DANIELA MODNA

**Aspectos ecológicos e econômicos do plantio de *Pinus elliottii*
Engelm var. *elliottii* como facilitadora da restauração de mata
ripária em região de Cerrado (Assis, SP, Brasil).**

Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Doutora
em Ciências da Engenharia Ambiental

Orientadora: Dra. Giselda Durigan

São Carlos
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Modna, Daniela
M692e Aspectos ecológicos e econômicos do plantio de
Pinus elliottii Engelm var.*elliottii* como facilitadora da
restauração de mata ripária em região de Cerrado (Assis, SP,
Brasil) / Daniela Modna ; orientadora Giselda Durigan. -- São
Carlos, 2007.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação e Área de
Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

1. Cerrado. 2. Custos de restauração. 3. Dinâmica da
comunidade natural. 4. Plantio de *Pinus*. 5. Recuperação de
matas ciliares. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Licenciada **DANIELA MODNA**

Tese defendida e julgada em 29/11/2007 perante a Comissão Julgadora:

Prof.^a. Dr.^a. **GISELMA DURIGAN (Orientadora)**
(Instituto Florestal do Estado de São Paulo)

aprovada

Prof. Associado **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovada

Prof.^a. Dr.^a. **VERA LEX ENGEL**

(Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"/UNESP-Campus de Botucatu)

aprovada

Prof. Dr. **JOÃO JUARES SOARES**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

aprovada

Prof. Dr. **ANTONIO APARECIDO CARPANEZZI**
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA CNPF-PR)

aprovado

Prof. Titular **MARCELO PEREIRA DE SOUZA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

Ao meu pai Gilberto, que me ensinou a amar a Natureza;
À minha mãe Jane, que me ensinou a nunca desistir.

Expresso aqui meus agradecimentos àqueles que apoiaram a realização deste estudo:

Prof. Assoc. Evaldo L. G. Espíndola, pelo apoio na continuidade do doutorado.

Dra. Giselda Durigan, toda minha gratidão pela amizade, por ter sido minha anfitriã e, sobretudo, pela solicitude com que se empenhou como orientadora.

Dr. Antônio Carlos Galvão de Melo, grande amigo e incentivador, e ***sua família***, pela hospitalidade com que me recebeu em Assis.

Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos, pelo aprendizado que me proporcionou.

Meu marido André Luís Masiero, o maior encorajador do meu crescimento pessoal e profissional.

Pesquisador Marco Antônio de Oliveira Garrido, idealizador deste trabalho.

Viviane Soares Ramos, pelo fornecimento de figuras.

Wilson A. Contieri, Mitsuro Kawabata e Éliton Rodrigo da Silveira, Edivaldo Furlan e Edson Damasceno que colaboraram na coleta de dados nas diferentes etapas do estudo.

Professores Dr. Marco Antônio Assis e Dr. João Juarez Soares, pelas valiosas contribuições dadas no Exame de Qualificação.

Minha família, fonte incessante de carinho e apoio.

*“É preciso ter um caos dentro de si para
dar à luz uma estrela cintilante.”*

*Friedrich Nietzsche, **Assim falou Zaratustra** (1885)*

RESUMO

MODNA, D. **Espécies exóticas na restauração florestal: aspectos ecológicos e econômicos do plantio de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* como pioneira em região de cerrado, Assis, SP, Brasil.** 2007. 171 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Os elevados custos de plantio e de manutenção de espécies nativas limitam a restauração florestal no Brasil. Buscando reduzir custos e acelerar a recuperação de vegetação ripária em região de cerrado, testou-se a utilização de espécie exótica de rápido crescimento (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) como facilitadora da regeneração natural de espécies nativas lenhosas, no município de Assis, Estado de São Paulo, Brasil. A exploração de madeira e resina de *Pinus* poderia gerar receitas aos proprietários rurais e estimular ações de restauração com a compensação dos custos de plantio. Três tratamentos com plantio de *Pinus* nos espaçamentos 3 x 3 m, 3 x 2 m e 2 x 2 m, mais um quarto tratamento com áreas sem plantio (controle), foram instalados. Cada tratamento teve quatro repetições, em blocos ao acaso. Foram alocadas 16 parcelas (18 x 12 m cada) paralelamente ao rio, distando 20 a 40 m da margem. A área experimental fora utilizada como pastagem por duas décadas. Na ocasião do plantio (1995), predominavam gramíneas africanas. Plantas lenhosas e estruturas subterrâneas existentes foram preservadas. Avaliou-se área basal, cobertura de copas e sobrevivência das árvores plantadas, assim como composição florística, estrutura e cobertura de copas das plantas lenhosas em regeneração (altura mínima de 50 cm) em 1996, 1998, 1999, 2001 e 2006. Desejava-se verificar se: 1) *Pinus* facilitaria a regeneração da comunidade nativa; 2) *Pinus* dificultaria a

regeneração da comunidade nativa ou 3) *Pinus* não alteraria a regeneração da comunidade nativa. Até 2006, a densidade média de plantas lenhosas regenerantes foi de 4923 ind.ha⁻¹ sob *Pinus* (maior quanto maior a densidade de *Pinus*) e de 3472 ind.ha⁻¹ no controle. Foram registradas 68 espécies lenhosas nativas em regeneração na área experimental, pertencentes a 31 famílias. Houve correlação positiva entre densidade das plantas regenerantes e densidade e área basal de *Pinus*, e correlação negativa entre parâmetros estruturais de *Pinus* e cobertura do terreno por gramíneas. Conclui-se que *Pinus* eliminou as gramíneas pelo sombreamento, favorecendo indiretamente as plantas nativas. Até 2006, não se constatou competição entre plantas nativas e *Pinus* pelos recursos do ambiente. Houve maior proporção de plantas zoocóricas regenerantes no controle, e correlação negativa entre proporção de regenerantes zoocóricos e parâmetros estruturais de *Pinus*. Foram favorecidas por *Pinus* 40% das espécies regenerantes e, 25%, prejudicadas. A sucessão deverá conduzir as duas situações a comunidades distintas, especialmente em função da tolerância das espécies à sombra, predominantes sob *Pinus*. A análise econômica do uso de *Pinus elliottii* como facilitadora da regeneração natural demonstrou menores custos de plantio (cerca de um terço dos custos de plantios mistos com espécies nativas), compensados por um ano de exploração de resina. Porém, as técnicas usuais de exploração podem danificar as plantas regenerantes do sub-bosque. Assim, a restauração da comunidade nativa exige meios menos impactantes de exploração dos plantios de espécies exóticas.

Palavras-chave: cerrado, custos da restauração, dinâmica da comunidade natural, plantio de *Pinus*, recuperação de matas ciliares.

ABSTRACT

MODNA, D. **Exotic species in forest restoration: ecological and economical aspects of using *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* as pioneer in cerrado region, Assis, SP, Brazil.** 2007. 171 p. Thesis (Doctoral) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

Among the obstacles to the native forests restoration in Brazil we find the high costs of planting high diversity of native trees. Searching for reduction of costs and vegetation recovery acceleration, the use of a fast growing exotic species (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) as pioneer was tested in a riparian area in the cerrado domain, at Assis municipality, São Paulo State, Brazil. As observed in forest plantations with exotic species in the same region, we expected the natural regeneration of native species to occur under the planted exotic trees. In addition, the later exploitation of the exotic species could bring some profit to the land owner, surpassing the restoration costs, and thus stimulating forest restoration initiatives. *Pinus* was planted in three different spacings (treatments): 3 x 3 m, 3 x 2 m and 2 x 2 m, and a fourth treatment consisted of not planted plots (control). Every treatment had four replications in randomized blocks, the 16 plots (18 x 12 m each) settled along the stream, from 20 to 40m far from the margin. The experimental area had been used as pasture for at least two decades, mostly covered by African grasses. Some native species then existing were preserved when the *Pinus* trees were planted, in 1995, without revolving the soil. Basal area, crown cover and survival of planted trees, as well as floristic composition, density and crown cover of native species regenerating in every plot (minimum height 50 cm) were assessed in 1996, 1998, 1999, 2001 and

2006. The aim was to verify if: 1) *Pinus* trees facilitating the regeneration of the native species, 2) *Pinus* trees obstructing the evolution of the native community or 3) the exotic species not affecting the native community. In 2006, density of the native woody species regenerating was 4923 ind.ha⁻¹ under *Pinus* and 3472 ind.ha⁻¹ in the control, from a total of 68 woody species (31 families) in the experimental area. Density of the regenerating community was positively correlated to density and basal area of *Pinus*. Thus, we concluded that *Pinus* eliminating grasses by shading (ground cover by grasses was inversely correlated to *Pinus* structure), indirectly favored the native woody species and are still not competing with them. The proportion of zoochorous species was negatively correlated to the *Pinus* density, showing that the exotic species does not attract animal seed dispersers. In the open areas (control), the zoochory was relatively more frequent. Density of some species (40%) increasing under *Pinus* and others (25%) decreasing or disappearing, which means secondary succession should go toward different directions if under *Pinus* plantation or in open areas. Analyzing the economical aspects of using *Pinus* as pioneer, we found that planting costs corresponded to a third part of those of planting mixed stands with native species. In addition, planting costs can be compensated by a single year of resin exploitation. However, current techniques of resin extraction or timber exploitation could cause considerable damages to the understory. Alternative exploitation techniques of the exotic species must be encouraged if restoration of the native community in the understory is expected.

Key words: community dynamics, *Pinus* plantation, restoration costs, riparian forest restoration, savanna.

LISTA DE FIGURAS

1.1 – Localização da área experimental	38
1.2 – Gradiente do entorno da área experimental	39
1.3 – <i>Pinus elliottii</i> plantado em espaçamento 3X3m	39
1.4 – Esquema da distribuição dos tratamentos na área experimental	41
2.1 – Evolução do DAP (cm) das árvores de <i>Pinus elliottii</i> em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de cerrado.	59
2.2 – Evolução da altura (m) de <i>Pinus elliottii</i> em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de cerrado.	60
2.3 – Evolução da área basal ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) de <i>Pinus elliottii</i> em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de cerrado.	60
2.4 – Evolução da área de copa (m^2) de <i>Pinus elliottii</i> em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de cerrado.	61
2.5 – Evolução da área basal do estrato regenerante ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento.	62
2.6 – Evolução de cobertura de copas do estrato regenerante ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento.	63
2.7 – Evolução do número de espécies por parcela ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento.	64
2.8 – Evolução da densidade de indivíduos em regeneração ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento.	65
2.9 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de cerrado (<i>Pinus</i> em espaçamento 2 x 2 m)	69
2.10 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de cerrado (<i>Pinus</i> em espaçamento	

3 x 2 m)	70
2.11 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de cerrado (<i>Pinus</i> em espaçamento 3 x 3 m)	70
2.12 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de cerrado (Parcelas sem <i>Pinus</i>)	71
2.13 – Proporção entre densidade de indivíduos de diferentes hábitos sob <i>Pinus elliottii</i> e nas parcelas controle	77
2.14 – Proporção entre densidade de indivíduos segundo a síndrome de dispersão sob <i>Pinus</i> e nas parcelas controle	78
2.15 – Cobertura do piso sob <i>Pinus elliottii</i> em diferentes tratamentos em 2006	80
2.16 – “Ilha de regeneração”: crescimento agregado de <i>Tapirira guianensis</i> e outras espécies	86
3.1 – Dinâmica populacional de <i>Ilex affinis</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	108
3.2 – Dinâmica populacional de <i>Tibouchina stenocarpa</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	109
3.3 – Dinâmica populacional de <i>Miconia chamissois</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	109
3.4 – Dinâmica populacional de <i>Miconia albicans</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	110
3.5 – Dinâmica populacional de <i>Erythroxylum cuneifolium</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	111
3.6 – Dinâmica populacional de <i>Leandra lacunosa</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	112
3.7 – Dinâmica populacional de <i>Tocoyena formosa</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	113

3.8 – Dinâmica populacional de <i>Xylopia aromatica</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	114
3.9 – Dinâmica populacional de <i>Styrax pohlii</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	114
3.10 – Dinâmica populacional de <i>Senna rugosa</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	115
3.11 – Dinâmica populacional de <i>Erythroxylum deciduum</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	116
3.12 – Dinâmica populacional de <i>Ocotea corymbosa</i> sob plantio de <i>Pinus</i> e em áreas abertas na zona ripária em região de Cerrado	117
3.13 – Distribuição de <i>Miconia chamissois</i> e <i>Ilex affinis</i> em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de recuperação de floresta ripária em região de Cerrado	122
3.14 – Distribuição de <i>Miconia albicans</i> e <i>Tibouchina stenocarpa</i> em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de recuperação de floresta ripária em região de Cerrado	123
3.15 – Distribuição de <i>Chamaecrista flexuosa</i> e <i>Cyathea delgadii</i> em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de recuperação de floresta ripária em região de Cerrado	123
3.16. Distribuição de <i>Ocotea corymbosa</i> e <i>Xylopia aromatica</i> em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de recuperação de floresta ripária em região de Cerrado	123
3.17 – Distribuição de <i>Styrax pohlii</i> e <i>Erythroxylum cuneifolium</i> em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de recuperação de floresta ripária em região de Cerrado	124
4.1 – Resinagem em sistema fechado	166

LISTA DE TABELAS

1.1 – Fitofisionomias do Cerrado associadas às condições edáficas	23
1.2 – Características ambientais dos locais de origem de <i>Pinus elliottii</i>	31
2.1 - Distribuição das plantas lenhosas em regeneração por classes de altura, ao longo de onze anos de monitoramento nos diferentes tratamentos de plantio experimental em região de cerrado	67
2.2 - Variação temporal do Índice de diversidade de Shannon (H') da vegetação nativa em regeneração na área experimental	72
2.3 – Hábito, síndrome de dispersão e densidade das espécies observadas em regeneração sob <i>Pinus</i> e nas parcelas controle aos onze anos após a instalação do plantio experimental para restauração de floresta ripária em região de cerrado, Assis, SP	73
2.4 – Matriz de correlações entre parâmetros estruturais da floresta plantada de <i>Pinus elliottii</i> e do estrato regenerante em plantio experimental de restauração florestal em região de cerrado	82
3.1 – Densidade das populações de espécies em regeneração sob <i>Pinus</i> e nas parcelas controle ao longo de onze anos de experimento, e sua relação com a presença de <i>Pinus elliottii</i>	100
3.2 – Relação das espécies mais abundantes na área experimental com as árvores plantadas de <i>Pinus elliottii</i>	120
3.3 – Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem	127
4.1 – Custos de implantação de reflorestamento de <i>Pinus elliottii</i>	160
4.2 – Custos de implantação de reflorestamento de espécies nativas	161
4.3 - Potencial de rendimento bruto anual da exploração de resina de <i>Pinus elliottii</i> em	

diferentes espaçamentos	163
4.4 - Potencial de rendimento bruto da exploração de madeira de <i>Pinus elliottii</i> em diferentes espaçamentos aos onze anos após o plantio	164
5.1 – Confrontação das hipóteses com as conclusões do estudo	175
5.2 – Resultados de restauração de mata ripária de Cerrado considerando-se duas possibilidades de intervenção	181

SUMÁRIO

Resumo	7
<i>Abstract</i>	9
Lista de figuras	11
Lista de tabelas	14
CAPÍTULO 1 - Introdução geral	20
1.1. A vegetação ripária natural do Cerrado	21
1.2. Aspectos relativos à restauração de florestas ripárias	25
1.3. A introdução do gênero <i>Pinus</i> no Brasil	30
1.3.1. Características da espécie <i>Pinus elliottii</i>	31
1.3.2. <i>Pinus elliottii</i> como espécie invasora	32
1.4. Histórico da pesquisa	33
1.5. Objetivos e hipóteses	34
1.5.1. Objetivo geral	34
1.5.2. Objetivos específicos	35
1.5.3. Hipóteses	36
1.6. Caracterização da área experimental	36
1.7. Delineamento experimental	40
1.8. Referências bibliográficas	42
CAPÍTULO 2 – Estrutura da comunidade vegetal nativa em regeneração sob <i>Pinus elliottii</i> Engelm var. <i>elliottii</i> em região de cerrado	48
Resumo	49
2.1. Introdução	49
2.2. Material e métodos	56

2.2.1. Avaliação	56
2.2.2. Tratamento dos dados – análises estatísticas	57
2.2.3. Identificação das espécies	58
2.3. Resultados	58
2.3.1. Crescimento das árvores de <i>Pinus elliottii</i>	58
2.3.2. Estrutura da comunidade em regeneração natural	61
2.3.2.1. Área basal do estrato regenerante	62
2.3.2.2. Cobertura das copas do estrato regenerante	62
2.3.2.3. Número de espécies regenerantes	63
2.3.2.4. Densidade de indivíduos regenerantes	64
2.3.2.5. Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura	65
2.3.3. Diversidade de espécies em regeneração natural	71
2.3.4. Hábito e síndrome de dispersão das espécies do estrato regenerante	73
2.3.5. Cobertura do piso nos diferentes tratamentos	79
2.3.6. Análise de correlações de Pearson	81
2.4. Discussão	83
2.5. Conclusões	87
2.6. Referências bibliográficas	88
CAPÍTULO 3 – Dinâmica da regeneração de espécies nativas sob <i>Pinus elliottii</i>	
Engelm var. <i>elliottii</i> em ambiente ripário de cerrado	94
Resumo	95
3.1. Introdução	96
3.2. Material e métodos	98
3.2.1. Avaliação das plantas lenhosas	98
3.2.2. Identificação das espécies	98

3.3. Resultados e discussão	99
3.3.1. Dinâmica populacional das espécies (1996 – 2006)	107
3.3.1.1. <i>Ilex affinis</i>	107
3.3.1.2. <i>Tibouchina stenocarpa</i>	108
3.3.1.3. <i>Miconia chamissois</i>	109
3.3.1.4. <i>Miconia albicans</i>	110
3.3.1.5. <i>Erythroxylum cuneifolium</i>	111
3.3.1.6. <i>Leandra lacunosa</i>	111
3.3.1.7. <i>Tocoyena formosa</i>	112
3.3.1.8. <i>Xylopia aromatica</i>	113
3.3.1.9. <i>Styrax pohlii</i>	114
3.3.1.10. <i>Senna rugosa</i>	115
3.3.1.11. <i>Erythroxylum deciduum</i>	115
3.3.1.12. <i>Ocotea corymbosa</i>	117
3.3.2. Distribuição das espécies em classes de tamanho e comparação de desempenho de regeneração	121
3.3.3. Considerações sobre a ecologia das espécies analisadas	125
3.4. Conclusões	142
3.5. Referências bibliográficas	143
CAPÍTULO 4 – Viabilidade de conciliação entre exploração econômica e restauração de ecossistema ripário	146
Resumo	147
4.1. Introdução	148
4.2. Material e métodos	158
4.2.1. Avaliação econômica da exploração de <i>Pinus elliottii</i> e seus possíveis	

impactos ambientais	158
4.3. Resultados e discussão	159
4.3.1. Custo de implantação e manutenção de plantio de espécies nativas e <i>Pinus elliottii</i>	159
4.3.2. Estimativas do rendimento da exploração da resina e madeira	162
4.3.3. Potenciais implicações da exploração do <i>Pinus elliottii</i> sobre a mata ripária em regeneração	165
4.4. Considerações finais	167
4.5. Referências bibliográficas	169
CAPÍTULO 5 – Análise global da utilização de espécies exóticas em plantios de restauração	173
5.1. Síntese dos resultados	174
5.2. Hipóteses X conclusões do estudo	174
5.3. O risco de contaminação biológica por <i>Pinus</i>	180
5.4. Limitações da legislação	182
5.5. Referências bibliográficas	184

CAPÍTULO 1

Introdução geral

1.1. A vegetação ripária natural do Cerrado

O Cerrado distribui-se pela maior parte do Brasil Central, abrangendo também partes das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul, além de pequenas porções de outros países da América do Sul (Oliveira-Filho e Ratter, 2002).

Além de ocupar proporções expressivas do território brasileiro (23%), o Cerrado se destaca tanto pela sua enorme diversidade biológica como pela situação de ameaça provocada pelo avanço de atividades antrópicas. Estes fatores motivaram o reconhecimento internacional do bioma Cerrado como prioritário para conservação em escala global (Myers et al., 2000).

O cerrado paulista, em particular, foi reduzido drasticamente para dar lugar a pastagens e agricultura. Segundo Durigan et al. (2003), 93% da área originalmente ocupada pela vegetação de cerrado do Estado de São Paulo foi desmatada. Esta área, que correspondia a cerca de 14% do Estado, atualmente não ultrapassa 1%.

O Cerrado é uma formação savânica de origem muito antiga na escala evolutiva, cuja origem foi decorrente de fatores climáticos, bióticos e pedológicos (Ribeiro e Walter, 1998), e cuja vegetação seria resultante das adaptações selecionadas:

- pelo clima com estação seca bem característica;
- pela ocorrência de fogo;
- pela ação de animais (notadamente insetos e seres humanos); e
- por aspectos concernentes à drenagem, à profundidade, à deficiência de minerais e ao excesso de alumínio no solo.

Ab'Saber e Costa Júnior¹ (1950) apud Eiten (1972) afirmam que grande parte do Brasil Central já foi totalmente coberta por vegetação semelhante à de cerrado *sensu stricto* e cerrado. Uma série de mudanças climáticas favoreceu a expansão de florestas úmidas sobre tais áreas, que eram originalmente mais secas, isolando a área de domínio de cerrado nos planaltos entre a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica. Em resposta às modificações edafo-climáticas mencionadas, surgiram os diferentes tipos de vegetação existentes na extensa área de domínio do Cerrado, que foram detalhadamente descritas por Ribeiro e Walter (1998) e Oliveira-Filho e Ratter (2002). Entre essas fitofisionomias se encontram formações florestais ripárias (matas ciliares, matas de galeria, matas de brejo), cuja existência é especialmente importante pela proteção que oferecem aos recursos hídricos.

As principais fitofisionomias da vegetação dentro da área de domínio do Cerrado, bem como a associação delas com as condições edáficas, se encontram na Tabela 1.1:

¹ AB'SABER, A. N. e COSTA JR., M. Contribuição ao estudo do sudoeste goiano. **Boletim Paulista de Geografia**, 4: 3-26, 1950.

TABELA 1.1 – Fitofisionomias do Cerrado associadas às condições edáficas; em destaque, o tipo de vegetação que recobria originalmente a área deste estudo (Modificada a partir de Oliveira-Filho e Ratter, 2002)

Características do solo	Fertilidade do solo		
	Baixa	Intermediária	Alta
Solos altamente drenados e com déficit hídrico sazonal na superfície	Campo limpo; Campo sujo; Campo cerrado; Cerrado <i>sensu stricto</i> ; Cerradão distrófico	Cerradão distrófico; Mata mesófila mesófila semidecídua	Mata mesófila decídua (encostas)
Solos úmidos na maior parte do ano	Cerradão distrófico; Mata de vale (mesófila perenifólia)	Cerradão distrófico; Mata de vale (mesófila semidecídua)	Mata de vale (mesófila semidecídua ou decídua)
Solos muito úmidos ou encharcados permanentemente (ao longo de cursos d'água)	Mata ripária (perenifólia)		
Solos com déficit hídrico ou encharcados sazonalmente	Campos úmidos; veredas; campos rupestres		

A vegetação associada à presença de corpos d'água pode receber diversas denominações, de acordo com as diferenças estruturais, fisionômicas e florísticas resultantes de distintas condições ambientais.

O termo “mata-galeria” é tradicionalmente empregado para designar florestas ao longo de pequenos rios (Ribeiro e Walter, 1998) e “formações florestais ribeirinhas em regiões onde geralmente a vegetação de interflúvio não é de floresta contínua” (Rodrigues, 2000; IBGE, 2004). Este último significado pode também ser atribuído ao termo “floresta ripária” (IBGE, 2004).

O termo “mata ciliar” é mais abrangente, uma vez que é empregado pela legislação brasileira para definir qualquer formação florestal às margens de corpos d'água (Brasil, 1965). Ribeiro e Walter (1998) explicam que o termo se refere a faixas estreitas de florestas algo decíduas presentes nas margens de rios mais largos que aqueles circundados pelas matas de galeria.

“Floresta paludosa” ou “mata de brejo” se referem às florestas em terrenos permanentemente encharcados (Rodrigues, 2000).

De toda forma, Rodrigues (2000) afirma que nem “mata-galeria”, nem “mata ciliar” têm clareza de significado suficiente para serem empregados na nomenclatura fitogeográfica. O autor propõe que a classificação das formações ribeirinhas apresente informações sobre os tipos de vegetação e de ambiente.

Quanto à vegetação que é objeto do presente estudo, não seria possível utilizar somente um termo para defini-la, uma vez que a área experimental apresenta um mosaico de condições edáficas e florísticas. A maior parte da área de estudo poderia ser descrita como uma “formação ribeirinha com influência fluvial sazonal²”, uma vez que está sobre solo cujo lençol freático é elevado. Uma parte menor da

² RODRIGUES, 2000.

área de estudo, porém, não sofre influência direta do rio nem do lençol freático, e pode ser definida como “formação ribeirinha sem influência fluvial³”. Há que se considerar também o fato de que a vegetação de interflúvio não se constitui em floresta contínua. Em vista disso, será utilizado o termo “mata ripária” para referência à vegetação de que trata o presente estudo.

A ocorrência de vegetação florestal ribeirinha no cerrado é determinada pela disponibilidade de água no solo ao longo do ano. Alguns autores consideram que, no cerrado, as formações florestais ribeirinhas são intrusões dos biomas Floresta Amazônica e Mata Atlântica ao longo dos rios. Embora representem menos de 10% da área total de domínio do Cerrado, elas apresentam interfaces com muitos tipos de vegetação (Oliveira-Filho e Ratter, 2002). Funcionando como corredores ecológicos entre fragmentos florestais, grande é sua importância do ponto de vista da biodiversidade, pois possibilitam o fluxo gênico entre populações de espécies animais e vegetais (Martins, 2001; Kageyama et al., 2003; Metzger⁴, 2003).

1.2. Aspectos relativos à restauração de florestas ripárias

A função da vegetação ao longo de cursos d'água é de fundamental importância para a manutenção da qualidade ambiental. As matas ripárias funcionam como filtros que retêm defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos, evitando seu transporte para os cursos d'água e o comprometimento da qualidade

³ RODRIGUES, 2000.

⁴ O autor ressalta que, para permitir efetivamente os fluxos biológicos entre áreas de vegetação não-riparia, a mata ciliar deve ser larga o suficiente para comportar espécies não tolerantes a solos encharcados.

das águas, da fauna e da vida humana (Lima, 1989; Barrella et al., 2000; Martins, 2001).

Apesar de sua grande importância, as florestas existentes ao longo dos rios foram quase totalmente dizimadas em boa parte do Brasil e hoje se considera sua restauração como prioridade entre as estratégias para melhoria da qualidade ambiental.

Rodrigues e Gandolfi (2000) apresentam extensa revisão sobre terminologia para descrever os processos da restauração ecológica. A denominação proposta pelos autores se baseia na magnitude do distúrbio sofrido pelo ambiente, bem como nos objetivos pretendidos com a restauração⁵.

A restauração ecológica é descrita por Engel e Parrota (2003) como um processo de recuperação de funções biológicas e ambientais que permitam a manutenção da integridade ecológica de um ecossistema.

Quando ocorrem situações de degradação ambiental, medidas de reparação devem ser tomadas para evitar a perda irreversível da capacidade do ecossistema em se auto-sustentar. Tal perda resulta em grandes prejuízos, de ordem econômica, social e ambiental, especialmente no que se refere à fertilidade do solo, à qualidade das águas e à biodiversidade.

Diante da importância que se atribui à manutenção da integridade dos ecossistemas, tanto a prevenção quanto a reparação de danos ambientais são previstas pela legislação brasileira em várias esferas. O Código Florestal (Brasil, 1965; 1989; 2001) e a Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981) prevêm e

⁵ Os autores se referem aos seguintes conceitos:

- 1) Restauração *sensu stricto*, quando a degradação é leve, e o ambiente tem condições de retornar naturalmente às suas condições pré-distúrbio;
- 2) Restauração *sensu lato*, quando a resiliência do ambiente degradado o permite retornar a um estado estável intermediário;
- 3) Reabilitação, quando o ambiente atinge estado estável após forte intervenção antrópica;
- 4) Redefinição, quando a área degradada é convertida em ambiente com características e usos distintos daquele pré-degradação.

regulam tanto ações e instrumentos de prevenção e reparação ambiental, quanto a conservação dos recursos ambientais.

Embora nos primeiros plantios de restauração de matas ripárias efetuados no Brasil tenham sido utilizadas espécies nativas e exóticas (Nogueira, 1977; Pulitano et al., 2004), a tendência atual da restauração ecológica é de reconstituição de habitats por meio do uso exclusivo de espécies vegetais nativas, recomendação seguida por vários autores (Barbosa, 2000; Kageyama e Gandara, 2000; Rodrigues e Gandolfi, 2000; Martins, 2001; Kageyama et al., 2003).

Embora sejam amplamente recomendados, os plantios heterogêneos com essências nativas enfrentam diversas dificuldades, que levam muitas vezes ao insucesso da restauração. Tais dificuldades têm origem, muitas vezes, no uso anterior que se fazia do solo e nas condições abióticas decorrentes desse uso. A perda de nutrientes, a compactação do solo, as mudanças no microclima e a remoção do banco de sementes figuram entre as principais causas para o baixo êxito dos plantios com espécies nativas, que são em grande parte pouco adaptadas a condições inóspitas do ambiente. Ademais, plantas nativas crescem lentamente e exigem cuidados por tempo longo para que sobrevivam e cresçam. Há que se considerar também que espécies nativas freqüentemente são mal utilizadas, por desconhecimento de suas características.

O processo de regeneração da vegetação nativa em ambiente de cerrado difere muito do que ocorre em florestas. Nas florestas tropicais, a sucessão secundária se dá pela substituição de espécies até que seja atingido um estágio de estabilidade florística e estrutural (Budowsky, 1970). No processo de regeneração da vegetação de cerrado, as fisionomias mais abertas tendem a se adensar ao longo do tempo (Eiten, 1972), sem que haja, necessariamente, um processo de substituição

de espécies. A chuva de sementes desempenha papel de maior importância nas formações florestais, enquanto que, no cerrado, a reprodução vegetativa tem mais sucesso após a ocorrência de perturbações (Hoffmann, 1998).

Em decorrência dessas peculiaridades, as técnicas de restauração de vegetação de cerrado devem ser também distintas. Segundo Durigan (2003), as técnicas de restauração de áreas degradadas de cerrado podem reunir-se em dois grupos:

(1) criação de condições de regeneração natural, quando as estruturas subterrâneas que permitem o rebrotamento não tiverem sido destruídas pelas formas anteriores de uso do solo; e

(2) plantio, quando não há possibilidade de rebrota.

Os dois conjuntos de métodos podem ser ainda combinados nos casos em que a brotação é lenta e a diversidade das espécies regenerantes é baixa.

Diante dessas constatações, é reforçada a tendência de se considerar o plantio de árvores apenas como um primeiro passo rumo à restauração (Stanturf et al., 2001). Partindo dessa premissa, o uso de espécies exóticas de rápido crescimento passa a ser visto como uma alternativa para a formação de uma estrutura florestal capaz de restabelecer a ciclagem de nutrientes e condições de luminosidade que favoreçam o estabelecimento de espécies nativas no sub-bosque em etapas posteriores (Kageyama et al., 1989; Lugo, 1992; Brown e Lugo, 1994; Silva Jr. et al., 1995; Durigan e Silveira, 1999; D'Antonio e Meyerson, 2002, entre outros).

Além de pesquisas voltadas diretamente ao uso de exóticas em plantios de restauração, vários estudos têm sido efetuados sobre a regeneração natural das espécies nativas sob florestas homogêneas de espécies exóticas plantadas com fins

comerciais. Alguns dos estudos se referem às florestas de eucalipto (Silva Jr. et al., 1995; Durigan et al, 1997), mas a regeneração de espécies nativas sob floresta de *Pinus* também tem sido constatada (Chapman e Chapman, 1996; Fimbel e Fimbel, 1996; Ashton et al., 1997; Harrington e Ewel, 1997; Geldenhuys, 1997).

Usualmente, as árvores de *Pinus* são plantadas em diferentes densidades e espaçamentos, de acordo com o uso a ser feito das árvores plantadas. Ribaski e Medrado (2005) descrevem a possibilidade de se plantar as árvores em faixas, intercaladas com outro tipo de cultura. Admite-se que essa prática também seja factível com o intuito de se permitir o plantio ou a regeneração natural de espécies nativas entre as faixas de *Pinus*, favorecendo simultaneamente a restauração da comunidade vegetal e a exploração comercial das árvores exóticas.

Pressupondo-se que os processos de regeneração natural da vegetação nativa sob plantios de exóticas poderiam ser incorporados às técnicas de restauração ecológica, realizou-se o plantio experimental de que trata o presente estudo.

Quando da instalação do experimento (1995), não havia normas legais que regulamentassem as técnicas de restauração de matas ripárias. O objetivo inicial do experimento era testar a utilização de uma espécie exótica como facilitadora dos processos de regeneração de espécies nativas.

As leis são modificadas à medida que os conhecimentos avançam e muda a natureza das demandas sobre os recursos naturais. No caso da restauração de florestas em áreas de preservação permanente, mudanças muito recentes nas leis tornaram inaplicável o uso de espécies exóticas como facilitadoras da regeneração de espécies nativas (na esfera federal, pela Resolução CONAMA 369 (28/03/2006) e, no Estado de São Paulo, pela Resolução SMA 08, de 07/03/2007). Desse modo,

considera-se que os resultados do presente estudo, embora no momento não se apliquem à restauração de áreas de preservação permanente diante das leis vigentes, possam perfeitamente aplicar-se à recuperação das áreas de reserva legal.

A geração de novos conhecimentos se presta, entre outras finalidades, a dar suporte a modificações nas práticas vigentes, o que pode determinar, inclusive, a adoção de novas normas jurídicas que abordem o assunto (no caso, a restauração da cobertura vegetal).

1.3. A introdução do gênero *Pinus* no Brasil

Datam de 1906 as primeiras referências sobre a introdução de *Pinus* no Brasil (Löfgren⁶ apud Kronka et al, 2005). As pesquisas com o referido gênero se iniciaram em 1936 e, a partir da década de 1950 foram implantados plantios comerciais. A principal razão da introdução do gênero *Pinus* no Brasil foi a demanda por madeira para o setor industrial (Kronka et al, 2005). A boa adaptação do gênero às condições ambientais brasileiras, assim como seu crescimento rápido, suas dimensões homogêneas e suas diversas aplicações favorecem o seu emprego em serrarias, no setor moveleiro, nas indústrias químicas e de celulose e papel.

⁶ Löfgren, A. Notas sobre as plantas exóticas introduzidas no Estado de São Paulo. São Paulo: **Revista Agrícola**, 1906. 238 p.

1.3.1. Características da espécie *Pinus elliottii*

A espécie é originária da região Sudeste dos Estados Unidos, e se distribui pela parte sul dos Estados da Louisiana, Mississippi, Alabama, Geórgia, Carolina do Sul e por toda Flórida (Kronka et al, 2005). As características ambientais dos locais de origem de *Pinus elliottii* estão descritas na tabela a seguir:

Tabela 1.2 – Características ambientais dos locais de origem de *Pinus elliottii* (adaptado de Kronka et al, 2005).

Solo	Arenoso
Altitude	Menor que 990 m
Precipitação média anual	1270 mm
Temperatura média anual	17,2° C (varia de 41° C a -18° C)
Clima	Quente e úmido

Pinus elliottii possui duas variedades: var. *elliottii* e var. *densa*. Esta última, por possuir crescimento mais lento e formato mais irregular, não é largamente utilizada no Brasil (Shimizu e Medrado, 2005).

Pinus elliottii se desenvolve satisfatoriamente em locais com invernos frios e chuvas bem distribuídas ao longo do ano, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa

Catarina, Paraná (exceto no norte), e nas regiões serranas e do sul do Estado de São Paulo (Kronka et al, 2005).

As espécies de *Pinus* são descritas como favoráveis à “formação de cobertura protetora do solo e reconstituição de ambiente propício à recomposição espontânea da vegetação nativa em ambientes degradados” (Shimizu e Medrado, 2005).

A variedade utilizada no presente estudo (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) foi escolhida devido ao seu bom desempenho em ambientes ripários em região de Cerrado (Durigan e Silveira, 1999), bem como pela sua alta produção de resina, especialmente quando cultivada em locais com temperaturas médias mais altas (Shimizu e Medrado, 2005).

Em áreas de interflúvio na região oeste do estado de São Paulo, com estação seca no inverno, *Pinus elliottii* var. *elliottii* tem crescimento moderado, se comparado a espécies do gênero *Pinus* oriundas de regiões tropicais.

1.3.2. *Pinus elliottii* como espécie invasora

O gênero *Pinus* é citado como o invasor mais comum em Unidades de Conservação brasileiras, especialmente em ambientes com vegetação aberta. *Pinus elliottii* está entre as espécies que mais freqüentemente invadem ambientes naturais, no Brasil e no mundo (Zanchetta e Diniz, 2006).

As propriedades que fazem das espécies de *Pinus* potenciais invasoras são, segundo Ziller e Galvão (2001):

- Alta taxa de crescimento relativo;

- Produção de grande número de sementes pequenas, de fácil dispersão;
- Alta longevidade das sementes no solo;
- Maturação precoce das plantas;
- Floração e frutificação prolongadas;
- Alelopatia;
- Pioneirismo; e
- Ausência de inimigos naturais.

A invasão do ambiente por espécie exótica – também chamada de contaminação biológica – produz alterações na estrutura, na fisionomia e nos processos ecológicos da comunidade, levando a perdas na biodiversidade (Zanchetta e Diniz, 2006).

Zanchetta e Diniz (2006) relataram que *Pinus elliottii* tem obtido grande sucesso em ocupar áreas alagadas de cerrado. Por ser esta uma característica semelhante à de parte da área do presente estudo, reforça-se a necessidade de monitoramento do potencial de invasão de *P. elliottii*.

1.4. Histórico da pesquisa

O presente estudo foi implantado em 1995, durante a vigência do convênio entre o Instituto Florestal (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo) e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (Japan International Cooperation Agency – JICA).

O objetivo principal da parceria entre as entidades era desenvolver pesquisas sobre recuperação florestal e prevenção de processos erosivos no solo e, assim, contribuir para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos.

As pesquisas foram desenvolvidas na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, nas regiões de Assis e Paraguaçu Paulista (SP).

A legislação ambiental brasileira é norteadada pela necessidade de conservação e preservação dos recursos naturais e a defesa dos interesses coletivos, enquanto que o gerenciamento das propriedades rurais é dirigido pelas leis de mercado e pelos interesses individuais. Diante deste conflito, viu-se a necessidade de produção de conhecimentos voltados aos proprietários rurais e aos tomadores de decisões das áreas ambientais, de modo a se reduzir a oposição entre duas realidades – econômica e ambiental.

1.5. Objetivos e hipóteses

1.5.1. Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo foi verificar a possibilidade de utilização de *Pinus elliottii* com a função de facilitadora da restauração florestal, reduzindo os custos da restauração e acelerando os processos de recuperação da diversidade e da biomassa vegetal.

1.5.2. Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em zona ripária e os processos dinâmicos da comunidade em função da densidade e do crescimento das árvores plantadas;
- Analisar estrutura, composição, dinâmica, síndrome de dispersão e diversidade da vegetação natural em regeneração sob a floresta de *Pinus elliottii* ao longo dos anos;
- Analisar as influências exercidas pela espécie exótica e pela cobertura do solo sobre os processos de regeneração natural das plantas nativas;
- Subsidiar a discussão sobre a viabilidade de utilização de espécies exóticas como facilitadoras da recuperação florestal;
- Investigar quais espécies nativas teriam êxito em cada uma das condições experimentais e discutir as possíveis causas do sucesso ou fracasso das referidas espécies; e
- Analisar a viabilidade econômica da exploração comercial de *Pinus elliottii* em ambiente ripário e discutir a possibilidade da coexistência desse tipo de atividade com a recuperação de ambientes ribeirinhos.

1.5.3. Hipóteses

O estudo ecológico foi realizado de modo a verificar as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: As árvores de *Pinus elliottii* modificam o ecossistema, de modo a facilitar os processos de regeneração da vegetação nativa.

Hipótese 2: As árvores de *Pinus elliottii* modificam o ecossistema, de modo a obstruir os processos de regeneração da vegetação nativa.

Hipótese nula: As árvores de *Pinus elliottii* não exercem influência sobre as plantas nativas em regeneração.

1.6. Caracterização da área experimental

O plantio experimental foi realizado no ano de 1995, em propriedade particular adjacente à Floresta Estadual de Assis, localizada no município de Assis, SP (22° 36' S e 50° 22' W). A altitude média na área experimental é de 510 m e a declividade da vertente é de aproximadamente 10%. A área experimental, com 3456 m², situa-se à margem direita do córrego Barro Preto, afluente de 1ª ordem do rio Paranapanema (pela classificação de Horton), cerca de 2 km a jusante da nascente, trecho em que a vazão oscila entre 27 e 185 L/s (E.A. Honda, comunicação pessoal).

Embora estejam na zona de influência ripária, as parcelas experimentais estão quase totalmente fora da Área de Preservação Permanente estabelecida pelo Código Florestal.

A vegetação natural do interflúvio, anteriormente ao desmatamento, era do tipo cerrado, com ocorrência de floresta paludícola (mata de brejo) e campo úmido na zona ripária. Tal vegetação original foi substituída por pastagem de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (braquiária) cerca de 20 anos antes da instalação do plantio experimental. Na zona ripária foram observadas, por ocasião da instalação do experimento, diversas espécies arbustivas e arbóreas em regeneração natural, que foram mantidas. Outras gramíneas africanas (*Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga e *Melinis minutiflora* P. Beauv.), assim como capins nativos, compartilhavam o espaço com *U. decumbens* na área experimental, que foi cercada para exclusão do gado antes do plantio das árvores, em 1995.

Nas proximidades da área experimental existem fragmentos de cerrado pertencentes à Floresta Estadual e à Estação Ecológica de Assis, unidades de conservação administradas pelo Instituto Florestal. Essas áreas são fontes de propágulos para a recolonização da área experimental.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quatzarênico Hidromórfico típico, distrófico, A moderado (EMBRAPA, 1999), e apresenta lençol freático pouco profundo, às vezes superficial.

A área experimental encontra-se em região de transição entre dois tipos climáticos – Cwa e Cfa, segundo a classificação de Köppen. A precipitação anual é de cerca de 1400 mm, concentrada nos meses de verão e a temperatura média anual é de 21,8°C. A região é sujeita a geadas esporádicas, especialmente em fundos de vales, como é o caso desta área experimental (Faria et al., 2004).

Figura 1.1 – Localização da área experimental (foto aérea, 1994)

Figura 1.2 – Gradiente da paisagem no entorno da área experimental: (I) plantio de *Pinus elliottii*, em primeiro plano; (II) campo úmido; (III) Córrego do Barro Preto, com mata-galeria nas margens; (IV) agricultura; (V) Floresta Estadual de Assis, ao fundo (Foto: Giselda Durigan, 2006).

Figura 1.3 – *Pinus elliottii* plantado em espaçamento 3 x 3 m (Foto: Giselda Durigan, 2006).

1.7. Delineamento experimental

O plantio experimental de *Pinus elliottii* var. *elliottii* foi feito em diferentes espaçamentos (tratamentos), visando avaliar os efeitos da espécie, plantada em diferentes densidades, sobre as espécies nativas em regeneração.

Os tratamentos testados foram:

A - *Pinus elliottii* var. *elliottii* plantado em espaçamento 2 x 2 m.

B - *Pinus elliottii* var. *elliottii* plantado em espaçamento 3 x 2 m.

C - *Pinus elliottii* var. *elliottii* plantado em espaçamento 3 x 3 m.

D - Controle (sem plantio).

Cada tratamento foi instalado com quatro repetições, em blocos ao acaso, totalizando dezesseis parcelas, cada uma com área de 216 m² (18 m de comprimento x 12 m de largura). Tais medidas tornaram as parcelas compatíveis com os diferentes espaçamentos testados das árvores de *Pinus*. As parcelas (Fig. 1.4) foram dispostas linearmente, em faixa paralela ao curso d'água, de modo que ocupassem a mesma posição topográfica em relação ao córrego. Todas as parcelas situam-se entre 20 e 40m de distância da margem do córrego, além da zona de encharcamento permanente do solo.

Em todos os tratamentos foram preservadas estruturas subterrâneas e plântulas de espécies nativas em regeneração na ocasião do plantio das mudas de *Pinus elliottii*.

A escolha do *Pinus elliottii* var. *elliottii* se baseou em resultados experimentais anteriores, que mostraram o bom desempenho da espécie em zona ripária em

região de cerrado (Durigan e Silveira, 1999) e também no potencial de exploração comercial da espécie. O material genético utilizado no plantio é originário de pomar clonal selecionado pela alta produção de resina, cuja exploração pode trazer alto retorno econômico sem implicar no corte das árvores.

Figura 1.4 – Esquema da distribuição dos tratamentos na área experimental

A área foi monitorada nos anos de 1996, 1998, 1999, 2001 e 2006. Resultados parciais das medições e análises estruturais de 1998 a 2001 foram publicados por Durigan et al. (2004) e apontam a necessidade de estudos ecológicos de prazo mais longo para possibilitar análises conclusivas.

Os resultados apresentados no presente estudo se referem ao período de onze anos desde o plantio das árvores de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*. O texto foi dividido em capítulos, visando organizar a abordagem em temas distintos.

No capítulo 2 são abordados os aspectos estruturais e quantitativos concernentes (1) à estrutura do povoamento formado pelas árvores de *Pinus elliottii*

em diferentes densidades, e (2) à estrutura do estrato regenerante formado por espécies lenhosas nativas ribeirinhas nos diferentes tratamentos.

As análises efetuadas no capítulo 3 tratam dos aspectos dinâmicos e quantitativos das populações de espécies lenhosas nativas em regeneração na área experimental.

Por fim, no capítulo 4, são discutidas as possibilidades envolvidas na exploração econômica de um plantio de *Pinus elliottii* nas condições presentes na área experimental, considerando-se os efeitos dessa atividade na regeneração das espécies nativas e nas funções ecológicas da vegetação recuperada.

1.8. Referências bibliográficas

- ASHTON, P.M.S.; GAMAGE, S.; GUNATILLEKE, I.A.U.N.; GUNATILLEKE, C.V.S. 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** **34**:915-925, 1997.
- BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 289-312.
- BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 187-207.
- BRASIL. Lei 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial**, Brasília, 16 de setembro de 1965, p. 9529.

BRASIL. Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. **Diário Oficial**, Brasília, 02 de setembro de 1981, p. 16509.

BRASIL. Lei Federal Nº 7803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial**, Brasília, 20 de julho de 1989. Seção I, p. 12025.

BRASIL. Medida Provisória Nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os artigos 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial Eletrônico**, 25 de agosto de 2001. Edição extra, p. 01.

BRASIL. Resolução CONAMA 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou a supressão de vegetação em Áreas de Proteção Permanente – APP. **Diário Oficial da União**, No. 61, Brasília, 29 de março de 2006. Seção I, p. 150.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, 2 (2): 97-111, 1994.

BUDOWSKI, A. The distribution between old secondary and climax species in tropical Central American lowland forests. **Tropical Ecology**, v.11: 44-48, 1970.

CHAPMAN, C.A.; CHAPMAN, L.J. Exotic tree plantations and the regeneration of natural forests in Kibale National Park, Uganda. **Biological Conservation**, 76: 253-257, 1996.

D'ANTONIO, C.M.; MEYERSON, L. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. **Restoration Ecology**, 10 (4): 703-713, 2002.

DURIGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado. In: KAGEYAMA, P.Y., OLIVEIRA, R.E., MORAES, L.F.D., ENGEL, V.L., GANDARA, F.B. (orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF, 2003, p.187-204.

- DURIGAN, G.; CONTIERI, W.A.; MELO, A.C.G.; GARRIDO, M.A.O. Regeneração da mata ciliar sob plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em diferentes densidades. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Orgs.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**. Resultados da cooperação Brasil – Japão. IF/SMA, JICA, pp. 363-76, 2004.
- DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; PASTORE, J.A.; AGUIAR, O.T. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal**, 9(1): 71-85, 1997.
- DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, 56:135-144, 1999.
- DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J.A. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo state, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, 60(2): 217-241, 2003.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, 38(2): 201-341, 1972.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de informação, 1999.
- ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF, p. 1-26, 2003.
- FARIA, A.J.; CONTIERI, W.A.; KAWABATA, M.; BERTO, E.A. Monitoramento micrometeorológico em cinco ambientes com cobertura vegetal distinta. In: VILAS BÔAS, O. e DURIGAN, G. (Orgs.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**. Resultados da cooperação Brasil – Japão. 1 ed. São Paulo: Páginas e Letras Editora e gráfica, v. 1, p.93-108, 2004.
- FIMBEL, R.A.; FIMBEL, C.C. The role of exotic conifer plantations in rehabilitating degraded tropical forest lands: a case study from Kibale National Park in Uganda. **Forestry Ecology and Management**, 81: 215-226, 1996.

- GELDENHUYS, C.J. Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. **Forestry Ecology and Management**, 99: 101-115, 1997.
- HARRINGTON, R.A.; EWEL, J.J. Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. **Forestry Ecology and Management**, 99: 153-162, 1997.
- HOFFMANN, W.A. Post-burn reproduction of woody plants an a neotropical savanna: the relative importance of sexual an vegetative reproduction. **Journal of Ecology**, v.35: 422-433, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Vocabulário básico de recursos naturais e ambiente**. 2 ed, 2004.
- KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A.; CARPANEZZI, A.A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. **Simpósio sobre matas ciliares**, 1989, pp. 130-143.
- KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. 2000. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 249-269.
- KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P.Y., OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF, 2003, p. 27-48.
- KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005, 160 p.
- LIMA, W.P. Função hidrológica das matas ciliares. **Simpósio sobre matas ciliares**, 1989, pp. 25-43.
- LUGO, A.E. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. **Ecological Monographs**, 62 (1), 1992.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa (MG): Editora Aprenda Fácil, 2001. 143 pp.

METZGER, J.P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: In: KAGEYAMA, P.Y., OLIVEIRA, R.E., MORAES, L.F.D., ENGEL, V.L., GANDARA, F.B. (orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF, p. 49-70, 2003,.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858, 2000.

NOGUEIRA, J.C.B. Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas. **Boletim Técnico Instituto Florestal**, 24, 1977.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Vegetation Physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Orgs.) **The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, 398 pp, 2002.

PULITANO, F.M.; DURIGAN, G.; DIAS, L.E. A mata ciliar da Fazenda Cananéia: estrutura e composição florística em dois setores com idades diferentes. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Orgs.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**. Resultados da cooperação Brasil – Japão. IF/SMA, JICA, pp. 419-445, 2004.

RIBASKI, J.; MEDRADO, M.J.S. **Cultivo de Pinus: sistemas agroflorestais**. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção 5, versão eletrônica, novembro de 2005.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado, p. 89-166. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA, 1998.

RODRIGUES, R.R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, p. 91-99, 2000.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, p. 235-247, 2000.

SÃO PAULO. Resolução SMA Nº 08, de 07 de março de 2007. Altera e amplia as resoluções SMA 21 (21/11/01) e SMA 47 (26/11/03). Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas.

Diário Oficial – Poder Executivo, São Paulo, 8 de março de 2007. Seção I, 117 (45), p. 28.

SHIMIZU, J.Y.; MEDRADO, M.J.S. **Cultivo do *Pinus*: espécies**. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção 5, versão eletrônica, novembro de 2005.

SILVA Jr, M.C.; SCARANO, F.R. & CARDEL, F.S. Regeneration of an Atlantic Forest formation in the understory of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 11:147-152, 1995.

STANTURF, J.A.; SCHOENHOLTZ, S.H.; SCHWEITZER, C.J. & SHEPARD, J.P. Achieving restoration success: myths in bottom land hard wood forests. **Restoration Ecology** 9(2):189-200, 2001.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F.V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. Em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, 18: 1-14, 2006.

ZILLER, S.R.; GALVÃO, F.A. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, 32(1): 42-47, 2001.

CAPÍTULO 2

**Estrutura da comunidade vegetal nativa em regeneração sob plantio de *Pinus*
elliottii Engelm var. *elliottii* em região de Cerrado**

Resumo

O objetivo deste capítulo foi analisar aspectos estruturais da regeneração de espécies lenhosas nativas sob plantio de *Pinus elliottii* Engelm em ambiente ripário de Cerrado. Para verificar as hipóteses de favorecimento ou inibição da regeneração natural pelo plantio de *Pinus*, foram analisados parâmetros estruturais das árvores plantadas e da comunidade nativa em regeneração, a um, três, quatro, seis e onze anos após a instalação do experimento. Os resultados mostraram que a regeneração natural teve mais êxito sob *Pinus elliottii* do que nas parcelas controle, uma vez que nessas últimas se observam plantas menores, em menor densidade e diversidade. O favorecimento da regeneração pelo plantio de *Pinus* é indireto, decorrente da redução da competição entre as plantas lenhosas nativas e as gramíneas, que são eliminadas pelo sombreamento causado pelas árvores de *Pinus elliottii*. Não se verificou, no período de estudo, competição por recursos do ambiente entre as árvores de *Pinus elliottii* e as espécies nativas do sub-bosque. Em condições semelhantes às experimentais, pode-se considerar que as árvores plantadas de *Pinus elliottii* funcionam facilitadoras dos processos naturais de regeneração da vegetação ripária nativa.

2.1. Introdução

O Cerrado é um dos biomas mais ameaçados do mundo, uma vez que possui ampla biodiversidade e que menos de 3% de seu território se encontra protegido (Myers et al., 2000; Machado et al., 2004). A principal ameaça ao Cerrado é a

expansão agrícola, que tem ocorrido nos últimos 40 anos no Brasil, e que já resultou na perda de mais de 60% de sua área original (Machado et al., 2004). No Estado de São Paulo, Durigan et al. (2003) relatam que a cobertura original da vegetação de cerrado foi reduzida em 93%.

Não bastassem as perdas relativas à biodiversidade, observam-se também prejuízos que incidem sobre os recursos abióticos, consequência do desmatamento da vegetação ripária. Barbosa (2000) afirma que, no Estado de São Paulo, 600 mil hectares de matas ciliares deveriam ser recuperados, de modo a obedecer às determinações da legislação ambiental.

Como forma de proteção de parte dos ecossistemas, a legislação ambiental brasileira (BRASIL, 1965) prevê a manutenção de áreas de preservação permanente¹ e de reserva legal² em propriedades rurais. Entretanto, a receita decorrente do uso da terra nas pequenas propriedades diminui quando são mantidas as áreas de proteção, o que dificulta a subsistência dos proprietários e gera problemas sócio-ambientais. Encontrar solução para esses problemas é um desafio que tange a adequação ambiental das propriedades diante da legislação, e que depende da realização de pesquisas científicas.

O Código Florestal (BRASIL, 1965) previa que plantios já estabelecidos de espécies exóticas, consorciadas com espécies nativas, poderiam ser incorporados à reserva legal de pequenas propriedades rurais familiares (art. 16, parágrafo 1º). Essa possibilidade foi reforçada, no Estado de São Paulo, pelo Decreto Estadual No. 50.889 (16/06/2006), em seu artigo 5º, parágrafo 3º, que estabelece que “a

¹ Área de Preservação Permanente é definida como aquela “coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 1965).

² Por Reserva Legal, entende-se “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável aos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da fauna e flora nativas” (BRASIL, 1965).

recomposição da área de reserva legal poderá ser realizada mediante o plantio temporário de espécies exóticas como pioneiras, visando à restauração do ecossistema original (...)³. Diante disso, a investigação da viabilidade de utilização de uma espécie com potencial de exploração econômica como um agente de facilitação da regeneração da vegetação nativa assume grande importância. Desse modo seria possível, ao mesmo tempo, recuperar a vegetação e possibilitar ganhos econômicos para o proprietário. Os resultados dessa investigação serviriam tanto para aplicação em propriedades rurais com fins econômicos quanto para subsidiar projetos de recuperação de áreas degradadas.

O uso de espécies exóticas como “pioneiras” é justificado por vários estudos. Em vista das dificuldades enfrentadas nos plantios com espécies nativas, a utilização de espécies exóticas tem sido objeto de experimentação visando à reabilitação do ecossistema e à facilitação dos processos de regeneração natural subsequente em diferentes regiões do mundo (Kageyama et al., 1989; Lugo, 1992a; Brown e Lugo, 1994; Silva Jr. et al., 1995; Chapman e Chapman, 1996; Fimbel e Fimbel, 1996; Harrington e Ewel, 1997; Geldenhuys, 1997; D’Antonio e Meyerson, 2002).

Embora o uso de espécies exóticas na restauração ambiental provoque comoção entre ambientalistas e cientistas, há estudos que demonstram o êxito que essas espécies obtêm em certas situações. Lugo (1992a) afirma que a vantagem principal do uso de espécies arbóreas exóticas para reabilitar ambientes degradados é a sua capacidade de sucesso na colonização e exploração destes ambientes, de forma mais eficaz que as espécies nativas. Em muitos casos, à medida que as

³ São Paulo, 2006.

condições vão se tornando favoráveis, as espécies nativas iniciam a reocupação do sub-bosque das árvores exóticas.

O plantio de espécies arbóreas adaptadas – nativas ou exóticas – para acelerar a reabilitação de ambientes degradados previne o agravamento de danos ambientais. Porém, para o sucesso da ação, a silvicultura das espécies deve ser bem conhecida (Lugo, 1992a). Infelizmente, esses conhecimentos são insuficientes em relação à maior parte das espécies vegetais nativas tropicais. Daí a maior facilidade de produção de mudas e de cultivo de espécies exóticas mais conhecidas.

D'Antonio e Meyerson (2002) defendem que, embora algumas espécies exóticas possam representar problemas para áreas protegidas, o seu uso com parcimônia favorece o sucesso de projetos de restauração.

Em estudos que compararam monoculturas de árvores exóticas com florestas nativas secundárias de mesma idade em Porto Rico, Lugo (1992b) não encontrou anomalias nas funções ecológicas nas florestas dominadas por espécies exóticas. Ao contrário, concluiu que estas podem contribuir para a recuperação da biodiversidade em locais degradados onde a sucessão ecológica esteja comprometida.

Kageyama e Gandara (2000), assim como Rodrigues e Gandolfi (2000), defendem veementemente o uso de espécies nativas na restauração, mas admitem o uso de exóticas em áreas muito degradadas, dada a sua maior habilidade em ocupar ambientes inóspitos.

Diversos autores apontam a possibilidade do estabelecimento de vegetação nativa no sub-bosque de algumas espécies do gênero *Eucalyptus* (Silva Jr. et al., 1995; Durigan et al., 1997; Sartori et al., 2002). Silva Jr. et al. (1995) observaram o favorecimento da regeneração da vegetação nativa sob *E. grandis* Hill ex Maiden,

que se estabeleceu em avançado estágio sucessional. Durigan et al. (1997) verificaram que, embora a vegetação de cerrado se regenere sob plantio de *E. citriodora* Hook, a densidade de espécies nativas tende a aumentar com a eliminação das árvores exóticas.

Ashton et al. (1997) relataram o sucesso de *Pinus caribaea* como espécie pioneira, favorecendo o crescimento de espécies nativas no sub-bosque que, em condições naturais de sucessão, levaria muitos anos.

Em resumo, vários autores reforçam que, mais importante que tentar recriar condições “originais”, é se criarem circunstâncias para que o ecossistema possa manter suas características físicas (Lugo, 1992b; Stanturf et al., 2001; Engel e Parrota, 2003). Para que as espécies vegetais e animais possam ocupar determinado espaço e se desenvolver nele, é essencial a existência de recursos que possam ser utilizados em seus processos vitais. Portanto, entende-se que na restauração de um ecossistema, a recuperação e a manutenção da integridade de tais recursos é uma etapa anterior ao restabelecimento da biodiversidade.

Diversos autores ressaltam as modificações que as plantações de árvores exóticas promovem no ambiente, que podem ser positivas ou negativas.

Entre as modificações negativas, no caso de plantio do gênero *Pinus* em região de Cerrado, destacam-se:

- Alto consumo de água do solo em comparação com a vegetação de cerrado (Lima et al. 1990);
- Potencial de invasão (Richardson, 1998; Richardson e Rejmánek, 2004, Zanchetta et al., 2006).

Outros autores destacam mudanças ambientais positivas decorrentes do plantio de exóticas, que favorecem a regeneração de espécies nativas no sub-bosque, tais como:

- Redução de luminosidade (Ashton et al., 1997) e do calor (Geldenhuys, 1997) excessivos, o que beneficia o crescimento de espécies nativas sob as árvores exóticas;
- Acúmulo de biomassa no solo (Fimbel e Fimbel, 1996), o que afeta positivamente a presença de fauna (e a cadeia trófica) no sub-bosque (Mboukou-Kimbatsa et al., 1998).
- Promoção de abrigo ou poleiro para a fauna dispersora de sementes (Fimbel e Fimbel, 1996; Chapman e Chapman, 1996);
- Sombreamento promovido pelas árvores exóticas reduz as populações de espécies competidoras (Kageyama et al., 1989; Fimbel e Fimbel, 1996; Geldenhuys, 1997).

A essas alterações positivas mencionadas, referentes à recuperação da biodiversidade, pode-se acrescentar a vantagem do *Pinus* em acumular biomassa rapidamente, em comparação com plantios de essências nativas em região de Cerrado (Melo e Durigan, 2006), com eficácia cerca de seis vezes superior no seqüestro de carbono e, portanto, na mitigação do efeito-estufa.

O presente estudo foi realizado em plantio experimental de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*, em diferentes espaçamentos, na zona ripária de um pequeno córrego, localizado próximo ao limite sul da área de domínio do Cerrado.

O objetivo geral foi verificar a viabilidade de utilização de *Pinus elliottii* como espécie facilitadora dos processos de restauração da vegetação natural em região de Cerrado. Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses:

- 1) As árvores de *Pinus elliottii* produzem modificações no ambiente que favorecem o crescimento de espécies nativas no sub-bosque;
- 2) As árvores de *Pinus elliottii* provocam modificações no ambiente que prejudicam as plantas em regeneração;
- 3) A comunidade regenerante sob as copas de *Pinus elliottii* difere daquela que se desenvolve nas parcelas controle, sem plantio da espécie exótica.

Partiu-se da premissa de que as árvores de *Pinus elliottii*, ao crescerem rapidamente, ofereceriam sombra e abrigo para animais dispersores de sementes, podendo, com isso, favorecer a regeneração. Por outro lado, o crescimento rápido das árvores exóticas poderia prejudicar a regeneração de espécies nativas pela competição por recursos do meio.

2.2. Material e métodos

2.2.1. Avaliação

O experimento foi monitorado após um, três, quatro, seis e onze anos, a contar da data de plantio. Foi avaliado o crescimento das árvores plantadas e das espécies lenhosas nativas em regeneração natural, tendo sido registrados para cada indivíduo:

- Altura total, medida com régua telescópica graduada em centímetros (cm), a partir da altura mínima de 50 cm;
- Diâmetro da copa, tomado com trena, anotando-se a média entre o maior e o menor diâmetro da copa para cada planta, para cálculos de superfície; e
- DAP (diâmetro à altura do peito, tomado a 1,30m acima do nível do solo, com suta).

Efetuada as medições, os tratamentos foram comparados ao longo do tempo em termos de:

- Área basal da floresta plantada e das espécies em regeneração natural ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$);
- Superfície das copas da floresta plantada e das espécies em regeneração natural (porcentagem do terreno coberta pela projeção das copas);
- Densidade da floresta plantada e das plantas em regeneração natural ($\text{indivíduos} \cdot \text{ha}^{-1}$);
- Número de espécies em regeneração natural;

- Diversidade da comunidade em regeneração, estimada pelo índice de Shannon (Magurran, 1988), calculado em base neperiana; e
- Distribuição dos regenerantes em classes de altura.

Visando a compreensão dos processos de regeneração natural, avaliou-se a porcentagem de cobertura da superfície do solo nas parcelas na ocasião da última medição (em fevereiro de 2006), baseando-se em Braun-Blanquet (1950). Foi feita uma estimativa visual da cobertura em porcentagem, tendo sido consideradas as seguintes possibilidades de cobertura: gramíneas, acículas, pteridófitas (*Lycopodium* sp e *Dicranopteris* sp) e terra nua.

2.2.2. Tratamento dos dados – análises estatísticas

Para verificar a existência de diferenças significativas entre as variáveis das árvores de *Pinus*, foi aplicado o testes de variância ANOVA ($p = 5\%$). Em vista da grande variância nos dados médios referentes às espécies nativas em regeneração natural, foi aplicado o teste de Tukey aceitando-se as diferenças a um nível de probabilidade de 10%, em vez das probabilidades de 1 e 5% usualmente adotadas em experimentos controlados.

Foi analisada também a existência de correlações (Pearson) entre as variáveis de *Pinus* e do estrato regenerante.

2.2.3. Identificação das espécies

As espécies nativas em regeneração observadas no experimento foram identificadas em campo ou coletadas para identificação posterior, por comparação com exemplares da coleção botânica da Estação Ecológica de Assis, com auxílio de literatura especializada ou, ainda, mediante consulta a especialistas. A classificação taxonômica das espécies foi feita segundo Angiosperm Phylogeny Group II – APG II (Souza e Lorenzi, 2005). Cada espécie amostrada foi caracterizada, ainda, quanto ao hábito e quanto à síndrome de dispersão dos diásporos, em função de características observadas em campo ou, então, com base em literatura especializada (Durigan, 1989; Carmo e Morellato, 2000; Pinheiro e Ribeiro, 2001; Batalha e Martins, 2004; Durigan et al., 2004a), como ferramenta complementar para a interpretação dos resultados.

2.3. Resultados

2.3.1. Crescimento das árvores de *Pinus elliottii*

As análises estatísticas efetuadas mostraram que, aos onze anos após o plantio, as árvores de *Pinus elliottii* apresentaram ligeira redução no crescimento em DAP (Fig. 2.1 – $F = 12,013$; $p = 0,0039$) no plantio mais adensado, indicando que pode ter se iniciado a competição por recursos do meio, conforme previsto por

Durigan et al. (2004b). A altura das árvores (Fig. 2.2 – $F = 2,016$; $p = 0,1955$) teve valores semelhantes em todos os tratamentos.

As diferenças observadas entre os tratamentos em área basal (Fig. 2.3 – $F = 201,862$; $p = 0,000$) e superfície de copas (Fig. 2.4 – $F = 6,022$; $p = 0,0466$) aos onze anos são decorrentes da diferença de densidade, uma vez que a diferença no tamanho das árvores é muito pequena entre os tratamentos.

Figura 2.1 – Evolução do DAP médio (cm) das árvores de *Pinus elliottii* em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de Cerrado. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 5% de probabilidade.

Figura 2.2 – Evolução da altura média (m) de *Pinus elliottii* em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de Cerrado. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 5% de probabilidade.

Figura 2.3 – Evolução da área basal (m².ha⁻¹) de *Pinus elliottii* em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de Cerrado. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 5% de probabilidade.

Figura 2.4 – Evolução da área de copa (m^2) de *Pinus elliottii* em diferentes espaçamentos em plantio de restauração florestal em região de Cerrado. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 5% de probabilidade.

2.3.2. Estrutura da comunidade em regeneração natural

Em geral, observou-se evolução estrutural do estrato regenerante ao longo do tempo de monitoramento para todos os parâmetros analisados, em todos os tratamentos.

Na análise comparativa entre tratamentos aos onze anos, verifica-se que não houve diferença significativa a 10% de probabilidade, para os parâmetros área basal (Fig.2.5 – $F = 1,055$; $p = 0,4073$), superfície de copas (Fig. 2.6 – $F = 0,9293$; $p = 0,5417$) e número de espécies por parcela (Fig. 2.7 – $F = 0,119$; $p = 0,9468$). Porém, a densidade de plantas em regeneração (Fig. 2.8 – $F = 2,283$; $p = 0,1358$) foi maior no plantio de *Pinus elliottii* com mais alta densidade (espaçamento 2 x 2 m) do que no controle.

2.3.2.1. Área basal do estrato regenerante

As plantas em regeneração apresentaram valores crescentes de área basal ao longo dos anos em todas as condições experimentais (Fig. 2.5).

Fig. 2.5 – Evolução da área basal do estrato regenerante ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 10% de probabilidade.

2.3.2.2. Superfície de copas do estrato regenerante

Como consequência do crescimento e aumento da densidade de plantas em regeneração, verificou-se o aumento dos valores de superfície de copas ao longo de todo o período de monitoramento.

O estrato regenerante apresentou menores valores de superfície de copas nas parcelas controle, evidenciando que a presença do *Pinus elliottii* proporcionou melhores condições ambientais ao desenvolvimento da comunidade vegetal nativa, em relação às áreas sem plantio. Dados os elevados coeficientes de variação, porém, as diferenças não são significativas a 10% de probabilidade.

Fig. 2.6 – Evolução de superfície de copas do estrato regenerante ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 10% de probabilidade.

2.3.2.3. Número de espécies regenerantes

O número médio de espécies em regeneração por parcela aumentou, de modo geral, em todos os tratamentos, ao longo do tempo. As parcelas controle apresentaram redução nos valores dessa variável entre 1999 e 2001, possivelmente

devido à geada muito severa registrada no ano 2000. Em todo o período de estudo, foi registrado um número maior de espécies em regeneração nas parcelas com plantio de *Pinus elliottii*, em comparação com as parcelas controle. Também, neste caso, as diferenças não são significativas a 10% de probabilidade.

Fig.2.7 – Evolução do número médio de espécies por parcela ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 10% de probabilidade.

2.3.2.4. Densidade de indivíduos regenerantes

A única variável estrutural do estrato regenerante estatisticamente diferente entre tratamentos foi a densidade das plantas em regeneração, mais elevada quanto maior a densidade das árvores de *Pinus elliottii* (Fig. 2.8).

Fig. 2.8 – Evolução da densidade de indivíduos em regeneração ao longo de onze anos de monitoramento após a instalação do experimento. Letras diferentes sobre as colunas dentro de um mesmo ano indicam diferença significativa entre tratamentos a 10% de probabilidade.

Em 2006, a densidade das plantas em regeneração nas parcelas com *Pinus elliottii* foi de 4923 indivíduos por hectare, valor próximo do mínimo considerado suficiente por Carpanezzi (2005) para assegurar a sucessão em áreas restauradas, que é de 0,5 planta.m⁻² aos 10 anos após o plantio⁴.

2.3.2.5. Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura

Pela análise da distribuição dos indivíduos regenerantes em classes de altura (Tab. 2.5) verifica-se que, para todos os tratamentos, houve aumento de densidade para todas as classes. Entretanto, nas classes de menor tamanho, o aumento foi

⁴ Este valor é adotado para florestas ombrófilas, considerando-se espécies com altura mínima de 50 cm.

maior quanto maior a densidade das árvores de *Pinus elliottii*. Nas parcelas controle, o número de indivíduos na menor classe de tamanho (abaixo de 1 metro de altura) praticamente não se alterou nos últimos oito anos. Não se vê crescimento nas taxas de germinação e no estabelecimento de novos indivíduos nas parcelas sem *Pinus elliottii*.

Tabela 2.1 – Distribuição das plantas lenhosas em regeneração por classes de altura, ao longo de onze anos de monitoramento nos diferentes tratamentos de plantio experimental em região de Cerrado (continua).

[illegible]

Tabela 2.1 – Distribuição das plantas lenhosas em regeneração por classes de altura, ao longo de onze anos de monitoramento nos diferentes tratamentos de plantio experimental em região de Cerrado (conclusão).

Clases de altura (m)	Tratamientos															
	2x2				3x2				3x3				Controle			
	1996	1998	1999	2001	1996	1998	1999	2001	1996	1998	1999	2001	1996	1998	1999	2001
7,00-7,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,50-7,99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,00-8,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,50-8,99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Houve inclusão de novas classes de tamanho ao longo do tempo para todos os tratamentos, indicando que a comunidade tende a continuar crescendo em altura. Nos últimos cinco anos, a altura dos indivíduos de maior tamanho praticamente dobrou.

Figura 2.9 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de Cerrado (*Pinus* em espaçamento 2 x 2 m)

Figura 2.10 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de Cerrado (*Pinus* em espaçamento 3 x 2 m)

Figura 2.11 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de Cerrado (*Pinus* em espaçamento 3 x 3 m)

Figura 2.12 - Distribuição das plantas em regeneração por classes de altura sob plantio experimental de restauração de floresta em região de Cerrado (Parcelas sem *Pinus*)

2.3.3. Diversidade de espécies em regeneração natural

A Tabela 2.2 mostra a variação temporal dos valores de Índice de Diversidade de Shannon (H') em cada condição experimental:

Tabela 2.2 – Variação temporal do Índice de diversidade de Shannon (H') da vegetação nativa em regeneração na área experimental.

Tratamentos	Anos de monitoramento				
	1996	1998	1999	2001	2006
2 X 2	1,89	2,34	2,16	2,41	2,57
3 X 2	2,27	2,40	2,52	2,73	2,38
3 X 3	2,09	2,42	2,61	2,62	2,56
Controle	1,73	1,90	1,84	1,71	2,31

De modo geral, os valores do índice de diversidade foram maiores nos tratamentos com plantio de *Pinus elliottii*. Os menores valores têm sido registrados nas parcelas controle. Todos os valores obtidos até onze anos após a instalação dos tratamentos foram inferiores ao valor de 2,94 obtido por Durigan & Leitão Filho (1995) em mata ciliar nativa na mesma condição ambiental.

Os valores referentes à diversidade foram incluídos para permitirem comparação com os valores das medições anteriores, embora se saiba que o índice utilizado (Shannon) não seja o mais adequado para amostras pequenas, como é o caso do presente estudo.

Assim, as comparações entre tratamentos e destes com a vegetação natural mencionada devem ser vistos com cautela.

2.3.4. Hábito e síndrome de dispersão das espécies do estrato regenerante

Aos onze anos após a instalação do plantio experimental, foram registradas, na área como um todo, 59 espécies lenhosas (pertencentes a 28 famílias), das quais 32 eram espécies arbóreas, 21 arbustivas, três subarbustivas e três fetos arborescentes (Tab. 2.3).

Tabela 2.3 – Hábito, síndrome de dispersão e densidade das espécies observadas em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle aos onze anos após a instalação do plantio experimental para restauração de floresta ripária em região de Cerrado, Assis, SP (continua)

Espécie	Hábito	Síndrome de dispersão	Densidade (ind.ha ⁻¹)	
			<i>Pinus</i>	Controle
<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	A	z	8	0
<i>Aeschynomene selloi</i> Vogel	a	z	0	12
<i>Annona dioica</i> A.St.-Hil.	a	z	4	0
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	a	an	0	58
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B.Gates	a	an	69	12
<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	a	z	12	12
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	A	z	31	0
<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O.Berg.	a	z	8	0

Tabela 2.3 (continuação) – Hábito, síndrome de dispersão e densidade das espécies observadas em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle aos onze anos após a instalação do plantio experimental para restauração de floresta ripária em região de Cerrado, Assis, SP

Espécie	Hábito	Síndrome de dispersão	Densidade (ind.ha ⁻¹)	
			<i>Pinus</i>	Controle
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	A	z	8	23
<i>Cestrum sendtnerianum</i> Mart.	a	z	4	58
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	a	z	85	174
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	A	b	42	0
<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	f.a.	an	77	58
<i>Cyathea cf. pungens</i> (Willd.) Domin	f.a.	an	50	0
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb	f.a.	an	181	0
<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.	A	z	8	12
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.	a	z	4	0
<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E.Schulz	a	z	85	12
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg.	A	z	15	0
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Humb.; Bonpl. & Kunth) DC.	A	z	8	0
<i>Gochnatia barrosii</i> Cabrera	a	an	19	0
<i>Ilex affinis</i> Gardn.	A	z	239	718
<i>Ilex brasiliensis</i> (Spreng.) Loes.	A	z	4	12
<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) A.DC.	a	an	42	0
<i>Leandra eichleri</i> Cogn.	s	z	23	69
<i>Leandra lacunosa</i> Cogn.	s	z	12	35

Tabela 2.3 (continuação) – Hábito, síndrome de dispersão e densidade das espécies observadas em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle aos onze anos após a instalação do plantio experimental para restauração de floresta ripária em região de Cerrado, Assis, SP

Espécie	Hábito	Síndrome de dispersão	Densidade (ind.ha ⁻¹)	
			<i>Pinus</i>	Controle
<i>Lippia velutina</i> Schauer	a	z	8	12
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	A	an	46	12
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	a	z	498	174
<i>Miconia chamissois</i> Naudin	a	z	1948	1412
<i>Miconia fallax</i> DC.	a	z	4	0
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	A	z	39	12
<i>Miconia stenostachya</i> DC.	a	z	8	23
<i>Myrcia bella</i> Cambess.	A	z	62	0
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	A	z	12	23
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	A	z	120	35
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	A	z	8	0
<i>Pera obovata</i> Bail.	A	z	42	0
<i>Persea venosa</i> Nees & Mart. ex Nees	A	z	39	23
<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	A	z	12	12
<i>Pinus elliottii</i> Engelm	A	an	15	35
<i>Piper aduncum</i> L.	a	z	0	23
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban	A	z	4	23
<i>Psychotria anceps</i> Kunth	A	z	0	12
<i>Rapanea gardneriana</i> Mez	A	z	39	23

Tabela 2.3 (conclusão) – Hábito, síndrome de dispersão e densidade das espécies observadas em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle aos onze anos após a instalação do plantio experimental para restauração de floresta ripária em região de Cerrado, Assis, SP

Espécie	Hábito	Síndrome de dispersão	Densidade (ind.ha ⁻¹)	
			<i>Pinus</i>	Controle
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	A	z	35	0
<i>Schefflera vinosa</i> (Cham & Schltdl.) Frodin & Fiaschi	A	z	12	0
<i>Senna rugosa</i> (G.Don.) H.S.Irwin & Barneby	a	b	42	0
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	A	z	8	23
<i>Solanum paniculatum</i> L.	a	z	8	0
<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	A	b	23	0
<i>Styrax camporum</i> Pohl	A	z	31	0
<i>Styrax pohllii</i> A. DC.	A	z	127	35
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	A	z	23	35
<i>Tibouchina gracilis</i> (Bonpl.) Cogn.	s	an	4	23
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.	A	an	313	104
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham & Schltdl.) K. Schum.	a	z	46	12
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	A	an	69	69
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	A	z	220	46

Legenda: A – arbórea; a – arbustiva; s – subarbustiva; f.a. – feto arborescente; z – zoocórica; an – anemocórica; b – barocórica.

Embora a maior parte das espécies seja de hábito arbóreo, a grande maioria dos indivíduos em regeneração pertence a espécies de porte arbustivo. Sob os plantios de *Pinus elliottii* as espécies arbustivas corresponderam a 2883 indivíduos.ha⁻¹ (59%) contra 1667 indivíduos.ha⁻¹ (34%) de hábito arbóreo (Fig. 2.13).

Figura 2.13 – Proporção entre densidade de indivíduos de diferentes hábitos sob *Pinus elliottii* e nas parcelas controle em 2006

Nas parcelas controle, as espécies arbustivas somaram 2024 indivíduos.ha⁻¹ (57%). As espécies arbóreas totalizaram 1287 indivíduos.ha⁻¹ nesta condição experimental (37%).

Figura 2.14 – Proporção entre densidade de indivíduos segundo a síndrome de dispersão sob *Pinus* e nas parcelas controle em 2006.

Analisando-se os indivíduos em regeneração quanto à síndrome de dispersão (Fig. 2.14), verifica-se que predomina a zoocoria, tanto sob *Pinus elliottii* quanto nas parcelas controle. Porém, a proporção de indivíduos de espécies zoocóricas é superior nas parcelas controle, indicando que a ação da fauna como facilitadora da regeneração não parece ser favorecida por *Pinus elliottii*.

Do mesmo modo que há grande variação na composição florística entre diferentes florestas, também há variação na proporção entre as síndromes de dispersão. A forma de dispersão dos diásporos⁵ no ambiente diz muito sobre as adaptações das espécies às pressões seletivas impostas pelo meio. O conhecimento da biologia de dispersão das espécies é fundamental para subsidiar o manejo adequado dos ambientes (Pinheiro e Ribeiro, 2001).

⁵ Diásporo é definido como a parte da planta (semente ou fruto) que é dispersa pelo ambiente a partir da planta-mãe (Pijl, 1982).

A dispersão de diásporos por animais é comum entre as espécies lenhosas dos ambientes tropicais (Renner e Feil, 1993). A anemocoria é mais comum em ambientes secos, como cerrado *sensu stricto* (Oliveira e Moreira, 1992), enquanto que a zoocoria ocorre mais freqüentemente em ambientes úmidos, como as matas-galeria (Howe e Smallwood, 1982; Fenner, 1985). A explicação para esta diferença se deve ao fato de que as sementes que dependem de animais teriam mais sucesso em ocupar habitats com mais recursos disponíveis aos dispersores (Pijl, 1982), como é o caso das matas-galeria. Além disso, os sistemas de dispersão aleatórios, que têm água ou vento como agentes, teriam dificuldades para superar as barreiras impostas pelas árvores nos ambientes fechados de florestas (Schupp, 1995).

Na área do presente estudo, a proporção encontrada de espécies zoocóricas, tanto para as parcelas controle (89%) quanto sob *P. elliotii* (80%) é elevada, mais próxima dos valores citados por Durigan (1989) para as espécies mais abundantes em mata ciliar em região de cerrado (95%) do que em cerradão (35%).

2.3.5. Cobertura do piso nos diferentes tratamentos

Há diferenças consideráveis no tipo de cobertura do terreno entre os diferentes tratamentos aos onze anos após a instalação do experimento (Fig. 2.15). Quanto maior a densidade das árvores de *P. elliotii* e, conseqüentemente, a área basal e a biomassa das árvores plantadas, menor a cobertura de gramíneas, que, reconhecidamente, têm sido mencionadas como um dos principais obstáculos à

restauração (Filgueiras, 1990; D'Antonio e Vitousek, 1992; Klink, 1996; Pivello et al. 1999; Hoffmann et al., 2004; Martins et al., 2004).

Com a diminuição da cobertura de gramíneas, surgem áreas sem vegetação (terra nua ou acículas) e outras formas de cobertura vegetal, como pteridófitas (*Lycopodium* sp e *Dicranopteris* sp), que parecem oferecer menor competição com as plantas lenhosas nativas.

Figura 2.15 – Cobertura do piso sob *Pinus elliottii* em diferentes tratamentos em 2006

2.3.6. Análise de correlações de Pearson

Os resultados da análise de correlações entre as variáveis obtidas para os diferentes tratamentos (Tab. 2.4) apontam para um favorecimento da regeneração natural pelas árvores de *P. elliotii*, pois quanto maior a densidade das árvores plantadas, maior o número de espécies e de indivíduos de espécies lenhosas nativas em regeneração.

Tabela 2.4 – Matriz de correlações entre parâmetros estruturais da floresta plantada de *Pinus elliottii* e do estrato regenerante em plantio experimental de restauração florestal em região de cerrado (RN = regeneração natural).

Parâmetros estruturais	Área basal <i>P.</i> <i>elliottii</i>	Densidade <i>P. elliottii</i>	Superfície de copas RN	Riqueza RN	Densidade RN	% Espécies zoocóricas
Densidade <i>P.</i> <i>elliottii</i>	0.955	1	---	---	---	---
Cobertura de copas RN	0.421	0.416	1	---	---	---
Riqueza RN	0.302	0.353	0.317	1	---	---
Densidade RN	0.514*	0.566*	0.631**	0.122	1	---
% Espécies zoocóricas	-0,416	-0,510*	-0,347	-0,589**	-0,306	1
Cobertura por gramíneas	-0,876**	-0,852**	-0,526*	-0,268	-0,420	0,601**

**** = correlações significativas a 1% de probabilidade**
*** = correlações significativas a 5% de probabilidade**

Algumas correlações são óbvias, tais como: densidade de *P. elliottii* x área basal de *P. elliottii* e densidade de regenerantes x Superfície de copas de regenerantes. Outras correlações são indiretas, como é o caso de cobertura por gramíneas x porcentagem de espécies zoocóricas em regeneração. Esta correlação

dá a impressão de que a presença de gramíneas favorece a ação da fauna dispersora. Porém, os dados de densidade dos regenerantes apresentados anteriormente mostram que o número de regenerantes zoocóricos não é maior nas parcelas controle, que são predominantemente cobertas por gramíneas.

As correlações que fazem sentido ecológico e, portanto, devem ser consideradas são as seguintes:

- Correlação positiva entre a densidade dos regenerantes e parâmetros estruturais (área basal e densidade) das árvores de *P. elliottii*;
- Correlação negativa entre a cobertura do piso por gramíneas e parâmetros estruturais (área basal e densidade) das árvores de *P. elliottii*;
- Correlação negativa entre a densidade de *P. elliottii* e a proporção de indivíduos de espécies zoocóricas em regeneração;
- Correlação negativa entre cobertura de gramíneas e superfície de copas das plantas lenhosas em regeneração natural.

2.4. Discussão

O crescimento das árvores de *Pinus elliottii*, se comparado ao crescimento desta espécie em regiões de clima mais apropriado, foi lento. Os valores de DAP médio foram consideravelmente inferiores aos 20,8 cm registrados em Santa Catarina por Schneider e Finger (1994) e, mesmo no espaçamento mais adensado, a área basal foi inferior aos 32,7 m²ha⁻¹ encontrados por aqueles autores.

Se, sob o ponto de vista da receita potencial decorrente da exploração da madeira, este pode ser um resultado desfavorável, este crescimento lento pode ter

sido benéfico para a ação das árvores de *Pinus* como facilitadoras da regeneração natural das espécies nativas, pois um crescimento mais vigoroso poderia ter desencadeado competição.

Analisando-se os tratamentos com plantio de *P. elliottii* em comparação com as parcelas sem plantio da espécie exótica, verifica-se que o processo de regeneração tem sido melhor sob as árvores plantadas.

Apesar da grande variação dos valores médios entre os tratamentos para área basal e superfície de copas dos regenerantes (Figs. 2.5 e 2.6), as diferenças não foram estatisticamente significativas, mesmo a 10% de probabilidade, pois a variância e o desvio-padrão são muito elevados. Este fato é comumente observado em amostragem de comunidades vegetais naturais, e pode ter sido exacerbado pelo número pequeno de repetições de cada tratamento.

O número de plantas em regeneração, onze anos após a instalação dos tratamentos, foi maior sob as árvores de *Pinus* em todos os espaçamentos (em média, 4923 indivíduos por hectare), se comparados com o controle (3472 indivíduos por hectare). Duas possíveis explicações foram elencadas para os resultados observados mediante os pressupostos iniciais:

1. Ao oferecer abrigo e poleiro, as árvores de *P. elliottii* poderiam ter atraído a fauna dispersora de sementes e, assim, favorecido a regeneração natural. Porém, a observação de plantas zoocóricas sob *P. elliottii* em menor proporção e a correlação negativa entre parâmetros estruturais de *P. elliottii* e porcentagem de plantas zoocóricas refutam esta hipótese. Ou seja, a fauna não tem sido especialmente atraída por *P. elliottii* e nem tem sido proporcionalmente mais importante como agente de dispersão nas áreas com plantio da espécie exótica em comparação com as áreas controle.

2. O sombreamento por *P. elliotii*, ao ocasionar a redução da cobertura do piso pelas gramíneas, reduziria a competição destas com as plântulas das espécies lenhosas e, assim, facilitaria a regeneração. A análise dos tipos de cobertura do piso nos diferentes tratamentos, reforçada pela elevada correlação negativa entre parâmetros estruturais de *P. elliotii* e cobertura por gramíneas comprova essa hipótese. Ficou evidente que as árvores de *P. elliotii* favorecem a regeneração indiretamente, por suprimirem as gramíneas que, como já mencionado, dificultam a regeneração. O baixo incremento de plantas regenerantes nas menores classes de tamanho das parcelas controle reforça esta constatação.

Uma das hipóteses aventadas ao se iniciar o experimento – de que as árvores de *P. elliotii* prejudicariam a regeneração natural – não se confirmou. A densidade de indivíduos regenerantes foi maior sob as árvores de *P. elliotii* do que nas parcelas controle. A correlação positiva entre os parâmetros estruturais de *P. elliotii* e a densidade de regenerantes comprovou que, até onze anos após o plantio, a maior densidade da espécie exótica favoreceu o processo de regeneração natural. Provavelmente, a eliminação das gramíneas foi mais rápida nos plantios mais densos e, por isso, a regeneração aumentou.

Se, por um lado, o processo de regeneração tem sido mais lento nas parcelas controle, por outro, a maior proporção de indivíduos de espécies zoocóricas (Fig. 2.14) merece ser analisada cuidadosamente. Embora os dados não permitam visualizar a distribuição espacial dos indivíduos, foram observadas nas parcelas controle verdadeiras “ilhas de regeneração” proporcionadas por espécies arbóreas nativas que cresceram rapidamente e forneceram alimento e poleiros, exercendo atração aos animais dispersores de sementes. *Tapirira guianensis* (espécie

ornitocórica) destacou-se nessa função, o que resultou em alta agregação dos regenerantes nas parcelas controle. De fato, tal agregação em áreas abertas já foi observada por outros autores (Howe e Smallwood, 1982), uma vez que nesses ambientes há poucas opções de pouso e abrigo para as aves.

FIGURA 2.16 – “Ilha de regeneração”: crescimento agregado de *Tapirira guianensis* e outras espécies
(Foto: Giselda Durigan, 2006)

Resultados de outros plantios experimentais, realizados na mesma bacia hidrográfica, mostraram que a densidade e a riqueza de regenerantes são diretamente proporcionais à densidade de espécies zoocóricas plantadas (Santos et al, no prelo). Esses resultados e as observações do presente estudo sugerem que, ainda que o plantio de *P. elliottii* tenha favorecido a regeneração das espécies nativas, provavelmente o plantio com espécies zoocóricas poderia trazer resultados ainda melhores do ponto de vista de restauração da biodiversidade. Porém, sabe-se

que os custos de plantio e manutenção de espécies nativas são mais elevados e que, do ponto de vista de proteção aos recursos abióticos, as espécies nativas, por crescerem mais lentamente, são menos eficientes que aquelas do gênero *Pinus* em região de cerrado (Durigan e Silveira, 1999; Melo e Durigan, 2006).

2.5. Conclusões

- As árvores de *Pinus elliottii* favoreceram o desenvolvimento estrutural da comunidade vegetal nativa no sub-bosque, durante um período de onze anos de monitoramento após o plantio.
- O favorecimento da regeneração natural pelas árvores de *P. elliottii* foi decorrente da supressão das gramíneas pelo sombreamento, à medida que se adensaram as árvores plantadas.
- Aos onze anos após o plantio, a competição por recursos do ambiente entre as árvores de *P. elliottii* e as plantas nativas não parece estar sendo limitante para a comunidade lenhosa em regeneração.
- A comunidade regenerante sob as copas de *P. elliottii* difere estruturalmente daquela que se desenvolve nas parcelas controle, nas quais a densidade, a superfície de copas e a diversidade são inferiores.
- As árvores de *P. elliottii* não favorecem a ação da fauna dispersora de sementes.
- A utilização de *P. elliottii* com a função de pioneira na recuperação da vegetação nativa é viável em condições semelhantes às da área

experimental, favorecendo os processos naturais de regeneração e restabelecendo rápida proteção aos recursos abióticos.

2.6. Referências bibliográficas

- ASHTON, P.M.S.; GAMAGE, S.; GUNATILLEKE, I.A.U.N. e GUNATILLEKE, C.V.S. 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** **34**:915-925, 1997.
- BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. IN: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 289-312.
- BATALHA, M.A.; MARTINS, F.R. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). **Australian Journal of Botany**, **52**: 149-161, 2004.
- BRASIL. Lei 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial**, Brasília, 16 de setembro de 1965, p. 9529.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Sociologia vegetal: estudio de las comunidades vegetales**. Buenos Aires: Acme, 44p, 1950.
- BROWN, S. e LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, **2** (2): 97-111, 1994.
- CARMO, M.R.B.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da bacia do rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. IN: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 125-141.
- CARPANEZZI, A.A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. In: GALVÃO, A.P.M. e PORFÍRIO-DA-SILVA, V. (eds.) **Restauração florestal:**

fundamentos e estudos de caso. Colombo – PR: EMBRAPA Florestas, 2005, p. 27-45.

CHAPMAN, C.A. e CHAPMAN, L.J. Exotic tree plantations and the regeneration of natural forests in Kibale National Park, Uganda. **Biological Conservation**, 76: 253-257, 1996.

D'ANTONIO, C.M. e MEYERSON, L. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. **Restoration Ecology**, 10 (4): 703-713, 2002.

D'ANTONIO, C.M. e VITOUSEK, P.M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. **Annual review of ecology and systematics**, 23: 63-87, 1992.

DURIGAN, G. Análise comparativa do modo de dispersão das sementes de espécies de cerrado e de mata ciliar no município de Assis (SP). **II Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Sementes Florestais** (anais). Atibaia: p.278, 1989.

DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; PASTORE, J.A.; AGUIAR, O.T. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal**, 9 (1): 71-85, 1997.

DURIGAN, G. e LEITÃO-FILHO, H. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal**, 7(2): 197-239, 1995.

DURIGAN, G. e SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, 56:135-144, 1999.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J.A. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo state, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, 60(2): 217-241, 2003.

DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. **Plantas do cerrado paulista**. Imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas e Letras Editora e gráfica, 2004a, 475 p.

DURIGAN, G.; CONTIERI, W.A.; MELO, A.C.G. e GARRIDO, M.A.O. Regeneração da mata ciliar sob plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em diferentes densidades.

In: VILAS BÔAS, O. e DURIGAN, G. (Orgs.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**. Resultados da cooperação Brasil – Japão. 1 ed. São Paulo: Páginas e Letras Editora e gráfica, v. 1, p. 363-76, 2004b.

ENGEL, V.L. e PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y., OLIVEIRA, R.E., MORAES, L.F.D., ENGEL, V.L., GANDARA, F.B. (orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF, p. 1-26, 2003.

FENNER, M. **Seed ecology**. Chapman e Hall, 151p, 1985.

FILGUEIRAS, T.S. Africanas no Brasil: gramíneas introduzidas da África. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, 5: 57-63, 1990.

FIMBEL, R.A. e FIMBEL, C.C. The role of exotic conifer plantations in rehabilitating degraded tropical forest lands: a case study from Kibale National Park in Uganda. **Forestry Ecology and Management**, 81: 215-226, 1996.

GELDENHUYS, C.J. Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. **Forestry Ecology and Management**, 99: 101-115, 1997.

HARRINGTON, R.A. e EWEL, J.J. Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. **Forestry Ecology and Management**, 99: 153-162, 1997.

HOWE, H.F e SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 13: 201-228, 1982.

HOFFMANN, W.A.; LUCATELLI, V.M.P.C.; SILVA, F.J.; AZEVEDO, I.N.C.; MARINHO, M.S.; ALBUQUERQUE, A.M.S.; LOPES, A.O.; MOREIRA, S.P. Impacto f the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone in the Brazilian Cerrado. **Diversity and Distributions**, 10: 99-103, 2004.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A.; CARPANEZZI, A.A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: Barbosa, L.M. (coord.) **Simpósio sobre mata ciliar**. Anais. Fundação Cargill, Campinas (SP), pp. 130-143, 1989.

- KAGEYAMA, P.Y. e GANDARA, F.B. 2000. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 249-269.
- KLINK, C.A. Germination and seedling establishment of two native and one invading African grass species in the Brazilian cerrado. **Journal of Tropical Ecology**, 12: 139-147, 1996.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B.; LIBARDI, P.L. e SOUZA FILHO, A.P. Comparative evapotranspiration of Eucalyptus, Pine and natural "cerrado" vegetation measure by the soil water balance method. **IPEF International**, v.1. p. 5-11, 1990.
- LUGO, A.E. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs*, 62 (1), 1992a.
- LUGO, A.E. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. In: WALI, M.K. (ed.) **Ecosystem rehabilitation: ecosystem analysis and synthesis**. Vol. 2. Academic Publishing. The Hague, The Netherlands, pp. 247-255, 1992b.
- MACHADO, R.B., M.B. RAMOS NETO, P.G.P. PEREIRA, E.F. CALDAS, D.A. GONÇALVES, N.S. SANTOS, K. TABOR e M. STEININGER. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. **Conservação Internacional**, Brasília, DF, 2004
- MAGURRAN, A. E.. **Ecological Diversity and its Measurement**. Cambridge, University Press, London, 1988, 179 p.
- MARTINS, C.R.; LEITE, L.L.; HARIDASAN, M. Capim gordura (*Melinis minutiflora* p. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, 28(5):739-747, 2004.
- MBOUKOU-KIMBATSA, I.MC; BERNHARD-REVERSAT, F. e LOUMETO, J.J. Change in soil macrofauna and vegetation when fast-growing trees are planted on savanna soils. **Forest Ecology and Management**, 110: 1-12, 1998.
- MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Forestalis*, no. 71, p. 149-154, 2006.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858, 2000.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. e MOREIRA, A.G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília – DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, n.2: 163-174, 1992.
- PIJL, L. van der. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag, 199p, 1982.
- PINHEIRO, F. e RIBEIRO, J.F. Síndromes de dispersão de sementes em matas de galeria do Distrito Federal. In: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L., Sousa-Silva, J.C. (eds.) **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: EMBRAPA, p. 335-375, 2001.
- PIVELLO, V.R.; SHIDA, C.N.; MEIRELLES, S.T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, 8:1281-1294, 1999.
- RENNER, S.S. e FEIL, J.P. Pollinators of tropical dioecious angiosperms. **American Journal of Botany**, 80(9):1100-1107, 1993.
- RICHARDSON, D.M. Forestry trees as invasive aliens. **Conservation Biology**, (12)1: 18-26, 1998.
- RICHARDSON, D.M. e REJMÁNEK, M. Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive framework. **Diversity and Distributions**, 10: 321-331, 2004.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, p. 235-247, 2000.
- 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**, 2007 (no prelo).
- SÃO PAULO. Decreto 50.889, de 16 de junho de 2006. Dispõe sobre a manutenção, recomposição, condução da regeneração natural e compensação da área de reserva legal de imóveis rurais do Estado de São Paulo e dá providências

correlatas. **Diário Oficial** – Poder Executivo, São Paulo, 17 de junho de 2006. Seção I, 116 (113), p. 1-3.

SARTORI, M.S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V.L. Regeneração da vegetação arbórea no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith. localizado no estado de São Paulo. **Scientia forestalis**, 62: 86-103, 2002.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Determinação de regimes de desbastes para povoamentos de *Pinus elliottii* do Planalto Ocidental do Estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 4(1): 61-76, 1994.

SCHUPP, E.W. Seed-seedling conflicts, habitat choice, and patterns of plant recruitment. **American Journal of Botany**, 82(3): 399-409, 1995.

SILVA Jr, M.C.; SCARANO, F.R. e CARDEL, F.S. Regeneration of na Atlantic Forest formation in the understory of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 11:147-152, 1995.

SOUZA, V.C. e LORENZI, H. **Botânica sistemática**. Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum, 2005.

STANTURF, J.A.; SCHOENHOLTZ, S.H.; SCHWEITZER, C.J. e SHEPARD, J.P. Achieving restoration success: myths in bottom land hard wood forests. **Restoration Ecology** 9(2):189-200, 2001.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F.V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, v.18, p. 1-14, 2006.

CAPÍTULO 3

**Dinâmica da regeneração de espécies vegetais nativas sob *Pinus
elliottii* Engelm var. *elliottii* em ambiente ripário de região de
Cerrado**

Resumo

O presente capítulo tratou da análise dos aspectos dinâmicos da regeneração de espécies lenhosas nativas sob plantio de *Pinus elliottii* Engelm em diferentes espaçamentos, em ambiente ripário de Cerrado no município de Assis, SP. Analisou-se a dinâmica das populações de plantas lenhosas em regeneração ao longo dos onze anos de monitoramento, após a instalação do experimento. Os resultados mostraram que as árvores plantadas de *Pinus elliottii* têm favorecido o aumento populacional de 40% das espécies lenhosas nativas. Para 25% das espécies observadas, a presença do *P. elliottii* causou redução na população. Aproximadamente 35% das espécies parecem ser indiferentes à presença das árvores de *P. elliottii*. Observou-se que a comunidade em regeneração sob as árvores plantadas difere daquela em formação nas parcelas controle (sem plantio). A distribuição das espécies mais abundantes em classes de tamanho demonstrou que, aos onze anos após a instalação do experimento, a comunidade em regeneração sob *Pinus elliottii* apresenta estágio mais avançado de desenvolvimento estrutural do que à plena luz e na presença de gramíneas, situação em que as plantas lenhosas crescem mais lentamente. Constataram-se diferenças na densidade de regeneração das espécies lenhosas entre as duas condições experimentais. Sob *Pinus elliottii*, a maioria das espécies apresenta maior densidade de indivíduos, tendência que tem se mantido ao longo do período de observações.

3.1. Introdução

É sabido que espécies vegetais exóticas comerciais podem cumprir o papel de facilitadoras da regeneração das espécies nativas (Lugo, 1992; Brown e Lugo, 1994; Silva Jr. et al., 1995; Chapman e Chapman, 1996; Fimbel e Fimbel, 1996; Ashton et al., 1997; Durigan et al., 1997; Harrington e Ewel, 1997; Geldenhuys, 1997; D'Antonio e Meyerson, 2002; Sartori et al., 2002). Tendo isto sido amplamente discutido no capítulo anterior, e considerando o que ali se concluiu, este capítulo aborda os aspectos dinâmicos da regeneração natural das espécies nativas no sub-bosque de *Pinus elliottii*.

As modificações ocorridas no ambiente ao longo do tempo produzem efeitos na manutenção das populações vegetais, cujas estruturas exibem indícios de eventos passados (Schiavini et al., 2001).

Os estudos de dinâmica de populações permitem investigar a auto-sustentabilidade da comunidade por meio da compreensão dos processos pelos quais as populações passam para se adaptar às modificações ocorridas no ambiente ao longo do tempo. Com base nesses estudos, pode-se projetar o futuro de populações e/ou comunidades, bem como identificar as etapas de desenvolvimento em que os indivíduos são mais suscetíveis às pressões de seleção (Mantovani, 1989; Watkinson, 2005).

As análises aqui efetuadas tratam das espécies lenhosas nativas em regeneração em plantio experimental efetuado na zona ripária de um córrego em região de Cerrado, durante os onze anos subseqüentes ao plantio das árvores de *Pinus elliottii* em diferentes espaçamentos.

As seguintes questões nortearam as análises efetuadas neste capítulo:

1. Haveria diferença na densidade de regeneração das espécies lenhosas nativas entre as duas condições experimentais (plantio de *Pinus elliottii* e área controle)?
2. Quais espécies (ou grupos de espécies) teriam mais sucesso em cada uma das condições?
3. Quais seriam as possíveis causas do sucesso ou fracasso das referidas espécies?

Diante dessas questões, foram testadas as seguintes hipóteses:

1. As árvores de *Pinus elliottii* exercem influência sobre as populações de espécies nativas em regeneração;
2. A influência do *Pinus elliottii* pode ser negativa para algumas espécies e positiva para outras.
3. Em termos florísticos, a comunidade em regeneração sob *Pinus elliottii* será distinta da comunidade em regeneração nas áreas abertas.

Hipótese nula: as árvores de *Pinus elliottii* não exercem influência sobre as espécies nativas em regeneração.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Avaliação das plantas lenhosas em regeneração

O experimento foi monitorado após um, três, quatro, seis e onze anos, a contar da data do plantio. Foram avaliadas as alterações na densidade e na distribuição dos indivíduos entre classes de tamanho para todas as espécies, aprofundando-se as análises para as espécies mais abundantes.

Para as análises efetuadas neste capítulo, os três tratamentos com plantio de *Pinus elliottii* foram agrupados e comparados com as parcelas controle. Para evitar que o número superior de parcelas sob *Pinus* afetasse os resultados, todas as análises foram conduzidas em dados médios por hectare.

3.2.2. Identificação das espécies

As espécies nativas em regeneração observadas no experimento foram identificadas em campo ou coletadas para identificação posterior, por comparação com exemplares da coleção botânica da Floresta Estadual de Assis, pelo uso de literatura especializada, ou ainda, mediante consulta a especialistas. A classificação das espécies em famílias foi feita segundo a Angiosperm Phylogeny Group II – APG II (Souza e Lorenzi, 2005).

3.3. Resultados e discussão

Trinta e uma famílias (resultando em 68 espécies nativas) já foram observadas na área experimental ao longo de 11 anos (Tabela 3.1.). Três famílias e dez espécies desapareceram da área experimental no mesmo período.

A família Melastomataceae (com nove espécies e nenhuma desaparecida) vem apresentando desempenho notável no processo de regeneração na área em estudo. Os indivíduos desta família somados totalizam perto de 60% dos indivíduos em regeneração contabilizados em 2006. *Miconia chamissois* é a espécie com maior êxito de regeneração.

A família Fabaceae é representada por seis espécies, sem que nenhuma tenha desaparecido.

A família Myrtaceae já foi representada por oito espécies, das quais três desapareceram.

A família Lauraceae já teve cinco espécies na área experimental, mas na última avaliação, aos onze anos, foram registradas somente três.

Na tabela a seguir (3.1), foi relacionada a densidade de indivíduos de cada espécie em regeneração com a presença ou a ausência de *Pinus* com base nas observações ao longo dos 11 anos do experimento. Desta forma, pode-se analisar se a espécie exótica estaria influenciando o desenvolvimento das espécies nativas.

Tabela 3.1. Densidade das populações de espécies em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle ao longo de onze anos de experimento, e sua relação com a presença de *Pinus elliottii* (continua)

Espécie	Densidade (indivíduos.ha ⁻¹)										Relação com <i>P. elliottii</i>
	1996		1998		1999		2001		2006		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	
<i>Aegiphila lhotzkyana</i> Cham.	0	0	0	0	0	0	4	0	8	0	Ind
<i>Aeschynomene selloi</i> Vogel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	Pre
<i>Annona dioica</i> A.St.-Hil.	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	Ind
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	19	23	8	23	4	12	4	58	0	58	Pre
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B.Gates	12	12	0	0	27	12	35	12	70	12	Fav
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	Ind
<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	Ind
<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	0	0	8	12	15	12	12	12	8	23	Pre
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	0	0	0	0	0	0	4	0	31	0	Fav
<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O.Berg	4	0	4	0	0	0	4	0	8	0	Ind
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	8	23	12	23	19	23	23	23	8	23	Ind
<i>Cestrum sendtnerianum</i> Mart.	4	0	12	58	12	58	12	46	4	58	Pre
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	0	0	0	0	0	0	0	0	85	174	Pre
<i>Clethra scabra</i> Pers.	4	0	0	0	4	0	4	0	0	0	Ind

Tabela 3.1. (continuação) Densidade das populações de espécies em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle ao longo de onze anos de experimento, e sua relação com a presença de *Pinus elliottii*

Espécie	Densidade (indivíduos.ha-1)										Relação com <i>P. elliottii</i>
	1996		1998		1999		2001		2006		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	4	0	8	0	12	12	8	0	42	0	Fav
<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	0	0	0	0	0	0	0	0	77	58	Ind
<i>Cyathea cf. pungens</i> (Willd.) Domin	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	Fav
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb	0	0	0	0	0	0	0	0	181	0	Fav
<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.	4	0	0	12	0	12	0	12	8	12	Ind
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	Ind
<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E.Schulz	31	0	27	0	27	0	50	0	89	12	Fav
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	0	0	4	0	15	0	8	0	0	0	Ind
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	0	0	8	0	8	0	8	0	15	0	Fav
<i>Eugenia blastantha</i> (O.Berg) D.Legrand	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	Ind
<i>Eugenia punicifolia</i> (Humb.; Bonpl. & Kunth) DC.	0	0	12	0	12	0	15	0	8	0	Ind
<i>Gochnatia barrosii</i> Cabrera	12	0	15	0	15	0	23	0	19	0	Fav

Tabela 3.1. (continuação) Densidade das populações de espécies em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle ao longo de onze anos de experimento, e sua relação com a presença de *Pinus elliottii*

[illegible]

Tabela 3.1. (continuação) Densidade das populações de espécies em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle ao longo de onze anos de experimento, e sua relação com a presença de *Pinus elliottii*

Espécie	Densidade (indivíduos.ha ⁻¹)										Relação com <i>P. elliottii</i>
	1996		1998		1999		2001		2006		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	8	0	15	12	8	12	12	12	39	12	Fav
<i>Miconia stenostachya</i> DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	8	23	Pre
<i>Myrcia bella</i> Cambess.	4	0	23	0	19	0	15	0	62	0	Fav
<i>Myrcia guianensis</i> DC.	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ind
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	0	0	4	0	0	0	4	0	12	23	Ind
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	4	0	8	0	19	0	8	0	120	35	Fav
<i>Ocotea veloziana</i> (Meisn.) Mez	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	Ind
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	0	0	8	0	4	0	4	0	8	0	Ind
<i>Pera obovata</i> Bail.	15	0	23	0	27	0	27	0	42	0	Fav
<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	0	0	4	0	4	12	0	12	12	12	Ind
<i>Persea venosa</i> Nees & Mart. ex Nees	0	12	4	0	4	0	8	0	39	23	Ind
<i>Pinus elliottii</i> Engelm	0	0	0	0	0	0	0	0	15	35	Pre
<i>Piper aduncum</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	Pre
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	Pre
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban	0	0	0	0	0	0	4	12	4	23	Pre
<i>Psychotria anceps</i> Kunth	4	0	15	0	12	12	8	0	0	12	Pre

Tabela 3.1. (continuação) Densidade das populações de espécies em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle ao longo de onze anos de experimento, e sua relação com a presença de *Pinus elliottii*

[illegible]

Tabela 3.1. (conclusão) Densidade das populações de espécies em regeneração sob *Pinus* e nas parcelas controle ao longo de onze anos de experimento, e sua relação com a presença de *Pinus elliottii*

Espécie	Densidade (indivíduos.ha ⁻¹)										Relação com <i>P. elliottii</i>
	1996		1998		1999		2001		2006		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.	96	69	123	93	131	58	100	46	312	104	Fav
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	39	0	46	0	39	0	46	0	62	12	Fav
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	0	0	0	12	0	12	0	12	69	69	Ind
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	58	12	89	35	104	35	100	23	224	46	Fav
Legenda: <i>P</i> = sob <i>Pinus</i> ; <i>C</i> = parcelas controle; Ind = indiferente; Pre = prejudicada; Fav = favorecida											

Foram consideradas **favorecidas** pela presença de *Pinus elliottii*:

- as espécies que apresentaram 10 ou mais indivíduos por hectare exclusivamente sob *P. elliottii*;
- as espécies que, presentes tanto sob *Pinus* quanto nas parcelas controle, apresentaram mais que o dobro da densidade de indivíduos sob a espécie exótica (considerando-se a densidade mínima de 10 indivíduos.ha⁻¹).

Da mesma forma, foram classificadas como **prejudicadas** pela presença de *P. elliottii*:

- as espécies que apresentaram 10 ou mais indivíduos por hectare exclusivamente nas parcelas controle;
- as espécies que, presentes tanto sob *Pinus* quanto nas parcelas controle, apresentaram mais que o dobro da densidade de indivíduos nas parcelas sem *P. elliottii* (considerou-se também a densidade mínima de 10 indivíduos.ha⁻¹).

As espécies que se desenvolveram em ambas as condições experimentais em densidades pouco discrepantes entre si, ainda que tenham desaparecido, foram consideradas como indiferentes à presença de *P. elliottii*.

Dentre as 69 espécies observadas no experimento, 24 tiveram seu crescimento favorecido pelo *Pinus elliottii*, 17 foram prejudicadas e 28 se desenvolveram indiferentemente à presença da espécie exótica.

Considerando que o efeito do *P. elliottii* é variável entre espécies, é de se supor que, em longo prazo, a proporção entre espécies nativas na comunidade será consideravelmente diferente sob as árvores de *P. elliottii* em comparação com as áreas abertas, sem plantio. Sete dentre as dez espécies com maior número de indivíduos na comunidade são favorecidas pela presença de *P. elliottii*. Diante disso, pode-se afirmar que as espécies favorecidas pelo *P. elliottii* tendem a adquirir maior importância na comunidade. Por outro lado, as espécies nativas que são prejudicadas pela espécie exótica tendem a diminuir em importância relativa ou desaparecer com o tempo sob as árvores plantadas.

3.3.1. Dinâmica populacional das espécies (1996 – 2006)

Efetou-se análise da dinâmica populacional das espécies mais abundantes na área experimental ou com variações populacionais acentuadas, considerando-se as cinco medições realizadas na área em estudo ao longo de onze anos.

A caracterização das espécies com base em tolerância à sombra, à umidade do solo ou à geada, porte e fisionomia em que ocorrem e demais atributos baseou-se em Durigan e Nogueira (1990); Correia et al. (2001); Ribeiro e Walter (2001) e Durigan et al (2004a).

3.3.1.1. *Ilex affinis*

Ilex affinis tem porte arbóreo, ritmo de crescimento moderado e ocorrência comum em ambientes de cerrado e mata galeria. Esta espécie tem preferência por áreas inundáveis e é resistente a geadas (Durigan et al., 2004a). A preferência desta espécie por ambientes abertos fica evidenciada na Fig. 3.1, que mostra maior densidade de indivíduos nas parcelas controle, enquanto que sob *Pinus* a densidade encontra-se praticamente estabilizada desde 1998.

Figura 3.1. Dinâmica populacional de *Ilex affinis* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de Cerrado

Junto com *Miconia chamissois*, *I. affinis* vem apresentando os maiores valores de densidade de indivíduos na área experimental desde o início do experimento.

3.3.1.2. *Tibouchina stenocarpa*

Tibouchina stenocarpa é uma espécie arbórea versátil que ocorre comumente em diversas fisionomias de cerrado (campos, cerrado *sensu stricto*, cerradão e ambientes ripários). Tem ritmo de crescimento moderado e preferência por solo úmido (Durigan et al., 2004a). Não tolera geada nem sombra, mas, no presente experimento, tem crescido mais freqüentemente sob *Pinus elliottii*, com população crescente à medida que aumenta o sombreamento pela árvore exótica (Fig. 3.2). A redução na densidade registrada em 2001 foi, provavelmente, consequência da geada severa do ano 2000, uma vez que a espécie não tolera baixas temperaturas.

Figura 3.2. Dinâmica populacional de *Tibouchina stenocarpa* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

3.3.1.3. *Miconia chamissois*

Miconia chamissois tem porte arbustivo, ritmo de crescimento moderado e ocorrência comum e exclusiva em áreas inundáveis de cerrado. É tolerante à sombra e intolerante à geada (Durigan et al., 2004a). Até o monitoramento de 2001, a população teve maior densidade de indivíduos nas parcelas controle, tendência que se reverteu em 2006.

Figura 3.3. Dinâmica populacional de *Miconia chamissois* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

Embora não tenha sido observada na primeira avaliação, *Miconia chamissois* tem apresentado, desde 1998, os maiores valores de densidade de indivíduos em ambas as formas de tratamento, ou seja, tanto nas áreas abertas quanto sob *Pinus elliottii*.

3.3.1.4. *Miconia albicans*

Miconia albicans tem porte arbustivo, ritmo de crescimento moderado e é conhecida como uma espécie altamente adaptada aos solos álicos do cerrado, sendo comum sua ocorrência nesse ambiente. É tolerante à sombra e intolerante à geada (Durigan et al., 2004a). A população de *Miconia albicans* (Fig. 3.4) tem sido sistematicamente superior sob as árvores de *Pinus elliottii*, em comparação com as áreas abertas (controle). Essa diferença vem se acentuando ao longo do tempo, o que comprova o favorecimento desta espécie pelo sombreamento oferecido pela espécie exótica.

Também para esta espécie a geada severa do ano 2000 provavelmente é o fator que explica a redução da população registrada em 2001.

Figura 3.4. Dinâmica populacional de *Miconia albicans* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

3.3.1.5. *Erythroxylum cuneifolium*

Erythroxylum cuneifolium tem porte arbustivo, ritmo de crescimento lento e ocorrência comum em cerrado e mata-galeria. É indiferente à umidade do solo, tolerante à sombra e à geada (Durigan et al., 2004a). Embora abundante sob o plantio de *Pinus elliottii*, a espécie foi observada nas parcelas controle somente em 2006, onze anos após a instalação do experimento (Fig. 3.5).

Figura 3.5. Dinâmica populacional de *Erythroxylum cuneifolium* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

3.3.1.6. *Leandra lacunosa*

Esta espécie é um subarbusto de ampla distribuição geográfica, de ocorrência comum em zona ripária.

A população de *Leandra lacunosa* na área experimental (Fig. 3.6) apresentou crescimento em uma fase intermediária das observações, principalmente nas parcelas controle (sem sombreamento), mas vem decrescendo nos últimos sete

anos. Não se sabe se isso vem ocorrendo por se tratar de uma espécie de ciclo de vida curto ou se a população vem sendo prejudicada por algum fator ambiental ou agente biológico específico, como praga ou doença.

Figura 3.6. Dinâmica populacional de *Leandra lacunosa* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

3.3.1.7. *Tocoyena formosa*

Tocoyena formosa tem porte arbustivo, ritmo de crescimento moderado, e é comumente encontrada no cerrado. Tolerância geada, mas não sombra (Durigan et al., 2004a). Apesar disso, a densidade da espécie tem sido superior sob *Pinus elliottii*, tendo sido registrada nas parcelas controle somente no último ano de monitoramento, em 2006 (Fig. 3.7).

Figura 3.7. Dinâmica populacional de *Tocoyena formosa* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

Considerando-se que o tamanho da população sob *Pinus elliottii* encontra-se praticamente estável desde a avaliação inicial, há dez anos, supõe-se que os indivíduos (ou pelo menos suas estruturas subterrâneas) já existiam no local antes do plantio das árvores de *Pinus elliottii* e sobreviveram ao sombreamento.

3.3.1.8. *Xylopia aromatica*

Xylopia aromatica é uma espécie arbórea de ritmo de crescimento moderado, comum em solos secos de cerrado. É tolerante a geadas e intolerante à sombra (Durigan et al., 2004a). Apesar disso, tem apresentado maior crescimento populacional sob *Pinus* (Fig. 3.8), ou seja, a espécie tem sido beneficiada, direta ou indiretamente, pela presença das árvores de *Pinus elliottii*.

Figura 3.8. Dinâmica populacional de *Xylopia aromatica* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

3.3.1.9. *Styrax pohlii*

Styrax pohlii tem porte arbóreo, ritmo de crescimento lento e ocorrência exclusiva em solos úmidos de Cerrado. Tolerante a geada, mas é considerada intolerante à sombra (Durigan et al., 2004a). Apesar disso, teve maior crescimento populacional sob *Pinus elliottii*, enquanto a população nas parcelas controle permanece estável (Fig. 3.9). Esta espécie tem sido, portanto, direta ou indiretamente beneficiada pelo sombreamento.

Figura 3.9. Dinâmica populacional de *Styrax pohlii* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas em zona ripária em região de cerrado

3.3.1.10. *Senna rugosa*

Senna rugosa é uma espécie arbustiva comum em ambientes de cerrado *sensu stricto* e em áreas perturbadas e bordas de cerradão, indiferente à umidade do solo. Tem ritmo de crescimento moderado e é descrita como intolerante a geadas e à sombra (Durigan et al., 2004a). Apesar da intolerância à sombra, a espécie foi observada exclusivamente sob *Pinus elliottii* (Fig. 3.10), com população crescente.

Figura 3.10. Dinâmica populacional de *Senna rugosa* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas na zona ripária em região de cerrado.

3.3.1.11. *Erythroxylum deciduum*

Trata-se de uma espécie arbórea, de crescimento lento e ocorrência comum em áreas inundáveis de cerrados e florestas. É tolerante à sombra e a geadas (Durigan et al., 2004a). A população de *Erythroxylum deciduum* contava com poucos indivíduos e foi suprimida da área experimental. Não se pode afirmar que isso tenha

ocorrido devido à presença de *Pinus elliottii*, pois a população pode ter sido atacada por praga ou doença.

Figura 3.11. Dinâmica populacional de *Erythroxylum deciduum* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas na zona ripária em região de cerrado.

Além de *Erythroxylum deciduum*, foi constatado o desaparecimento de várias outras espécies na área experimental. São elas: *Protium heptaphyllum*, *Clethra scabra*, *Sapium obovatum*, *Ocotea velloziana*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Eugenia blastantha*, *Myrcia guianensis*, *Kielmeyera coriacea* e *Bredemeyera floribunda*. Essas espécies (com exceção das duas últimas) são típicas de zona ripária. No caso de *Kielmeyera coriacea* e *Bredemeyera floribunda*, seu desenvolvimento provavelmente foi inviabilizado pelo sombreamento das árvores de *P. elliottii*, uma vez que essas espécies geralmente ocupam fisionomias abertas de cerrado. O desaparecimento das espécies de zona ripária pode ser explicado pelos mesmos fatores aventados para *E. deciduum*. Quase todas essas espécies eram representadas por apenas um indivíduo sob *Pinus elliottii*, com exceção de *M. guianensis* (4 indivíduos sob *Pinus*) e de *O. velloziana* (4 indivíduos nas parcelas controle).

3.3.1.12. *Ocotea corymbosa*

Esta é uma espécie arbórea de crescimento moderado e ocorrência comum em diversas fitofisionomias, indiferente à sombra e à umidade do solo, sendo, porém, suscetível à geada (Durigan et al., 2004a). Prova disso é a redução na população, ainda que pequena, constatada na figura 3.12, entre os anos 1999 e 2001 (houve uma geada severa na área experimental em 2000).

Figura 3.12. Dinâmica populacional de *Ocotea corymbosa* sob plantio de *Pinus* e em áreas abertas na zona ripária em região de cerrado.

A população de *Ocotea corymbosa* se manteve razoavelmente baixa e estável até a medição de 2001. Na medição de 2006, porém, foi observado um salto na densidade de indivíduos desta espécie, que pela primeira vez se desenvolveu nas parcelas controle. Observa-se o favorecimento que *P. elliottii* exerce sobre *Ocotea corymbosa*.

As espécies *Tibouchina stenocarpa*, *Xylopia aromatica*, *Styrax pohlii*, *Tocoyena formosa* e *Senna rugosa* são mencionadas na literatura como intolerantes

à sombra, mas, surpreendentemente, apresentaram maior crescimento populacional sob os plantios de *Pinus elliottii* que nas parcelas controle. Diante dessa constatação, foram estabelecidas as seguintes explicações possíveis para o observado:

1 – As referidas espécies não toleram solo encharcado. As árvores de *P. elliottii* promovem a interceptação e a evapotranspiração de grande parte da água das chuvas, fazendo com que o solo sob as árvores fique mais seco (Lima et al., 1990), criando condições mais adequadas ao crescimento destas espécies nativas nas áreas sob *P. elliottii* do que nas parcelas controle;

2 – As espécies em questão são zoocóricas, e as árvores de *Pinus* funcionam como poleiros para aves dispersoras de suas sementes;

3 – O sombreamento promovido pelo plantio de *P. elliottii* reduziu ou eliminou gramíneas que competiam com espécies lenhosas regenerantes, favorecendo o desenvolvimento das referidas espécies no sub-bosque, apesar da menor disponibilidade de luz;

4 – A classificação das espécies como intolerantes à sombra está incorreta.

A primeira explicação pode ser descartada pelo fato de que apenas duas das espécies em discussão serem intolerantes a solos úmidos (*Xylopia aromatica* e *Tocoyena formosa*). Se a explicação fosse verdadeira, somente essas duas espécies teriam sido beneficiadas, o que não é verdadeiro.

À primeira vista, a segunda explicação serviria para todas as espécies em discussão, exceto de *Tibouchina stenocarpa*, que é anemocórica. No entanto, no Capítulo 2 foi demonstrado que não há diferença significativa entre a proporção de espécies zoocóricas e anemocóricas no sub-bosque de *Pinus elliottii* e nas parcelas

controle (p. 75). Portanto, não se pode afirmar que a presença da espécie plantada favorece a atração de fauna dispersora.

A terceira explicação é corroborada pelos resultados do Capítulo 2, que indicam forte correlação negativa entre a presença de *Pinus elliottii* e a cobertura do solo por gramíneas (p. 81). Nas análises estatísticas (Teste de Tukey aplicado a 10% de probabilidade), foi encontrada diferença significativa entre o número de indivíduos nas parcelas controle e naquelas com *P. elliottii* em espaçamento 2 x 2 m (com maior densidade, maior sombreamento e, conseqüentemente, menor cobertura por gramíneas). Para este grupo de espécies, a competição com as gramíneas parece ser o fator limitante à regeneração e estabelecimento de plântulas.

De qualquer forma, a classificação dessas espécies como intolerantes à sombra deve ser revista, pois a falta de luz não leva, necessariamente, à sua eliminação da comunidade, pelo menos no prazo em que foi desenvolvido o presente estudo (onze anos) e no nível de sombreamento oferecido pelas árvores de *P. elliottii*.

Para as duas espécies do gênero *Miconia* (*M. albicans* e *M. chamissois*), tem sido observado crescimento populacional em ambas as condições. O maior aumento populacional de *M. albicans* sob *Pinus elliottii*, entretanto, indica que a espécie está sendo beneficiada pela presença de *P. elliottii*, provavelmente pela redução da competição com as gramíneas.

Ilex affinis tem tido maior crescimento populacional nas áreas controle. Parece que as gramíneas não têm prejudicado tal espécie e a menor disponibilidade de luz parece limitante o crescimento de sua população sob *P. elliottii*.

Tabela 3.2 – Relação das espécies mais abundantes na área experimental com as árvores plantadas de *Pinus elliottii*.

Relação com <i>P. elliottii</i>	Ambiente	Espécie	Causas prováveis do sucesso na área experimental
Favorecidas	Cerrado	<i>Miconia albicans</i>	Supressão de gramíneas
		<i>Xylopia aromatica</i>	Supressão de gramíneas
		<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	Supressão de gramíneas
		<i>Styrax pohlii</i>	Supressão de gramíneas
		<i>Tibouchina stenocarpa</i>	Supressão de gramíneas
	Mata- galeria	<i>Cyathea delgadii</i>	Sombreamento pelo <i>Pinus</i>
		<i>Ocotea corymbosa</i>	Sombreamento pelo <i>Pinus</i> ; supressão de gramíneas
Prejudicadas	Cerrado	<i>Chamaecrista flexuosa</i>	Sombreamento excessivo
	Mata- galeria	<i>Ilex affinis</i>	Sombreamento excessivo
Indiferente	Mata- galeria	<i>Miconia chamissois</i>	Adaptação às condições ambientais

Além das espécies consideradas anteriormente, foi observado um notável aumento populacional de *Cyathea delgadii* e *Chamaecrista flexuosa*. A dinâmica

populacional destas espécies não foi analisada porque o surgimento delas na área experimental foi detectado somente na última medição.

A maioria das espécies mais abundantes observadas na última medição vem obtendo sucesso na ocupação da área experimental desde o início do experimento.

A presença de *Pinus elliottii* favoreceu três espécies típicas de cerrado com preferência por solos secos ou indiferentes à umidade do solo (*Miconia albicans*, *Xylopia aromatica*, *Erythroxylum cuneifolium*). Também foram beneficiadas pela presença das árvores exóticas quatro espécies típicas de matas-galeria: *Styrax pohlii*, *Tibouchina stenocarpa*, *Cyathea delgadii* e *Ocotea corymbosa*. *Ilex affinis* (espécie heliófita exclusiva de mata-galeria) e *Chamaecrista flexuosa* (típica de cerrado) se desenvolveram com mais sucesso nas parcelas controle, enquanto que *Miconia chamissois* (típica de mata-galeria) se mostrou indiferente ao *P. elliottii*.

As espécies que não tiveram êxito em se estabelecer na área experimental, em sua maioria, eram típicas de área ripária e cada uma contava com apenas um indivíduo sob *Pinus elliotti*. A atribuição de seu desaparecimento à presença das árvores exóticas exige, pois, cautela.

3.3.2. Distribuição das espécies em classes de tamanho e comparação de desempenho de regeneração

A análise da distribuição dos indivíduos das espécies mais abundantes entre classes de tamanho permite que se presuma o futuro das populações na área em estudo.

O gráfico na forma de J invertido revela um padrão de distribuição característico de comunidades maduras estruturalmente (Schiavini et al., 2001). A existência de um grande número de plântulas e jovens resulta em melhores chances de altas taxas de recrutamento, assegurando a persistência da espécie na comunidade em longo prazo.

Foram analisadas as populações que apresentaram o melhor desempenho de regeneração no último monitoramento que, acredita-se, seja o momento que representa a comunidade no estágio de desenvolvimento mais avançado desde a implantação do experimento. Os resultados nos gráficos apresentados a seguir apresentam, em números proporcionais, a comparação entre as classes de tamanho observadas sob *Pinus* e no controle:

Figura 3.13. Distribuição de *Miconia chamissois* e *Ilex affinis* em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de restauração de floresta ripária em região de cerrado, Assis, SP

Figura 3.14. Distribuição de *Miconia albicans* e *Tibouchina stenocarpa* em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de restauração de floresta ripária em região de cerrado, Assis, SP

Figura 3.15. Distribuição de *Chamaecrista flexuosa* e *Cyathea delgadii* em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de restauração de floresta ripária em região de cerrado, Assis, SP

Figura 3.16. Distribuição de *Ocotea corymbosa* e *Xylopia aromatica* em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de restauração de floresta ripária em região de cerrado, Assis, SP

Figura 3.17. Distribuição de *Styrax pohlii* e *Erythroxylum cuneifolium* em classes de altura (m) em cada tratamento onze anos após a instalação do plantio experimental de restauração de floresta ripária em região de cerrado, Assis, SP

Miconia chamissois apresenta curva em J invertido em ambos os tratamentos, indicando que o atual sucesso na ocupação do ambiente provavelmente persistirá no futuro. O mesmo se observa nas populações de *Miconia albicans* e *Tibouchina stenocarpa*, embora esta última tenha tido baixo recrutamento nas parcelas controle.

A pteridófita arborecente *Cyathea delgadii* foi observada exclusivamente sob *Pinus elliottii*. Sua presença foi constatada somente no último monitoramento e, ainda assim, a curva de sua população se apresenta como J invertido. As observações de campo permitiram evidenciar que o ambiente sob *P. elliottii* tem sido intensamente modificado em relação à luminosidade, o que pode explicar o surgimento desta espécie na área de estudo.

A população de *Chamaecrista flexuosa* também surgiu na área de estudo entre 2001 e 2006. Por se tratar de uma espécie de pequeno porte, a curva da população apresenta poucas classes de tamanho, mas já apresenta estabilidade, especialmente à plena luz.

As populações de *Ilex affinis* e *Erythroxylum cuneifolium* apresentam distribuição instável em classes de tamanho, com emergência de indivíduos jovens limitada provavelmente pelo sombreamento e pelas gramíneas. *Xylopia aromatica* e

Styrax pohl atualmente apresentam curvas que tendem ao J invertido sob *Pinus elliottii*. A julgar pelo crescimento da densidade de indivíduos, é esperado que a curva das populações das referidas espécies assumam esse formato em um futuro próximo.

Na população de *Ocotea corymbosa* não há indivíduos nas maiores classes de tamanho, o que é compreensível já que se trata de uma espécie arbórea com ritmo de crescimento moderado. O indivíduo mais alto provavelmente já estava na área experimental antes de se iniciar o experimento.

Tanto na análise da distribuição em classes de tamanho quanto na análise de dinâmica das espécies mais importantes ao longo do período de estudo, percebeu-se que espécies de diferentes fisionomias de cerrado (e não apenas de ambientes ripários) estão entre as que têm surgido nas últimas avaliações. Essa observação corrobora a afirmação de diversos autores (Correia et al., 2001; Schiavini et al., 2001) de que as matas de galeria apresentam grande heterogeneidade espacial. Esses ambientes possuem mosaicos de condições ambientais e variações especialmente referentes à topografia e às características do solo. Sabe-se que estas são determinantes da composição de espécies.

3.3.3. Considerações sobre as classificações sucessional e ecofisiológica das espécies analisadas

No cerrado, Durigan et al. (2004b) observaram que, sob plantios de espécies exóticas ou nativas em áreas de cerrado distantes da zona ripária, a regeneração é

mais lenta em comparação com áreas simplesmente abandonadas. Os autores explicam que isso ocorre devido à competição por água e luz entre as árvores plantadas e as plantas em regeneração. No entanto, no experimento que originou o presente estudo, muitas das espécies em regeneração sob *Pinus elliottii* são típicas do cerrado. A localização da área experimental garante disponibilidade de água e, portanto, a competição por este recurso não deve ser limitante.

Características de espécies vegetais e dos habitats que ocupam são descritas por diversos autores (Durigan e Nogueira, 1990; Correia et al., 2001; Ribeiro e Walter, 2001; Durigan et al., 2004a). Entretanto, conforme observado por Ribeiro e Walter (2001), ainda faltam critérios que permitam a padronização de espécies em “exclusivas” ou “indiferentes” para determinados habitats. Na Tabela 3.3., a seguir, verifica-se que grande parte das espécies observadas na área experimental é típica de mata-galeria.

Tabela 3.3 – Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem (continua)

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
ANACARDIACEAE			
<i>Tapirira guianensis</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ampla distribuição; ocorrência comum; grande capacidade de adaptação.	Solo úmido; dique, centro e borda; indiferentes a áreas inundáveis; intolerante a geadas; tolerante a sombra; heliófila ¹ .	<i>Pinus</i> e Controle
ANNONACEAE			
<i>Annona dioica</i>	Hábito arbustivo; ocorrência variável; ritmo lento de crescimento.	Cerrado; solo seco; intolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Xylopia aromatica</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; solo seco; tolerante a geadas; intolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
AQUIFOLIACEAE			
<i>Ilex affinis</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; preferência por áreas inundáveis; intolerante a sombra; tolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Ilex brasiliensis</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento lento; ocorrência variável.	Cerrado; exclusiva de áreas inundáveis; tolerante a sombra; heliófila ² .	<i>Pinus</i> e Controle

¹ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

² Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
ARALIACEAE			
<i>Schefflera vinosa</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; solo seco; intolerante a sombra e a geadas.	<i>Pinus</i>
ASTERACEAE			
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento rápido; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; indiferentes a umidade do solo; intolerante a sombra; tolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Gochnatia barrosii</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento rápido; ocorrência comum.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; intolerante a sombra; tolerante a geadas.	<i>Pinus</i>
BIGNONIACEAE			
<i>Jacaranda caroba</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; solo seco; intolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais		Ocorrência na área experimental
BURSERACEAE				
<i>Protium heptaphyllum</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; dique aluvial; preferência por áreas inundáveis; tolerante a sombra e a geadas.		Desaparecida
CLETHRACEAE				
<i>Clethra scabra</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência variável.	Cerrado e floresta; preferência por áreas inundáveis; tolerante a sombra e a geadas; heliófila ³ .		Desaparecida
CLUSIACEAE				
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; dique e centro ⁴ ; exclusivas de áreas inundáveis; tolerante a sombra e a geadas; heliófila ⁵ .		<i>Pinus</i> e Controle
<i>Kielmeyera coriacea</i>	Hábito arbóreo.	Cerrado; preferência por solos secos; intolerante a sombra.		Desaparecida

³ Durigan e Leitão-Filho, 1995.⁴ Segundo Schiavini et al. (2001), o centro é um dos microhabitats das zonas ripárias, de posição intermediária entre o rio e a borda da floresta. O solo é hidromórfico de textura argilosa, com altos teores de matéria orgânica e alumínio e ocorrência de inundações periódicas.⁵ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
CYATHEACEAE			
<i>Cyathea atrovirens</i>	Hábito arborecente.	Floresta; tolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Cyathea delgadii</i>	Hábito arborecente.	Floresta; tolerante a sombra.	<i>Pinus</i>
<i>Cyathea cf. pungens</i>	Hábito arborecente.	Floresta; tolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
ERYTHROXYLACEAE			
<i>Erythroxylum campestre</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento lento; ocorrência rara.	Cerrado; solo seco; intolerante a sombra; tolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento lento; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; indiferente a umidade do solo; tolerante a sombra e a geadas.	<i>Pinus</i>
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento lento; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; preferência por áreas inundáveis; tolerante a sombra e a geadas; heliófila ⁶ .	Desaparecida

⁶ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
EUPHORBIACEAE			
<i>Pera obovata</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; indiferente a umidade do solo; tolerante a sombra e a geadas; heliófila ⁷ .	<i>Pinus</i>
<i>Sapium obovatum</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência variável.	Cerrado e floresta; preferência por áreas inundáveis; intolerante a sombra (pioneira); tolerante a geadas.	Desaparecida
FABACEAE – CAESALPINIOIDEAE			
<i>Chamaecrista flexuosa</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; indiferente a umidade do solo; intolerante a sombra; tolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado e floresta; dique aluvial; exclusivas de áreas não inundáveis; tolerante a sombra e a geadas; heliófila ⁸ .	<i>Pinus</i> e Controle

⁷ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

⁸ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
FABACEAE – CAESALPINIOIDEAE			
<i>Senna rugosa</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; intolerante a sombra e a geadas.	<i>Pinus</i>
FABACEAE – FABOIDEAE			
<i>Aeschynomene selloi</i> ⁹	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento rápido; ocorrência variável.	Cerrado; intolerante a solos úmidos e à sombra.	Controle
<i>Machaerium acutifolium</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; intolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
FABACEAE – MIMOSOIDEAE			
<i>Stryphnodendron obovatum</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento lento; ocorrência comum.	Cerrado; solo seco; intolerante a sombra e a geadas.	<i>Pinus</i>

⁹ Informações baseadas em observações na área experimental.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
LAMIACEAE			
<i>Aegiphila</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento	Cerrado; intolerante a solo úmido; intolerante a sombra	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Ihotskyana</i>	rápido; Ocorrência comum.	e a geada.	
LAURACEAE			
<i>Ocotea</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento	Cerrado e floresta; indiferentes a umidade do solo;	<i>Pinus</i> e Controle
<i>corymbosa</i>	moderado; ocorrência comum.	tolerante a sombra; intolerante a geadas; heliófila ¹⁰ .	
<i>Ocotea</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento	Cerrado e floresta; preferência por áreas inundáveis;	Desaparecida
<i>velloziana</i>	moderado; ocorrência variável.	tolerante a sombra; heliófila ¹¹ .	
<i>Persea venosa</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento	Cerrado; exclusivas de áreas inundáveis; tolerante a	<i>Pinus</i> e Controle
	moderado; ocorrência rara.	sombra e a geadas.	
<i>Persea</i>	Hábito arbóreo; ritmo de crescimento	Cerrado e floresta; preferência por áreas inundáveis;	<i>Pinus</i> e Controle
<i>willdenovii</i>	moderado; ocorrência variável.	tolerante a sombra e a geadas; heliófila ¹² .	

¹⁰ Durigan e Leitão-Filho, 1995.¹¹ Durigan e Leitão-Filho, 1995.¹² Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
MALPIGHIACEAE			
<i>Banisteriopsis stellaris</i>	Hábito arbustivo	Cerrado; intolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Byrsonima intermedia</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento lento; Ocorrência comum.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; intolerante a sombra; tolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
MELASTOMATACEAE			
<i>Leandra eichleri</i> ¹³	Hábito subarbustivo; ritmo de crescimento moderado.	Cerrado; exclusiva de terrenos úmidos, suscetível a geadas, heliófita.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Leandra lacunosa</i> ¹⁴	Hábito subarbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado e Floresta; preferência por solos úmidos; umbrófila ¹⁵ .	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Miconia albicans</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; tolerante a sombra; intolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle

¹³ Informações baseadas em observações na área experimental.¹⁴ Informações baseadas em observações na área experimental.¹⁵ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
MELASTOMATACEAE			
<i>Miconia chamissois</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; exclusivas de áreas inundáveis; tolerante a sombra; intolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Miconia fallax</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência variável.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; tolerante a sombra; intolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Miconia ligustroides</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; tolerante a sombra; intolerante a geadas; heliófila ¹⁶ .	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Miconia stenostachya</i>	Hábito arbustivo; ritmo de crescimento moderado; ocorrência comum.	Cerrado; indiferentes a umidade do solo; tolerante a sombra; intolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Tibouchina gracilis</i>	Hábito subarbustivo.	Cerrado; preferência por solo úmido.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Cerrado e floresta; preferência por solo úmido; intolerante a sombra (pioneira) e a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle

¹⁶ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
MYRSINACEAE			
<i>Rapanea gardneriana</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento e ocorrência moderados.	Cerrado e floresta; preferência por solo úmido; tolerante a geada; umbrófila ¹⁷ .	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Rapanea umbellata</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Cerrado e floresta; preferência por solo úmido; tolerante a geada; umbrófila ¹⁸ .	<i>Pinus</i> e Controle
MYRTACEAE			
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento moderado.	Floresta; tolera inundação; umbrófila ¹⁹ .	Desaparecida
<i>Campomanesia adamantium</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Cerrado; indiferente a umidade do solo; tolerante a geada; intolerante a sombra.	<i>Pinus</i>

¹⁷ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

¹⁸ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

¹⁹ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas		Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais		Ocorrência na área experimental
MYRTACEAE					
<i>Eugenia aurata</i>	Hábito arbóreo; crescimento;	Ritmo lento comum.	de Cerrado; indiferente a umidade do solo; geada; intolerante a sombra.	tolerante a	<i>Pinus</i>
<i>Eugenia blastantha</i>	Hábito arbóreo; crescimento;	Ritmo lento rara.	de Floresta; preferência por solo úmido; umbrófila ²⁰ .		Desaparecida
<i>Eugenia puniceifolia</i>	Hábito arbóreo; crescimento;	Ritmo lento comum.	de Cerrado; indiferente a umidade do solo; geada; intolerante a sombra.	intolerante a	<i>Pinus</i>
<i>Myrcia bella</i>	Hábito arbóreo; crescimento;	Ritmo lento variável.	de Cerrado; indiferente a umidade do solo; geada; tolerante a sombra; heliófila ²¹ .	intolerante a	<i>Pinus</i>
<i>Myrcia guianensis</i>	Hábito arbóreo; crescimento;	Ritmo lento comum.	de Cerrado e floresta; indiferente a umidade do solo; tolerante a sombra.	do solo;	Desaparecida
<i>Myrcia multiflora</i>	Hábito arbóreo; crescimento;	Ritmo lento comum.	de Cerrado e floresta; indiferente a umidade do solo; tolerante a geada; umbrófila ²² .	do solo;	<i>Pinus</i> e Controle

²⁰ Durigan e Leitão-Filho, 1995.²¹ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
OCHNACEAE			
<i>Ouratea spectabilis</i>	Hábito arbóreo; Ritmo lento de crescimento; Ocorrência comum.	Cerrado; indiferente a umidade do solo; intolerante a geada e a sombra.	<i>Pinus</i>
PIPERACEAE			
<i>Piper aduncum</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento rápido; Ocorrência comum.	Floresta; preferência por solo úmido; umbrófila ²³ .	Controle
POLYGALACEAE			
<i>Bredemeyera floribunda</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Cerrado; indiferente a umidade do solo; intolerante a geada e a sombra.	Desaparecida
ROSACEAE			
<i>Prunus myrtifolia</i>	Hábito arbóreo; Ritmo lento de crescimento; Ocorrência variável.	Cerrado e floresta; preferência por solo úmido; tolerante a geada; umbrófila ²⁴ .	<i>Pinus</i> e Controle

²² Durigan e Leitão-Filho, 1995.²³ Durigan e Leitão-Filho, 1995.²⁴ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
RUBIACEAE			
<i>Psychotria anceps</i> ²⁵	Arvoreta; ritmo de crescimento moderado; ocorrência rara.	Cerrado; exclusiva de terrenos úmidos; tolerante à geada e à sombra.	Controle
<i>Tocoyena formosa</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Cerrado; indiferente a umidade do solo; tolerante a geada; Intolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
SIPARUNACEAE			
<i>Siparuna guianensis</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Cerrado e floresta; indiferente ao regime hídrico; tolerante a sombra; intolerante a geadas.	<i>Pinus</i> e Controle
SOLANACEAE			
<i>Cestrum sendtnerianum</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento moderado; Ocorrência comum.	Floresta; indiferente a umidade do solo; umbrófila ²⁶ .	<i>Pinus</i> e Controle

²⁵ Informações baseadas em observações na área experimental.

²⁶ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (continuação) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
SOLANACEAE			
<i>Solanum paniculatum</i>	Hábito arbustivo; Ritmo de crescimento rápido; Ocorrência comum.	Cerrado e floresta; indiferente a umidade do solo; Intolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
STYRACACEAE			
<i>Styrax camporum</i>	Hábito arbóreo; Ritmo lento de crescimento; Ocorrência variável.	de Cerrado; indiferente a áreas inundáveis; intolerante a geadas e a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Styrax pohlii</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento lento; Ocorrência variável.	Cerrado; exclusiva de solo úmido; intolerante a sombra; tolerante a geada; heliófila ²⁷ .	<i>Pinus</i> e Controle
THYMELAEACEAE			
<i>Daphnopsis racemosa</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento lento; Ocorrência rara.	Cerrado e floresta; exclusiva de solo úmido; tolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle

²⁷ Durigan e Leitão-Filho, 1995.

Tabela 3.3. (conclusão) Espécies em regeneração sob plantio para recuperação de floresta ripária em zona ripária em

Assis, SP, suas características biológicas e do ambiente em que ocorrem

Espécie	Características biológicas	Ambiente de ocorrência e resposta aos fatores ambientais	Ocorrência na área experimental
<i>Cecropia pachystachya</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento rápido; Ocorrência comum.	URTICACEAE Cerrado e floresta; borda ²⁸ ; preferência por solo úmido; intolerante a sombra (pioneira).	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Lippia velutina</i>	Hábito arbustivo.	VERBENACEAE Cerrado; preferência por solos secos.	<i>Pinus</i> e Controle
<i>Vochysia tocanorum</i>	Hábito arbóreo; Ritmo de crescimento lento; Ocorrência comum.	VOCHYSIACEAE Cerrado; dique aluvial ²⁹ ; indiferente a umidade do solo; suscetível a geada; intolerante a sombra.	<i>Pinus</i> e Controle

(Baseado em Durigan e Leitão-Filho, 1995 e Durigan et al., 2004a)

²⁸ Segundo Schiavini et al. (2001), a borda é um dos microhabitats das zonas ripárias, em que a mata-galeria faz limite com o cerrado; o lençol freático é pouco profundo, sem ocorrência de inundações. O solo tem textura argilosa-arenosa.

²⁹ Segundo Schiavini et al. (2001), o dique aluvial é um dos microhabitats das zonas ripárias, em que há maior proximidade da água, solo formado pela deposição aluvial, bem drenado e de textura arenosa.

3.4. Conclusões

As árvores de *Pinus elliottii* vêm exercendo influência positiva sobre 40% das espécies lenhosas nativas, o que resulta em seu aumento populacional. Para 25% das espécies já observadas, no entanto, a presença do *P. elliottii* acarretou redução na população. Aproximadamente 35% das espécies parece não sofrer influência da espécie exótica.

A existência de espécies favorecidas e outras prejudicadas pela presença de *P. elliottii* conduzirá a comunidade por caminhos distintos em termos de sucessão ecológica, ou seja, a comunidade que está se regenerando sob as árvores plantadas será diferente da comunidade que se formaria na ausência delas.

A distribuição das espécies mais abundantes em classes de tamanho demonstrou que, sob *Pinus elliottii*, após 11 anos de experimento, a comunidade em regeneração apresentou-se em estágio mais avançado de desenvolvimento estrutural do que à plena luz e na presença de gramíneas. Nesta condição, as plantas lenhosas cresceram mais lentamente.

Foram constatadas diferenças na densidade de regeneração das espécies lenhosas entre as duas condições experimentais. Sob *Pinus elliottii*, a maioria das espécies apresenta maior densidade de indivíduos, tendência que tem se mantido ao longo do período de observações. Investigações de prazo mais longo, no entanto, são necessárias.

3.5. Referências bibliográficas

- ASHTON, P.M.S.; GAMAGE, S.; GUNATILLEKE, I.A.U.N.; GUNATILLEKE, C.V.S. 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**, 34:915-925, 1997.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, 2 (2): 97-111, 1994.
- CHAPMAN, C.A.; CHAPMAN, L.J. Exotic tree plantations and the regeneration of natural forests in Kibale National Park, Uganda. **Biological Conservation**, 76: 253-257, 1996.
- CORREIA, J.R., HARIDASAN, M., REATTO, A., MARTINS, E.S., WALTER, B.M.T. Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em Matas de Galeria na região do Cerrado: uma revisão. In: RIBEIRO, J.F., FONSECA, C.E.L., SOUSA-SILVA, J.C. (eds.) **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: EMBRAPA, p. 51-78, 2001.
- D'ANTONIO, C.M.; MEYERSON, L. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. **Restoration Ecology**, 10 (4): 703-713, 2002.
- DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; PASTORE, J.A.; AGUIAR, O.T. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal**, 9 (1): 71-85, 1997.
- DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H.F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal**, 7(2):197-239, 1995.
- DURIGAN, G.; MELO, A.C.G.; CONTIERI, W.A.; NAKATA, H. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob florestas plantadas com espécies nativas e exóticas. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Orgs.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**. Resultados da cooperação Brasil – Japão. IF/SMA, JICA. 1 ed. São Paulo, 2004b, v. 1, p. 349-

- DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J.C.B. Recomposição de matas ciliares. **IF Série Registros**, São Paulo, n. 4: 1-14, 1990.
- DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.; CONTIERI, W.A. A Flora Arbustivo-Arbórea do Médio Paranapanema: Base para a Restauração dos Ecossistemas Naturais. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Orgs.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**. Resultados da cooperação Brasil – Japão. IF/SMA, JICA. 1 ed. São Paulo, v. 1, p. 199-239, 2004a.
- FIMBEL, R.A.; FIMBEL, C.C. The role of exotic conifer plantations in rehabilitating degraded tropical forest lands: a case study from Kibale National Park in Uganda. **Forestry Ecology and Management**, 81: 215-226, 1996.
- GELDENHUYS, C.J. Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. **Forestry Ecology and Management**, 99: 101-115, 1997.
- HARRINGTON, R.A.; EWEL, J.J. Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. **Forestry Ecology and Management**, 99: 153-162, 1997.
- LUGO, A.E. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs*, 62 (1), 1992.
- MANTOVANI, W. Dinâmica de populações. In: Barbosa, L.M. (coord.) **Simpósio sobre mata ciliar**. Anais. Fundação Cargill, Campinas (SP), pp. 120-129, 1989.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L. e SOUSA-SILVA, J.C. (Eds.) **Cerrado: Caracterização e Recuperação de Mata de Galeria**. EMBRAPA, p.29-47, 2001.
- SARTORI, M.S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V.L. Regeneração da vegetação arbórea no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith. localizado no estado de São Paulo. **Scientia forestalis**, 62: 86-103, 2002.
- SCHIAVINI, I.; RESENDE, J.C.F.; AQUINO, F.G. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em Mata de Galeria e Mata Mesófila na margem do Ribeirão Panga, MG. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SOUSA-SILVA, J.C. (Eds.)

Cerrado: Caracterização e Recuperação de Mata de Galeria. EMBRAPA, p. 267-299, 2001.

SILVA Jr, M.C.; SCARANO, F.R.; CARDEL, F.S. Regeneration of na Atlantic Forest formation in the understory of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 11:147-152, 1995.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática.** Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum, 2005.

WATKINSON, A.R. Plant population dynamics. In: Crawley, M. J. (Ed.) Plant Ecology. Blackwell, 2ª. Ed., p. 359-400, 717pp, 2005.

CAPÍTULO 4

Viabilidade de conciliação entre exploração econômica e restauração do ecossistema ripário

Resumo

Um dos principais obstáculos à restauração de matas ciliares em larga escala tem sido o aspecto econômico, envolvendo o alto custo de plantio e a impossibilidade de retorno econômico. No presente capítulo foram analisados aspectos econômicos da restauração florestal de área ripária em ambiente de Cerrado, comparando-se plantios de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em diferentes espaçamentos, em Assis, SP, com plantios convencionais de espécies nativas. Discutiram-se também possíveis impactos da exploração econômica do plantio de *P. elliottii* sobre a vegetação nativa em regeneração no sub-bosque. O estudo baseou-se em pesquisa bibliográfica de métodos e custos de (1) plantios de *Pinus* e de espécies nativas para restauração, (2) produção de madeira e resina a partir de *Pinus elliottii* e do valor econômico dos produtos resultantes da exploração das árvores de *P. elliottii*. As análises efetuadas indicam que os custos referentes ao plantio de *P. elliottii*, dependendo do espaçamento entre as árvores, representam de 26 a 38% do custo inicial de implantação de espécies nativas com 2000 mudas por hectare. O retorno do investimento de implantação de *P. elliottii* dar-se-ia logo no primeiro ano de exploração da resina nos espaçamentos mais adensados. A exploração da madeira das árvores exóticas constituir-se-ia em receita adicional. Entretanto, a exploração de *Pinus* pelas técnicas usuais pode resultar em prejuízo aos processos de regeneração da vegetação nativa sob *Pinus elliottii*. As técnicas de exploração, portanto, precisam ser revistas em busca do impacto mínimo. Desde que as técnicas de exploração econômica não comprometam o desenvolvimento das espécies nativas no sub-bosque, o uso de exóticas como facilitadoras da restauração pode ser recomendado com a finalidade de reduzir custos e estimular iniciativas de recuperação florestal que não dependam de recursos públicos.

4.1. Introdução

A utilização de espécies exóticas de valor comercial em plantios visando à recuperação ambiental é assunto controvertido, pois envolve aspectos jurídicos (regulamentação da restauração florestal), econômicos (redução de custos da restauração e possibilidade de exploração comercial das árvores plantadas) e ambientais (impacto da exploração sobre a comunidade vegetal em recuperação).

Os reflorestamentos com fins comerciais são uma alternativa viável para terras subutilizadas, de baixa fertilidade ou degradadas, uma vez que os gêneros de espécies arbóreas mais comumente cultivados no Brasil (*Pinus* e *Eucalyptus*) apresentam bom desenvolvimento em condições inóspitas. Além de serem uma importante opção para o uso da terra sob o ponto de vista econômico, o aumento da oferta de produtos florestais a partir de florestas cultivadas reduz a pressão sobre as matas nativas remanescentes, trazendo benefícios para a conservação dos recursos naturais.

Quando se trata de áreas de preservação permanente, todavia, as leis vigentes não permitem o corte das árvores nativas e nem das que venham a ser plantadas.

A impossibilidade de exploração comercial das árvores que são plantadas em áreas de preservação permanente tem sido apontada pelos proprietários rurais como um forte desestímulo às iniciativas de plantio (Azevedo, 2000). Para esta autora, os elevados custos de plantio e manutenção são o maior obstáculo à recuperação de florestas em larga escala ao longo dos cursos d'água, com

essências nativas. Ademais, há também a impossibilidade de retorno do capital investido nessas operações.

O Código Florestal de 1965 levou em conta esses custos ao determinar que a recuperação florestal em áreas de preservação permanente desmatadas fosse feita com recursos públicos, sendo o proprietário indenizado pela perda de área de cultivo (Art. 18º):

Art. 18º - Nas terras de propriedade privada, onde seja necessário o florestamento ou o reflorestamento de preservação permanente¹, o Poder Público Federal poderá fazê-lo sem desapropriá-la, se não o fizer o proprietário.

§ 1º - Se tais áreas estiverem sendo utilizadas com culturas, de seu valor deverá ser indenizado o proprietário;

(...)

A Política Agrícola (Lei Federal No. 8171/1991) determina a concessão de crédito rural para atividade de preservação do ambiente (art. 48, parágrafo III), assim como “o fornecimento de mudas de espécies nativas e/ou ecologicamente adaptadas, produzidas com a finalidade de recompor a cobertura florestal” (art. 103, parágrafo IV) e “o apoio técnico-educativo no desenvolvimento de projetos de preservação, conservação e recuperação ambiental” (art. 103, parágrafo V).

Estes dispositivos, no entanto, não são aplicados e, em geral, os custos de restauração têm sido de responsabilidade dos proprietários das terras.

Machado (2006) cita a opinião de diversos juristas em se desobrigar o Poder Público a indenizar os proprietários rurais pela preservação das Áreas de Proteção Permanente (APP) privadas. Tais juristas consideram que os proprietários usufruem

¹ Conforme o art. 2º do Código Florestal e a MP 2166-67/2001, são consideradas de preservação permanente a vegetação natural descrita a seguir: ao longo de rios ou qualquer curso d'água; ao redor de lagos e nascentes; no topo de morros; nas encostas com acentuada declividade; nas restingas, associadas a dunas e mangues; nas bordas de tabuleiros; em altitudes superiores a 1800 metros. O Poder Público pode ainda declarar de preservação permanente a vegetação natural destinada a: evitar erosão; proteger rodovias e ferrovias; defender o território nacional; proteger sítios de excepcional beleza, valor científico ou histórico; proteger fauna e flora em extinção; manter áreas indígenas e assegurar bem-estar público (art. 3º).

dos serviços ambientais gerados pelas APPs e, portanto, é desnecessário o pagamento de indenização. Por outro lado, entretanto, o mesmo autor, referindo-se ao art. 18º do Código Florestal, afirma que “ainda que não esteja textualmente previsto no Código Florestal, é de se entender que possam ser cobradas do Poder Público as despesas efetuadas para implantar as florestas ou executar o reflorestamento”. Acrescenta-se a isso o fato de que a recuperação de florestas ao longo dos cursos d’água é de interesse coletivo, o que gera controvérsias sobre se é socialmente justo que somente o proprietário arque com os custos de adequação conforme as leis ambientais.

É possível que os proprietários rurais tenham conhecimento das conseqüências do desmatamento, especialmente nas áreas de preservação permanente. Entretanto, pesa sobre eles o cumprimento da função social e econômica das propriedades rurais, e isso se confronta com o fato de os recursos naturais serem de difícil avaliação econômica. Essa questão, junto com todas as implicações de se dificultar a permanência do homem no campo, põe em dúvida a validade do argumento dos juristas que são contra o pagamento de indenizações. Soma-se a isso a alteração da versão original do Código Florestal (Brasil, 1965) pela Lei Federal No. 7803, de 1989. Dessa forma, a faixa mínima de vegetação de preservação permanente aumentou de cinco para 30 metros, sem que nenhuma facilidade para a restauração de florestas nessas áreas tenha sido criada por parte do Poder Público (Melo, 2005).

Por essas razões, a possibilidade de que os plantios de restauração ofereçam alguma forma de retorno do capital investido, ainda que temporariamente, tem sido discutida no âmbito de políticas ambientais e foi a motivação para a instalação do plantio experimental de que trata o presente estudo, realizado em Assis, SP. A

justificativa para isso é de que, com a possibilidade de exploração econômica, os proprietários se sintam mais estimulados a recuperar a cobertura florestal em Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal.

A exploração econômica de ambientes ripários toca em um ponto nevrálgico da questão da conservação e preservação ambientais. O Código Florestal de 1965 (art. 3º, parágrafo 1º) determina a impossibilidade de supressão das florestas e demais formas de vegetação natural nas Áreas de Preservação Permanente (APPs), uma vez que se destinam à manutenção de recursos bióticos e abióticos locais. A Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal No. 9605/1998, art. 38º) prevê multa e/ou prisão para destruição ou dano à APP.

Porém, a Medida Provisória 2166-67/2001, que trata da revisão do Código Florestal, abre uma exceção para pequenas propriedades, quando diz que a supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente pode ser autorizada pelo órgão ambiental competente em caso de utilidade pública ou interesse social (artigo 3º). Tal autorização é encarada como exceção e considera a inexistência de alternativa técnica e locacional. As atividades de manejo agroflorestal sustentáveis em pequenas propriedades rurais familiares caracterizam uma situação de interesse social, uma vez que a Constituição Federal (artigo 5º, XXIII) determina que as propriedades devem cumprir função social, assim descrita no art. 186:

A função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigências estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos:

I – aproveitamento racional e adequado;

II – utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente;

III – observância das disposições que regulam as relações de trabalho;

IV – exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e trabalhadores.

À medida que surgem dúvidas sobre a legalidade desta ou daquela atividade, são modificadas as leis e, no caso das áreas de preservação permanente, foi instituída recentemente a Resolução CONAMA 369 (28/03/2006), que trouxe clareza quanto às atividades que são permitidas nessas áreas e em quais circunstâncias.

Enquanto esta norma estiver vigente, será permitido o cultivo intercalar em plantios de restauração e, também, a exploração de produtos não madeireiros das plantas contidas nas áreas de preservação permanente. Desta forma, abre-se uma possibilidade de geração de alguma receita a partir de manejo sustentável ou cultivo temporário das áreas em restauração, que podem se constituir em mecanismos de estímulo para que os proprietários plantem árvores por iniciativa própria.

Porém, a mesma norma ressalta a impossibilidade de plantio de espécies exóticas nessas áreas.

No que diz respeito às áreas de reserva legal, a Medida Provisória 2166-67/2001 estabelece que, nas pequenas propriedades rurais familiares, espécies exóticas frutíferas, ornamentais ou industriais podem ser computadas, desde que estejam consorciadas com espécies nativas.

A reserva legal (RL) é uma porção da propriedade rural destinada ao uso sustentável dos recursos naturais, conservação e reabilitação dos processos ecológicos, conservação da biodiversidade e abrigo e proteção da fauna e flora nativas. A RL é uma área distinta da APP. Assim como no caso da APP (e pelo mesmo motivo), a RL também não resulta em pagamento de indenização do Estado ao proprietário. O único benefício ao proprietário pela não utilização dessas áreas é que tanto APP quanto RL são isentas de imposto territorial rural, conforme a Lei Federal No. 8171/1991 – Política agrícola (Brasil, 1991).

Embora a obrigatoriedade da recuperação de matas ciliares não esteja expressa no Código Florestal, pode-se considerar que esta ação seja desejável para atender ao disposto no artigo 225 da Constituição Federal:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

O parágrafo 1º do mesmo artigo 225 novamente diz que “incumbe ao poder público:

I - Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas”.

...

O art. 4º da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal No. 6902/1981) prevê “imposição ao poluidor e ao predador da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados”.

Em síntese, a recuperação da vegetação nas áreas de preservação permanente pelo proprietário é obrigatória apenas quando e onde tiver havido autuação por danos ambientais.

Não sendo obrigatória por lei, mas desejável em qualquer circunstância, pode-se considerar que qualquer forma efetiva de estímulo ao plantio seja benéfica e deva ser permitida, ainda que não satisfaça ao ideal esperado do ponto de vista da conservação da biodiversidade. Qualquer tipo de floresta, submetida ou não a manejo, exerce proteção aos recursos abióticos (solo e água). No entanto, é discutível a validade do manejo e da exploração florestal do ponto de vista biológico, uma vez que pode retardar os processos de regeneração da vegetação nativa.

A possibilidade de manejo de florestas em áreas de preservação permanente deve ser analisada separadamente nos casos de florestas plantadas ou para vegetação nativa existente.

Sabe-se que tanto o extrativismo quanto o desmatamento resultaram na diminuição das melhores matrizes genéticas de determinadas espécies nativas, notadamente aquelas de maior interesse econômico. A produção comercial dessas espécies, mediante manejo sustentado, embora possível, depende ainda de avanços em pesquisas (Santos e Sousa-Silva, 1992).

Santos e Sousa-Silva (1992) afirmam que a utilização econômica direta dos produtos das matas-galeria em larga escala é inviável. Isso se deve, segundo os autores, à fragilidade e à baixa capacidade de suporte desse ambiente, uma vez que as espécies têm crescimento lento e a suscetibilidade à erosão é alta. Além disso, as espécies madeireiras são pouco abundantes naturalmente; há grande variação de diâmetro nas populações, o que dificulta a exploração comercial em larga escala. Há ainda o agravante da inacessibilidade, uma vez que a maior parte das matas-galeria são áreas de preservação permanente (APP). Os referidos autores recomendam uma exploração econômica muito criteriosa das espécies de mata-galeria, de pequena escala e apenas como alternativa de complementação de renda familiar.

O manejo das florestas que vierem a ser plantadas, porém, deve ser analisado sob outro ponto de vista: o plantio sempre trará ganhos de biodiversidade quando feito em áreas desmatadas. O manejo comercial pode diminuir os ganhos esperados em biodiversidade, mas ainda assim o ecossistema estará em melhores condições do que se não houvesse plantio. Os impactos decorrentes do manejo

serão dependentes das espécies cultivadas e, especialmente, do manejo a ser aplicado.

Nilsson (1989) defende a restauração de matas ciliares com espécies nativas de valor econômico: apícolas, fruteiras, palmitos, ornamentais e medicinais. Entretanto, a autora não menciona qual o investimento necessário e nem o retorno econômico desse empreendimento ou sequer implicações sobre a biodiversidade.

O Brasil está entre os grandes produtores e exportadores mundiais de alguns produtos de origem florestal, tais como celulose, papel e resina. Devido à redução do ritmo de plantios florestais nas duas últimas décadas, há expectativa de déficit de madeira para o mercado interno nos próximos anos (Dossa, 2005). Isto certamente significará aumento da pressão sobre as florestas nativas remanescentes e torna urgente a adoção de políticas que incentivem plantios florestais em áreas impróprias para agricultura convencional.

O aprimoramento de técnicas de exploração de produtos florestais e sua prática são necessários para reduzir perdas, minimizar danos ecológicos e assegurar a produção contínua. Entretanto, é dependente da realização de pesquisas e da adoção de políticas públicas (Bentes-Gama, sem data).

Além de ser boa fonte de madeira e resina (Garrido et al, 1998), *Pinus elliottii* é uma espécie que cresce satisfatoriamente em ambientes ripários (Durigan e Silveira, 1999). Destaca-se também a demanda crescente por esses produtos no mercado, além da geração de emprego e renda advindos das atividades relacionadas à silvicultura de *P. elliottii* (Neves et al., 2001).

A resina obtida das árvores de *Pinus elliottii* é composta por hidrocarbonetos de cadeia longa e tem diversas aplicações industriais. Por meio de destilação, são obtidos o breu (parte sólida) e a terebintina (porção volátil). A terebintina é formada

por compostos aromáticos e utilizada na composição de fragrâncias, desinfetantes, inseticidas, produtos farmacêuticos, entre outros. O breu é composto por ácidos resínicos e é empregado na fabricação de colas, adesivos, tintas, borrachas, emulsificantes, cosméticos, gomas de mascar, sabões etc.

A principal vantagem da resinagem é a possibilidade de antecipação de receitas ao proprietário (Figueiredo Filho et al., 1992). Entretanto, a extração da resina compromete a condução da seiva elaborada e de minerais, o que resulta na redução do crescimento em diâmetro das árvores (Gurgel e Faria, 1978). A qualidade da madeira de florestas resinadas, porém, não sofre qualquer dano, segundo Garrido et al. (1998).

A extração da resina consiste na remoção periódica (quinzenal) de parte da casca da árvore (2 x 20 cm) e aplicação de aproximadamente 2 g de pasta estimulante à base de H_2SO_4 . Na base da árvore é fixado um saco plástico (35 x 25 x 0,2 cm) com arame. Quando o saco se enche, a resina é transportada em latas de 20 L e acondicionada para transporte em tambores de 200 L. Os sacos permanecem nas árvores por toda a safra e são trocados no inverno, quando a produção de resina é menor. A safra dura nove meses (Garrido et al., 1998).

A resinagem é iniciada após oito anos da implantação da floresta. Usualmente, as árvores selecionadas para a extração da resina são aquelas com DAP maior que 16 cm. Uma árvore pode ser explorada, em média, por 16 anos (Garrido et al., 1998).

O que está em análise no presente estudo é o balanço entre ganhos e possíveis perdas decorrentes da exploração comercial de árvores plantadas na zona ripária, no que concerne à realidade de pequenas propriedades rurais.

O modelo em análise trata da utilização de uma espécie exótica produtora de resina como pioneira, cuja exploração não implica o corte das árvores, que seria efetuado apenas quando a regeneração de espécies nativas no sub-bosque for suficiente para recobrir a área e oferecer a proteção ambiental esperada ao solo, à água e à biodiversidade.

Os capítulos anteriores do presente estudo demonstraram que as árvores de *Pinus elliottii* exercem adequadamente a função de pioneiras, ao permitirem o desenvolvimento acelerado da vegetação nativa, e, sobretudo, cumprindo a função de proteção esperada da cobertura florestal, uma vez que acumulam biomassa mais rapidamente do que a vegetação nativa em regeneração natural a céu aberto.

Neste capítulo pretende-se desenvolver uma análise econômica do plantio efetuado, para verificar se:

1. Os custos de plantio com *Pinus elliottii* são inferiores aos custos de plantio de essências nativas.
2. A exploração de resina das árvores plantadas pode cobrir os custos de plantio e manutenção das árvores, eliminando o fator custo como obstáculo ao reflorestamento de matas ciliares.
3. A exploração de resina pode ultrapassar os custos de plantio e manutenção, gerando lucros para o proprietário a partir de um determinado período de tempo.
4. A exploração de resina e de madeira pode acarretar prejuízos ao ecossistema, que a tornam inviável em plantios visando à recuperação da mata ciliar.

4.2. Material e métodos

O plantio experimental, realizado no ano de 1995 em região de Cerrado no município de Assis (SP), encontra-se detalhadamente descrito nos capítulos anteriores deste estudo. A área experimental está parcialmente fora da área de preservação permanente estabelecida por lei, mas as condições ambientais locais evidenciam que se trata de zona ripária, com influência da presença do curso d'água nas proximidades. Cria-se, assim, uma situação peculiar em que, ao tratar da recuperação de uma área de reserva legal, a floresta estará, ao mesmo tempo, oferecendo proteção aos recursos hídricos.

4.2.1. Avaliação econômica da exploração de *Pinus elliottii* e seus possíveis impactos ambientais

As estimativas de rendimento oriundo da exploração das árvores de *Pinus* foram feitas com base em pesquisa bibliográfica e no crescimento das árvores nos diferentes espaçamentos do plantio experimental. Levantaram-se as seguintes informações:

- métodos e custos envolvidos em plantios de espécies nativas para restauração;
- métodos e custos envolvidos na produção de madeira e resina a partir de *Pinus elliottii* para cada um dos espaçamentos da área experimental;

- valor econômico dos produtos resultantes da exploração das árvores de *P. elliottii*;
- possíveis impactos ambientais causados pela exploração de florestas plantadas.

A estimativa de volume das árvores de *Pinus elliottii* nos diferentes tratamentos foi feita aplicando-se as equações volumétricas mencionadas por Leite et al. (2006).

4.3. Resultados e discussão

4.3.1. Custo de implantação e manutenção de plantio de espécies nativas e *Pinus elliottii*

Considerando-se os diferentes espaçamentos das árvores de *Pinus elliottii* na área experimental, os cálculos dos custos referentes ao plantio resultaram em valores entre R\$ 885,15 (3 x 3 m) e R\$ 1301,85 (2 x 2 m) (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Custos de implantação de reflorestamento de *Pinus elliottii*

Valores por espaçamento do plantio de <i>Pinus elliottii</i>			
	(metros)		
	2 x 2	3 x 2	3 x 3
Número de mudas/ha	2500	1666	1111
Mudas (preço unitário de R\$ 0,30)	R\$ 750,00	R\$ 499,80	R\$ 333,30
Mão-de-obra de plantio (R\$/ha) ²	551,83	551,83	551,83
TOTAL/ha	1301,85	1051,65	885,15

O plantio de *Pinus elliottii* na área experimental não exigiu nem o preparo do solo para receber as mudas, nem a realização da sua manutenção, o que poderia reduzir ainda mais os custos de plantio, especialmente no espaçamento 3 x 3 m.

Para fins de comparação de custos, foi feita uma cotação relativa ao plantio de espécies nativas para fins de restauração, conforme a Tabela 4.2:

² O custo referente ao plantio de *Pinus elliottii* foi de US\$ 283/ hectare (Fundação Florestal, 1994), e convertido para R\$ segundo cotação do Dólar de junho de 2007 (US\$1 = R\$ 1,95). Não foram obtidos valores diferenciados para o plantio sob diferentes espaçamentos.

Tabela 4.2 – Custos de implantação de reflorestamento de espécies nativas
(considerando-se 2000 mudas/ha)³

Custo dos itens necessários	Custo/ha (R\$)
Mudas em sacos plásticos (R\$ 1,50) ⁴	3000,00
Mão-de-obra ⁵ Preparo do solo (7,8 homens/dia/hectare)	156,00
Plantio (9 homens/dia/hectare)	180,00
Manutenção (6,3 homens/dia/hectare)	126,00
TOTAL/ha	3462,00

Não estão descritas na Tabela 4.2 as despesas referentes à manutenção e ao replantio de mudas que devem se estender por cerca de 24 meses subseqüentes ao plantio inicial, conforme recomendação da Resolução SMA 08/2006 (São Paulo, 2006).

Comparando-se os custos das duas modalidades de reflorestamento, constata-se que a implantação de árvores de *Pinus elliottii* representa entre 26 e 38% do custo correspondente ao plantio de espécies nativas. A diferença de custos entre o uso de *Pinus* e espécies nativas permite que, com o mesmo investimento, seja implantada uma área com *Pinus* três vezes maior que a que se plantaria com espécies nativas.

³ A recomendação desta densidade é dada por Barbosa (2000) e Kageyama e Gandara (2000). Barbosa (2000) afirma que esta densidade é indicada para área reflorestada que não tenha sofrido intensa degradação.

⁴ Fundação Florestal, 2005.

⁵ Valores de mão-de-obra necessária segundo Fundação Florestal (1995); Os valores de diárias de trabalhadores rurais considerados foram de R\$ 20,00 (Fundação Florestal, 2006a).

4.3.2. Estimativas do rendimento da exploração de resina e madeira

Além de representar economia considerável na implantação de plantios de restauração, o plantio de *Pinus elliottii* pode se constituir em uma importante fonte de receitas ao proprietário rural, seja pela exploração da resina ou da madeira. Em seu estudo, Neves et al. (2001) concluem que a exploração de resina em pequenas propriedades rurais é uma atividade viável, lucrativa e promissora.

Garrido et al. (1998) afirmam que a produção anual média de resina por árvore de *Pinus elliottii* é de 1,48 kg.

Figueiredo Filho et al. (1992) afirmam que a resinagem é mais lucrativa que a exploração da madeira, desde que os custos de produção não excedam US\$ 0,50 anuais por árvore.

Na Tabela 4.3 é apresentada uma síntese da estimativa de potenciais rendimentos proporcionados pela exploração da resina de *Pinus elliottii*.

Tabela 4.3 - Potencial de rendimento bruto anual da exploração de resina de *Pinus elliottii* em diferentes espaçamentos

	Espaçamento		
	2 x 2 m	3 x 2 m	3 x 3 m
Número de árvores/ha	2188 (TS = 87,5%)	1625 (TS = 97,5%)	950 (TS = 85,5%)
Produção média de resina (kg/ha/ano) ⁶	3238	2405	1406
Potencial de rendimento bruto (R\$/ha/ano) ⁷	3180,41	2362,05	1380,89

TS = Taxa de sobrevivência

⁶ Foi considerada a produção média anual de 1,48 kg/árvore/ano citada por Garrido et al. (1998).

⁷ Foi considerado o preço da tonelada de goma-resina de R\$ 982,14 (US\$ 491,07), segundo Fundação Florestal (2006b).

Tabela 4.4 - Potencial de rendimento bruto da exploração de madeira de *Pinus elliottii* em diferentes espaçamentos aos onze anos após o plantio

	Espaçamento		
	2 x 2 m	3 x 2 m	3 x 3 m
Número de árvores/ha	2500	1666	1111
Produção de madeira (m ³ /ha) ⁸	68,8	45	38,4
Potencial de rendimento bruto (R\$/ha) ⁹	3581,04	2342,25	1998,72

Segundo Garrido et al. (1998), as árvores de *Pinus elliottii* podem ser cortadas aproximadamente aos 23 anos de idade, quando a produção de resina declina. Assim, o proprietário poderia explorar o plantio de *P. elliottii* por cerca de 16 anos, uma vez que a resinagem se inicia sete anos após o plantio.

Aos onze anos após o plantio na área experimental deste estudo, considerando-se as quatro safras possíveis de resina a esta idade, as árvores plantadas teriam gerado receita cerca de 10 vezes superior ao investimento do plantio. Se cortadas as árvores, haveria ainda a receita adicional proveniente da madeira (Tabela 4.4), possibilitando a obtenção de lucro.

Uma vez que áreas destinadas à preservação permanente ou reserva legal não poderiam ser utilizadas para agricultura ou pecuária, não podem ser incluídos nas análises econômicas os custos de oportunidade¹⁰.

⁸ O cálculo da produção de madeira em m³/ha baseou-se na equação volumétrica citada por Leite et al. (2006). Os valores se referem ao ano de 2006.

⁹ O preço do m³ empilhado de madeira considerado foi de R\$ 52,05 (US\$ 26,69), segundo Fundação Florestal (2006c).

Incluídos nos cálculos os juros vigentes pela taxa SELIC (12% no corrente ano), os custos do plantio dobrariam após sete anos. Ainda assim, a receita proveniente do primeiro ano de exploração de resina superaria os custos do plantio, acrescidos dos juros, nos espaçamentos 2 x 2 e 3 x 2 m. Para o espaçamento 3 x 3 m, os custos seriam totalmente cobertos no segundo ano de exploração de resina.

A decisão sobre o momento adequado para cessar a exploração de resina ou eliminar as árvores de *Pinus* poderia, então, ser tomada com base nos aspectos ecológicos, de modo a permitir a continuidade dos processos naturais de regeneração da vegetação nativa.

4.3.3. Potenciais implicações da exploração do *Pinus elliottii* sobre a mata ripária em regeneração

A principal crítica que se faz à exploração do *Pinus elliottii* nas condições observadas nesse estudo é em relação à integridade da vegetação nativa em regeneração. Foi demonstrado que as árvores de *P. elliottii* favorecem a recuperação do ambiente ripário (capítulos 2 e 3). Entretanto, a extração de resina de *Pinus elliottii* envolve intensa circulação de pessoas no sub-bosque, o que ocasionaria o pisoteio das plantas em regeneração e a compactação do solo. O corte das árvores de *Pinus elliottii* também promoveria danos à vegetação regenerante. Tais impactos são previsíveis, mas carecem ser estudados quantitativamente.

¹⁰ Segundo o dicionário Houaiss (2002), custo de oportunidade se refere a “aquela que se considera não como valor absoluto, mas como igual a uma segunda melhor oportunidade de benefícios que, no entanto, não foi aproveitada”.

Podem ser buscadas, também, alternativas de exploração menos agressivas às plantas nativas em regeneração. Aoki e Cruz (1998) descrevem o método de resinagem em sistema fechado (Fig. 4.1), que permite maior rendimento que o método de estrias. Este método consiste na instalação de garrafas PET (ou canos de PVC acoplados a sacos plásticos) em orifícios nas árvores de *Pinus elliottii*, e a resina flui para o interior das garrafas.

Figura 4.1 – Resinagem em sistema fechado (fonte: Aoki e Cruz, 1998).

As vantagens desse método são: redução das perdas da parte volátil da resina; obtenção de resina livre de impurezas; possível aumento da longevidade das árvores para resinagem; eliminação da necessidade de refazer estrias nas árvores; redução da aplicação de estimulantes. Essas duas últimas vantagens da resinagem por sistema fechado possibilitam redução da mão-de-obra, que, além de ser economicamente interessante, também reduziria o pisoteio das plantas do sub-bosque.

Em relação à exploração da madeira, sabe-se que esta operação envolve intensa circulação de pessoas e máquinas na área, fato que implicaria na destruição da vegetação em regeneração no sub-bosque. Para minimizar o impacto da retirada da madeira sobre a vegetação nativa em regeneração, o corte das árvores precisaria ser direcionado para a borda da faixa de plantio e a retirada da madeira deveria ser manual.

A exploração parcimoniosa tanto da resina quanto da madeira é imprescindível para que sejam causados os menores danos possíveis ao sub-bosque regenerante. Para tanto, seria necessária assistência técnica aos proprietários e orientação específica aos trabalhadores envolvidos nas operações.

Outro ponto a ser discutido é quanto às mudanças que a retirada das árvores de *Pinus elliottii* promoveriam nas condições físicas que determinam a composição da comunidade regenerante. Com base nisso, faz-se necessária a continuidade das investigações para que se determine quantitativamente a intensidade de impacto resultante da exploração das árvores plantadas de *Pinus elliottii* sobre as plantas nativas do estrato regenerante.

4.4. Considerações finais

Dependendo da densidade do plantio na área de estudo, a exploração renderia entre R\$ 3180,41 e R\$ 1380,89 anuais em resina a partir do 8º. ano, e de R\$ 3581,04 a R\$ 1998,72 em madeira caso as árvores fossem cortadas aos onze

anos. O retorno do investimento de implantação dar-se-ia logo no primeiro ano de exploração de resina.

A utilização de *Pinus elliottii* como espécie facilitadora da regeneração natural em plantios de restauração florestal compensa os custos de plantio, desde que se possa explorar economicamente ao menos sua resina, independentemente do espaçamento de plantio.

Uma vez que a exploração de resina e de madeira pelas técnicas usuais implica em impacto sobre a vegetação natural em regeneração, esta possibilidade pode resultar em prejuízo aos processos de restauração da vegetação nativa sob *Pinus elliottii*. As técnicas de exploração, portanto, precisam ser revistas em busca do impacto mínimo.

Tais impactos precisam ser quantificados e, caso coloquem em risco a comunidade em regeneração, devem determinar a suspensão da exploração a partir da liquidação do investimento na restauração.

Recomenda-se o uso do método de resinagem por sistema fechado, descrito por Aoki e Cruz (1998). Dessa forma, o proprietário poderia complementar seus rendimentos com a extração de resina, permitindo a contínua regeneração das espécies nativas do sub-bosque, até o momento em que as árvores plantadas prejudicassem as nativas por exercerem competição. A partir daí, a morte por anelamento das árvores de *Pinus elliottii* seria recomendada.

Em condições semelhantes às da área experimental, considera-se que a exploração de resina das árvores de *Pinus elliottii* plantadas como facilitadora pode compensar os custos de plantio e gerar receita adicional ao proprietário rural. Desde que as condições ambientais da área de plantio e as técnicas de exploração das árvores plantadas não comprometam o desenvolvimento das espécies nativas no

sub-bosque, o uso de *Pinus elliottii* como espécie facilitadora pode ser recomendado com a finalidade de reduzir custos e estimular iniciativas de recuperação florestal que não dependam de recursos públicos.

4.5. Referências bibliográficas

AOKI, H.; CRUZ, S.F. Novas alternativas de resinagem de *Pinus*. **Revista do Instituto Florestal**, 10(2): 123-126, 1998.

AZEVEDO, C.M.A. **A decisão de preservar: a mata ripária do rio Jaguari-Mirim, SP**. São Paulo: Anablume; FAPESP, 2000, 106 p.

BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 289-312.

BENTES-GAMA, M.M. **Manejo Florestal Sustentável**. In: Website EMBRAPA. Disponível em: http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/Artigos/manejo_flor.htm. Sem data. Acesso em 08 ago. 2007.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. São Paulo: Saraiva, 1988.

BRASIL. Lei 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial**, Brasília, 16 de setembro de 1965, p. 9529.

BRASIL. Lei 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. **Diário Oficial**, Brasília, 02 de setembro de 1981, p. 16509.

BRASIL. Lei Federal Nº 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de

1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial**, Brasília, 20 de julho de 1989. Seção I, p. 12025.

BRASIL. Lei Federal Nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a Política Agrícola. **Diário Oficial**, Brasília, 18 de janeiro de 1991, p. 1330.

BRASIL. Lei Federal No. 9605, de 12 de fevereiro de 1998. Institui a Lei de Crimes Ambientais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 de fevereiro de 1991. Seção I, p.1.

BRASIL. Medida Provisória Nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os artigos 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial Eletrônico**, 25 de agosto de 2001. Edição extra, p. 1.

BRASIL. Resolução CONAMA 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou a supressão de vegetação em Áreas de Proteção Permanente – APP. **Diário Oficial da União**, No. 61, Brasília, 29 de março de 2006. Seção I, p. 150.

DOSSA, D. **Cultivo de *Pinus***. Embrapa Florestas – Sistemas de Produção, 5. Versão Eletrônica. In: Website EMBRAPA. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/12_coeficientes_tecnicos_e_custos.htm>. Novembro/2005. Acesso em 08 ago. 2007.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, 56:135-144, 1999.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; HOSOKAWA, R.T.; KIKUTI, P. Avaliação econômica da resinagem em florestas de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. **IPEF** (45): 48-63, 1992.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Custos médios de implantação e de manutenção de florestas com *Pinus*, região de Sorocaba, Estado de São Paulo, 1993. **Florestar Estatístico**, v.1, n.3, nov. 1993/fev. 1994.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Custos operacionais de implantação de florestas com espécies nativas, bacia hidrográfica Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, 1994. **Florestar Estatístico**, v.3, n.7, p.38, 1995.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Preços médios de mudas de essências nativas florestais, Estado de São Paulo, junho de 2005 (R\$ e US\$). **Florestar Estatístico**, v.8, n.17, p.71, 2005.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Salários rurais, por categoria, Estado de São Paulo, em R\$ e US\$, abril de 2006. **Florestar Estatístico**, 9(18): 59, 2006a.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Preços médios de goma-resina, Estado de São Paulo, 2002-2006 (R\$ e US\$/t). **Florestar Estatístico**, 9(18): 68-71, 2006b.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. Preços médios de produtos florestais in-natura e semi-processados no Estado de São Paulo, jan-jun/2006. **Florestar Estatístico**, 9(18): 68-71, 2006c.

GARRIDO, M.A.O.; POZ, R. dal; FREITAS, J.A., ROCHA, F.T.; GURGEL GARRIDO, L.M.A. **Resinagem: manual técnico**. São Paulo: Páginas & Letras editora e gráfica, 1998. 23 p.

GURGEL, O.A.; FARIA, A.J. (org.) Fatores que influem na resinagem de *Pinus*. **IPEF, Circular técnica** n. 37, 1978.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico Houaiss de Língua Portuguesa**. Versão 1.0.5. Agosto de 2002.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas ciliares - conservação e recuperação**. São Paulo. EDUSP/FAPESP, 2000, p. 249-269.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamento de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p. 603-612, 2006.

MACHADO, P.A.L. **Direito ambiental brasileiro**. 14^a. ed. Malheiros editores, 2006.

- MELO, A.C.G. A legislação como suporte programas de recuperação florestal no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, 8(17): 9-16, 2005.
- NEVES, G.A.; MARTINS, C.A.; MIYASAVA, J.; MOURA, A.F. **Análise econômico-financeira da exploração de *Pinus resinífero* em pequenos módulos rurais**. Monografia (Especialização em Agrobusiness). Universidade de São Paulo, 2001.
- NILSSON, T.T. Levantamento do potencial econômico da mata ciliar e sugestões quanto ao seu aproveitamento racional. In: Barbosa, L.M. (coord.) **Simpósio sobre mata ciliar**. Anais. Fundação Cargill, Campinas (SP), pp. 144-155, 1989.
- SANTOS, N.A. e SOUSA-SILVA, J.C. As matas de galeria têm importância econômica? IN: Ribeiro, J.F. (ed.) **Cerrado: matas de galeria**. Embrapa, pp. 155-164, 1992.
- SÃO PAULO. Resolução SMA N° 08, de 07 de março de 2006. Altera e amplia as resoluções SMA 21 (21/11/01) e SMA 47 (26/11/03). Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. **Diário Oficial** – Poder Executivo, São Paulo, 8 de março de 2007. Seção I, 117 (45), p. 28.

CAPÍTULO 5

Análise global da utilização de espécies exóticas em plantios de restauração

5.1. Síntese dos resultados

O presente estudo teve como objetivo geral testar a viabilidade de utilização de uma espécie introduzida (*Pinus elliottii*) em plantios visando à restauração da vegetação ripária, tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico.

As análises efetuadas foram compartimentadas em diferentes capítulos, com objetivos específicos e hipóteses relacionados com a recuperação da estrutura e diversidade da comunidade vegetal, da dinâmica da regeneração ao longo do tempo e dos custos de implantação e receitas provenientes.

5.2. Hipóteses x conclusões do estudo

Na Tabela 5.1, as hipóteses inicialmente colocadas são confrontadas com as conclusões obtidas para cada tópico analisado.

Tabela 5.1 – Resultados de restauração de mata ripária em região de Cerrado considerando-se duas possibilidades de intervenção (comparação dos dados de fevereiro de 2006)

Fatores abordados no estudo	Cenário 1: Pasto abandonado	Cenário 2: Plantio de <i>Pinus elliotii</i>
Número médio de espécies nativas em regeneração	16	19
Densidade de indivíduos em regeneração (indivíduos.ha ⁻¹)	3472	4923
Recrutamento de indivíduos (entre 0,5 e 0,9 m)	104	244
Diversidade (H')	2,31	2,57
Categoria de espécies em regeneração	Heliófitas sensíveis à presença de gramíneas (<i>Chamaecrista flexuosa</i> e <i>Ilex affinis</i>)	Ombrófilas (<i>Cyathea delgadii</i> e <i>Ocotea corymbosa</i>) e espécies de cerrado sensíveis à presença de gramíneas (<i>Miconia albicans</i> , <i>Styrax pohlii</i> , <i>Xylopia aromatica</i> , <i>Tocoyena formosa</i> , <i>Tibouchina stenocarpa</i> e <i>Erythroxylum cuneifolium</i>)
Custos e receitas	Ø	Possibilidade de explorar <i>Pinus</i> e cobrir os gastos de plantio

Na Tabela 5.2 é apresentada uma síntese dos resultados, agrupadas em dois cenários: 1) isolamento e abandono da área de pastagem para que ocorram processos naturais de regeneração e 2) plantio de *Pinus elliottii* como facilitadora, visando a acelerar a regeneração (apresentou-se aqui apenas o resultado obtido no plantio mais adensado, que gerou os melhores resultados).

Com base nesses dados, verifica-se que o plantio de *Pinus* facilitou a reestruturação da comunidade vegetal nativa e a recuperação da diversidade, além de se vislumbrar benefícios econômicos decorrentes do manejo das árvores plantadas.

Tabela 5.2 – Confrontação das hipóteses com as conclusões do estudo (continua)

Hipóteses	Conclusões
<p><i>Pinus elliotii</i> produz mudanças no ecossistema que favorecem processos de regeneração da vegetação nativa</p>	<p>A presença de <i>P. elliotii</i> favoreceu a supressão da população de gramíneas e, indiretamente, facilitou a regeneração das plantas lenhosas nativas, cuja densidade foi diretamente proporcional à densidade de árvores plantadas de <i>Pinus</i>.</p>
<p>A comunidade regenerante sob as copas de <i>Pinus elliotii</i> difere estruturalmente daquela que se desenvolve nas parcelas controle, sem plantio da espécie exótica</p>	<p>A comunidade em regeneração sob <i>Pinus</i> tem maior densidade e plantas de maior porte, demonstrando desenvolvimento estrutural mais avançado em comparação com a comunidade nas parcelas sem sombreamento.</p>
<p><i>Pinus elliotii</i> oferece sombra e abrigo para animais dispersores de sementes, podendo, com isso, favorecer a regeneração natural</p>	<p>Esta hipótese não se confirmou, uma vez que a proporção de indivíduos de espécies cuja dispersão de sementes é zoocórica foi semelhante sob <i>Pinus</i> e nas parcelas controle.</p>

Tabela 5.2 – (continuação) Confrontação das hipóteses com as conclusões do estudo

Hipóteses	Conclusões
O crescimento rápido de <i>Pinus elliottii</i> pode comprometer a regeneração das espécies nativas pela competição por recursos no meio	Até onze anos após o plantio, não foi observada competição entre <i>P. elliottii</i> e a comunidade em regeneração, uma vez que a regeneração das espécies nativas ocorreu em maior densidade de indivíduos sob o plantio mais denso de <i>Pinus</i> .
<i>Pinus elliottii</i> tem influência positiva para o crescimento de algumas espécies e negativa para outras	Observou-se a influência positiva (ingresso na comunidade ou aumento de densidade) de <i>P. elliottii</i> sobre 34% das espécies, negativa (extinção na comunidade ou redução na densidade) sobre 31% das espécies e indiferente para 31% das espécies, resultado que corroborou esta hipótese.
Comunidade em regeneração sob <i>Pinus</i> será diferente em termos florísticos daquela nas parcelas controle	A composição florística da comunidade em regeneração sob <i>P. elliottii</i> difere das parcelas controle, pela maior abundância relativa de espécies tolerantes à sombra sob as árvores exóticas plantadas.

Tabela 5.2 – (conclusão) Confrontação das hipóteses com as conclusões do estudo

Hipóteses	Conclusões
Implantação de <i>Pinus elliottii</i> é mais barata que plantio de essências nativas	A implantação de <i>P. elliottii</i> representa cerca de um terço do custo da implantação de espécies nativas.
Exploração de resina de <i>Pinus elliottii</i> pode cobrir gastos de implantação e gerar lucro	A cobertura dos custos do plantio de <i>P. elliottii</i> se dá logo no primeiro ano de exploração de resina.
Exploração de <i>Pinus elliottii</i> pode causar prejuízos ao ecossistema e sua prática incompatível com objetivos da restauração	A exploração tanto de resina quanto de madeira envolve ações danosas sobre a vegetação em regeneração no sub-bosque. A compatibilidade das atividades econômicas com a restauração da vegetação em regeneração deve ser estudada.

5.3. O risco de invasão pelo *Pinus*

Segundo Temple (1995), quanto maior a complexidade do ecossistema, maior sua capacidade de resistir a contaminações biológicas. O risco de invasões de ambientes naturais por espécies exóticas ou oportunistas é inerente às alterações no regime natural de perturbações no ecossistema. Portanto, uma vez que o ambiente é exposto a mudanças diferentes das que ocorrem historicamente, são criadas condições para que espécies resistentes às novas perturbações ocupem o lugar daquelas que não se adaptaram (Hobbs e Huenneke, 1995). Qualquer ambiente, mesmo o mais protegido, corre o risco de ser invadido, especialmente diante de mudanças globais. Tentar restabelecer o equilíbrio o mais rapidamente possível pode ser de grande ajuda para prevenir outras invasões como, no caso em estudo, das gramíneas, que se mostraram mais prejudiciais à comunidade do que a presença de *Pinus elliottii*, que, nesses onze anos, favoreceu a regeneração das plantas nativas e não proliferou como espécie invasora.

O fato de *Pinus elliottii* ter características de espécie invasora possibilita sua função de facilitadora da regeneração. Do contrário, a espécie não teria tido êxito em recobrir a área tão rapidamente. *P. elliottii* é uma espécie em que o crescimento, o sombreamento e a deposição de acículas conduzem à supressão de gramíneas. Estas características não interferiram negativamente no crescimento da comunidade nativa. É possível que outras espécies de *Pinus*, de crescimento mais vigoroso, produzissem resultados diferentes.

Não se pode desprezar a possibilidade de espécies exóticas invadirem ecossistemas naturais e prejudicarem seu equilíbrio. Por outro lado, devem-se

considerar os benefícios que estas espécies podem promover em determinadas circunstâncias.

Exemplo disso é o caso deste estudo, em que a supressão das gramíneas por sombreamento pelas árvores de *P. elliottii* criou condições de facilitação da regeneração da comunidade nativa. A presença de gramíneas mostrou-se um fator limitante à regeneração da vegetação lenhosa nativa, dado o baixo recrutamento de novos indivíduos observado nas parcelas predominantemente cobertas por gramíneas.

A dificuldade de o ecossistema se restabelecer após perturbações semelhantes às ocorridas na área experimental indica também que a decisão de manutenção da vegetação natural, onde ainda exista, é evidentemente a mais sábia.

Decisões sobre o uso de espécies exóticas como facilitadoras da restauração florestal devem ser tomadas considerando-se os cenários possíveis ao se intervir ou não no ambiente.

Sabe-se que *P. elliottii* tem reconhecido potencial de invasão de ambientes naturais, especialmente quando se trata de fitofisionomias abertas e solos com boa disponibilidade hídrica (Ziller e Galvão, 2001; Zanchetta e Diniz, 2006). Assim, os resultados obtidos no presente estudo não devem ser generalizados sem restrições, devendo-se evitar o plantio de espécies exóticas potencialmente invasoras próximo a Unidades de Conservação e de outros ambientes naturais predispostos à contaminação biológica.

Estudos semelhantes, com a utilização de outras espécies com potencial de exploração econômica como facilitadoras da restauração devem ser incentivados, como forma de tornar a restauração de florestas mais atraente para os proprietários rurais, desencadeando iniciativas voluntárias de recuperação florestal. Prioridade

deve ser dada, neste caso, a espécies que não apresentem potencial de contaminação biológica.

5.4. Limitações da legislação

A utilização de espécies exóticas em plantios de restauração de matas ripárias, que foi objeto deste estudo, encontra obstáculos diversos nas leis vigentes. Tais leis, em última análise, se não impedem, pelo menos dificultam não só a exploração, mas o próprio plantio das árvores exóticas, sem que haja argumentos científicos consistentes para respaldar a proibição.

A principal limitação da legislação que trata desta matéria advém da impossibilidade de exploração e do não reconhecimento da possibilidade de conciliação de conservação e utilização sustentável das florestas localizadas em Áreas de Preservação Permanente. Assim, os proprietários rurais se vêem obrigados a arcar com os custos de manutenção ou recomposição da vegetação natural, ação que traz benefícios à sociedade como um todo pela conservação da biodiversidade e serviços ambientais, sem vislumbrarem qualquer benefício monetário que possa advir da preservação ou restauração.

As leis, tendo como meta o ideal de resgatar a biodiversidade original por meio dos plantios de restauração e preservá-la intocada para a posteridade, ignoram as premissas do desenvolvimento sustentável — economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo — e ignoram também que o manejo pode ser necessário e benéfico à restauração e manutenção de florestas em faixas

ciliares que estarão permanentemente sob pressão das atividades econômicas na vizinhança.

Em síntese, o que se defende são leis mais flexíveis, que tenham como meta o restabelecimento de cobertura florestal em áreas muito mais amplas, ainda que se utilizem técnicas menos ortodoxas de restauração e que o manejo seja permitido, desde que não comprometa a existência das florestas.

Diante da necessidade de restauração da vegetação natural ao longo dos corpos d'água, dos elevados custos e dificuldades técnicas para executá-la com espécies nativas em algumas situações, deveria ser considerada a possibilidade de discussão de alternativas viáveis entre os proprietários de terra e os órgãos fiscalizadores e consultivos que tratam de questões ambientais.

A realidade sócio-econômica do pequeno proprietário rural não pode ser desconsiderada em nome do temor de se abrirem precedentes legais para abusos por parte de grandes proprietários de terras. Esse temor evidencia somente a dificuldade que o Estado tem de fazer valer a lei igualmente para todos os cidadãos, o que é inaceitável e deve ser combatido. A proposição de alternativas economicamente viáveis de restauração poderia permitir que a recuperação ambiental viesse a ser efetivamente colocada em prática em maior escala e com maior adesão voluntária dos proprietários rurais do que ocorre hoje. A observância e o cumprimento da legislação levariam a população a acreditar no poder do Estado em favorecer os interesses e necessidades da maioria.

5.4. Referências bibliográficas

HOBBS, R.J.; HUENNEKE, L.F. Disturbance, Diversity, and Invasion: Implications for Conservation. In: Ehrenfield, D. (Ed.) **Readings from Conservation Biology: Plant Conservation**. Society for Conservation Biology and Blackwell Science, pp. 208-221, 221p, 1995.

TEMPLE, S. The Nasty Necessity: Eradicating exotics. In: Ehrenfield, D. (Ed.) **Readings from Conservation Biology: Plant Conservation**. Society for Conservation Biology and Blackwell Science, pp. 183-185, 221p, 1995.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F.V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, 18:1-14, 2006.

ZILLER, S.R.; GALVÃO, F.A. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, 32(1):42-47, 2001.