecimento científico, indo além dessa perspectiva, propondo-se também a investigar, por meio de manipulação experimental e testes de hipóteses, quais fatores específicos (ambientais, biológicos, históricos e silviculturais) influenciam, e de que maneira, os processos de restabelecimento e manutenção da biodiversidade no sub-bosque das plantações florestais. Tais experimentos poderão nortear o manejo das florestas de produção para uma combinação ótima de produção e conservação da biodiversidade e também poderão viabilizar a utilização de plantios florestais comerciais como facilitadores da restauração de ecossistemas.

#### AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de pós-graduação concedida ao primeiro autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade concedida ao segundo autor.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2007**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/>> Acesso em: 10 de abril de

2008.

ALLEN, R. B.; PLATT, K. H.; COKER, R. E. J. Understorey species composition patterns in a *Pinus radiata* D. Don plantation on the central North Island volcanic plateau, New Zealand. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 25, p. 301-317, 1995.

ARÉVALO, J. R.; FENÁNDEZ-PALACIOS, J. M. Gradient analysis of exotic *Pinus radiata* plantations and potential restoration of natural vegetation in Tenerife, Canary Islands (Spain). **Acta Oecologica**, Paris, v. 27, p. 1-8, 2005.

ASHTON, P. M. S. *et al.* Restoration of a Sri Lankan rain forest: using Caribbean pine *Pinus caribaea* as a nurse for establishing late-successional tree species. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 34, p. 915-925, 1997.

ÁVILA, A. L. *et al.* Regeneração natural em um subosque de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 696-698, jul. 2007, supl. 2.

BARBOSA, C. E. A. *et al.* Diversity of Regenerating Plants in Reforestations with *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze of 12, 22, 35, and 43 Years of Age in Parana' State, Brazil. **Restoration Ecology**, Malden, v. 17, n. 1, p. 60-67, Jan. 2009.

BARLOW, J. *et al.* Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 104, n. 47, p. 18555-18560, Nov. 2007.

BONE, R.; LAWRENCE, M.; MAGOMBO, Z. The effect of a *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) plantation on native woodland recovery on Ulumba Mountain, southern Malawi. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 83-99, 1997.

BOSSUYT, B.; HONNAY O.; HERMY, M. Evidence for community assembly constraints during succession in dune slack plant communities. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 178, p. 201-209, June 2005.

BORGES, K. H.; ENGEL, V. L. Influência de fragmentos de vegetação nativa na composição do banco de sementes de povoamentos implantados de eucaliptos. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS - SBEF, 1993, p.434-437.

CALEGARIO, N. *et al.* Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies arbóreas nativas no subosque de povoamentos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 1,



- p. 16-29, 1993a.
- CALEGARIO, N. *et al.* Estimativa de parâmetros de distribuição e associação de espécies vegetais nativas regeneradas no subosque de *Eucalyptus*, no município de Belo Oriente-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 146-161, 1993b.
- CAMUS, J.M. *et al.* Planted forests and biodiversity. **Journal of Forestry**, Washington, v. 104, p. 65-77, Mar. 2006.
- CARNEIRO, P. H. M.; RODRIGUES, R. R. Management of monospecific commercial reforestations for the forest restoration of native species with high diversity. In: RODRIGUES, R. R. *et al.* **High Diversity Forest Restoration in Degraded Areas: Methods and Projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, 2007. cap. 3.1, p. 129-144.
- CARNEIRO, P. H. M. **Caracterização florística e estrutural da dinâmica da regeneração de espécies nativas em um povoamento comercial de *Eucalyptus grandis* em Itatinga-SP**. 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.
- CARNEVALE N.; MONTAGNINI, F. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 163, p. 217-227, 2002.
- CHAPMAN, C. A.; CHAPMAN, L. J. Exotic tree plantations and the regeneration of natural forests in Kibale National Park, Uganda. **Biological Conservation**, Essex, v. 76, n. 3, p. 253-257, 1996.
- CHOU, C. H.; KUO, Y. L. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. III. Allelopathic exclusion of understory by *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 12, p. 1431-1448, 1986.
- CHAPMAN, C. A. *et al.* Does weeding promote regeneration of an indigenous tree community in felled pine plantations in Uganda? **Restoration Ecology**, Malden, v. 10, p. 408-415, June 2002.
- CUSACK, D.; MONTAGNINI, F. The role of native species in plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 188, p. 1-15, 2004.
- DALLING, J. W.; SWAINE, M. D.; GARWOOD, N. C. Soil seed bank community in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 13, n. 5, p. 659-680, 1997.
- D'ANTONIO, C.; MEYERSON, L. A. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. **Restoration Ecology**, Malden, v. 10, n. 4, p. 703-713, Dec. 2002.
- DI BITETTI, M. S.; PLACCI, G.; DIETZ, L. A. **Uma visão de biodiversidade para a ecorregião Florestas do Alto Paraná - bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação**. Washington: World Wildlife Fund, 2003. 152 p.
- DURAN, S. M.; KATTAN, G. H. A test of the utility of exotic tree plantations for understory birds and food resources in the Colombian Andes. **Biotropica**, Washington, v. 37, p. 129-135; 2005.
- DURIGAN, G. *et al.* Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 71-85, 1997.
- DURIGAN, G. *et al.* Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis, SP. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 12, n. 3, p.421-429, 1998.
- DURIGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado. In: KAGEYAMA, P.Y. *et al.* **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. cap 8, p. 185-204.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, A. J. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. *et al.* **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. cap 1, p. 1-26.
- FABIÃO, A. *et al.* Influence of soil and organic residue management on biomass and biodiversity of understory vegetation in a *Eucalyptus globulus* Labill. Plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 171, p. 87-100, 2002.
- FAO - Food and Agriculture Organization. **Global Forest Resources Assessment Progress towards sustainable forest management**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005. 320 p.
- FERREIRA, W. C.; FERREIRA, M. J.; MARTINS, J. C. Regeneração Natural de Espécies Arbustivo-arbóreas no Subosque de *Eucalyptus grandis* em Mata Ciliar, no Município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 579-581, jul. 2007, supl. 1.
- FRANCO, A. A. *et al.* The importance of biological nitrogen fixation on land rehabilitation. In: PEDROSA, F. O. *et al.* **Nitrogen fixation: from**

- molecules to crop productivity. New York: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 569-570.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 29, n. 5/6, p. 897-903, May/June 1997.
- GALDOLFI, S.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R. Permeability - Impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, jul./ago. 2007.
- GELDENHUYS, C. J. Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 101-115, 1997.
- GISP. **South America invaded: the growing danger of invasive alien species**. Nairobi: The Global Invasive Species Programme. 2005, 80 p.
- GUARIGUATA, M.; RHEINGANS, R.; MONTAGNINI, F. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. **Restoration Ecology**, Malden, v. 3, n. 4, p.252-260, Dec. 1995.
- HAGGAR, J.; WIGHTMAN, K.; FISHER, R. The potential of plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape in lowland Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p.55-64, 1997.
- HARRINGTON, R. A.; EWEL, J. J. Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 153-162, 1997.
- HOFFMANN W. A. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**, Cambridge, v. 35, p. 422-433, 1998.
- KATTAN, G. H. *et al.* Leaf-Litter Arthropods in Restored Forests in the Colombian Andes: A Comparison Between Secondary Forest and Tree Plantations. **Restoration Ecology**, Malden, v. 14, n. 1, p. 95-102, Mar. 2006.
- KEENAN, R. *et al.* Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 117-131, 1997.
- KENDLE, A. D.; ROSE, J. E. The aliens have landed! What are the justifications for 'native only' policies in landscape plantings? **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 47, p. 19-31, 2000.
- KOONKHUNTHOD, N.; SAKURAI, K.; TANAKA, S. Composition and diversity of woody regeneration in a 37-year-old teak (*Tectona grandis* L.) plantation in Northern Thailand. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 247, p. 246-254, 2007.
- LAMB, D. Large-scale ecological restoration of degraded tropical lands: the potential role of timber plantations. **Restoration Ecology**, Malden, v. 6, n. 3, p. 271-279, Sept. 1998.
- LEE, E. W. S.; HAU, B. C. H.; CORLETT, R. T. Natural regeneration in exotic tree plantations in Hong Kong, China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 212, p. 358-366, 2005.
- LEMENIH, M.; TEKETAY, D. Effect of prior land use on the recolonization of native woody species under plantation forests in the highlands of Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 218, p. 60-73, 2005.
- LEOPOLD, A. C. *et al.* Attempting restoration of wet tropical forests in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 142, p.243-249, 2001.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1996. 301 p.
- LOMBARDI, J. A.; MOTTA JUNIOR, J. C. Levantamento do subosque de um reflorestamento monoespecífico de *Pinus elliotti* em relação às síndromes de dispersão. **Turrialba**, San Jose, v. 42, n. 4, p. 438-442, 1992.
- LUGO, A. E. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 62, p. 1-41, Mar. 1992.
- LUGO, A. E. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 9-19, 1997.
- LWANGA, J. S. Forest succession in Kibale National Park, Uganda: Implications for forest restoration and management. **African Journal of Ecology**, Oxford, v. 41, p.9-22, Mar. 2003.
- MAROD, D. *et al.* The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal Forest in Thailand. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 161, n. 1, p. 41-57, 2002.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, G.; GORENSTEIN, M. R. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 927-934, 2007.
- MOCHIUTTI, S.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. Fitossociologia dos estratos arbóreo e de regeneração natural em um povoamento de acácia-

- negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) na região da floresta estacional semidecidual do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 207-222, abr./jun. 2008.
- MODNA, D.; DURIGAN, G.; VITAL, M.V.C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora da regeneração natural em mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.
- NAPPO, M. E. *et al.* Dinâmica da estrutura diamétrica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no subosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 35-46, 2005.
- NAPPO, M. E. *et al.* Dinâmica da estrutura fitossociológica da regeneração natural em subosque de *Mimosa scabrella* Bentham em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 811-829, 2004.
- NERI, A. V. *et al.* Regeneração de espécies nativas lenhosas sob plantio de *Eucalyptus* em área de cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 369-376, 2005.
- NÓBREGA, A. M. F. *et al.* Regeneração natural em remanescentes florestais e áreas reflorestadas da várzea do rio Mogi-Guaçu, Luiz Antônio - SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 909-920, 2008.
- OBERRHAUSER, U. Secondary forest regeneration beneath pine (*Pinus kesiya*) plantations in the northern Thai highlands: a chronosequence study. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 171-183, 1997.
- OTSAMO, R. Secondary forest regeneration under fastgrowing forest plantations on degraded *Imperata cylindrica* grasslands. **New Forests**, Dordrecht, v. 19, p. 69-93, 2000.
- PARROTTA, J. A. Productivity, nutrient cycling, and succession in single and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 124, p. 45-77, 1999.
- PARROTTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p.1-7, 1997.
- PÉREZ-SALICRUP, D. R.; PEÑALOZA-GUERRERO, C.; AGUIAR-ELEUTÉRIO, A. A. Regeneration of *Styrax argenteus* in natural forest and in plantations of *Cupressus lindleyi* in Michoacan, Mexico. **New Forests**, Dordrecht, v. 32, p. 231-241, 2006.
- POWERS, S.; HAGGAR, J. P.; FISHER, R. F. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness in seven year old plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p.43-54, 1997.
- REZENDE, M. L. *et al.* Regeneração natural de espécies florestais nativas em subosque de *Eucalyptus* e em mata secundária no município de viçosa, zona da mata - Minas Gerais, Brasil. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: FUNEP, 1994. p. 409-418.
- RIBEIRO, A. C. C. **Efeito da remoção da serrapilheira no estabelecimento de plântulas de espécies nativas da Mata Atlântica em plantios de eucalipto *Corymbia citriodora* (Hook) L.A. Johnson & K.D. Hill. na Reserva Biológica União, Rio das Ostras, RJ. Campos dos Goytacazes, RJ. 2007.** 64 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- SAHA, S. Vegetation composition and structure of *Tectona grandis* (teak family Verbenaceae) plantations and dry deciduous forests in central India. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 148, p. 159-167, 2001.
- SANTOS, F. F. M.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Regeneração natural sob diferentes modelos de plantio de mata ciliar em região de cerrado, no município de Assis, SP. **IF Série Registros**, São Paulo v. 31, p. 225-228, jul. 2007.
- SAPORETTI JÚNIOR, A. W.; MEIRA NETO J. A. A.; ALMADO, R. Fitossociologia de subosque de cerrado em talhão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no município de Bom Despacho-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 905-910, 2003.
- SARTORI, M. A.; POGGIANI, F.; ENGEL, V. L. Regeneração da vegetação arbórea nativa no subosque de um povoamento de *Eucalyptus Saligna* Smith. Localizado no Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 86-103, 2002.
- SCHERER, L. M. *et al.* Efeito alelopático do extrato aquoso de folha e de fruto de leucena (*Leucaena leucocephala* Wit) sobre a germinação e crescimento de raiz da canafístula (*Peltophorum*

- dubium* Spreng.). **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 161-166, abr./jun. 2005.
- SENBETA, F.; TEKETAY, D.; NÄSLUND, B. Å. Native woody species regeneration in exotic tree plantations at Munessa-Shashemene forest, southern Ethiopia. **New Forests**, Dordrecht, v. 24, p. 131-145, 2002.
- SEYMOUR, R. S.; HUNTER JR, M. L. Principles of Ecological Forestry. In: HUNTER JR, M. L. **Managing Biodiversity in Forest Ecosystems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. cap. 2, p. 22-61.
- SHIBAYAMA, T. *et al.* Effects of fire on the recruitment of rain forest vegetation beneath *Pinus caribaea* plantations, Sri Lanka. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, p. 357-363, 2006.
- SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of an Atlantic Forest in the understory of an *Eucalyptus grandis* stand in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, p. 148-152, 1995.
- SILVEIRA, E. R.; DURIGAN, G. Recuperação de matas ciliares: estrutura da floresta e regeneração natural aos dez anos em diferentes modelos de plantio na Fazenda Canaçu, Tarumã, SP. In: VILAS BOAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em Conservação e Recuperação Ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. cap.19, p. 325-347.
- SOUZA, F. M.; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 191, p.185-200, 2004.
- SOUZA FILHO, P. C. *et al.* Regeneração Natural após Diferentes Níveis de Perturbação em Subosque de *Eucalyptus* sp. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto alegre, v. 5, p. 96-98, jul. 2007, supl. 1.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, The Hague, v. 75, p. 81-86, May 1998.
- TABARELLI, M.; VILLANI, J. P.; MANTOVANI, W. A recuperação da floresta atlântica sob plantios de *Eucalyptus* no núcleo Santa Virgínia, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 187-201, 1993.
- TUBINI, R. **Comparação entre a regeneração em plantios abandonados de *Eucalyptus saligna* Smith. e em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa em São Bernardo do Campo/SP**. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2006.
- TYYNELÄ, T. M. Species diversity in *Eucalyptus camaldulensis* woodlots and miombo woodland in Northeastern Zimbabwe. **New Forests**, Dordrecht, v. 22, p. 239-257, 2001.
- VIANI, R. A. G. **O uso da regeneração natural (Floresta Estacional Semidecidual e talhões de *Eucalyptus*) como estratégia de produção de mudas e resgate da diversidade vegetal na restauração florestal**. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- VIANI, R. A. G.; NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Transference of seedlings and aloctone young individuals as ecological restoration methodology. In: RODRIGUES, R. R. *et al.* **High Diversity Forest Restoration in Degraded Areas: Methods and Projects in Brazil**. New York: New Science Publishers, 2007. cap. 3.2, p. 145-170.
- WARREN, M. W.; ZOU, X. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 170, p. 161-171, 2002.
- WEIHER, E.; CLARKE, G. D. P.; KEDDY, P. A. Community assembly rules, morphological dispersion and the coexistence of plant species. **Oikos**, Copenhagen, v. 81, p. 309-322, 1998.
- WHITMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology**, Washington, v. 70, n. 3, p. 536-538, June 1989.
- WILSON, J. B. Assembly rules in plant communities. In: WEIHER, E.; KEDDY, P. **Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. cap. 5, p 130-164.
- WUNDERLE, J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p.223-235, 1997.
- YIRDAW, E.; LUUKKANEN, O. Indigenous woody species diversity in *Eucalyptus globulus* Labill. plantations in the Ethiopian highlands. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 12, p. 567-582, 2003.