

RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Fundamentos e Estudos de Caso



Antônio Paulo Mendes Galvão
Vanderley Porfírio-da-Silva
Editores Técnicos



Embrapa



Restauração Florestal: Fundamentos e Estudos de Caso

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Luiz Carlos Guedes Pinto
Presidente

Sílvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Marcelo Barbosa Saintive
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Sílvio Crestana
Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá

Kepler Euclides Filho

José Geraldo Eugênio de França
Diretores-Executivos

Embrapa Florestas

Moacir José Sales Medrado
Chefe-Geral

Miguel Haliski

Chefe-Adjunto de Administração

Luciano Javier Montoya Vilcahuaman

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Antonio Maciel Botelho Machado

Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Restauração Florestal: Fundamentos e Estudos de Caso

Editores Técnicos
A. Paulo M. Galvão
Vanderley Porfírio-da-Silva

Colombo, PR
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111 - CP 319

83411-000 - Colombo, PR - Brasil

Fone: (41) 675-5600

Fax: (41) 666-1276

Home page: www.cnpf.embrapa.br

E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

Para reclamações e sugestões *Fale com o ouvidor:* www.embrapa.br/ouvidoria

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Luciano Javier Montoya Vilcahuaman

Secretaria-Executiva: Cleide da S.N.F. de Oliveira

Membros: Antônio Carlos de S. Medeiros, Edilson B. de Oliveira, Erich G. Schaitza, Honorino R. Rodigheri, Jarbas Y. Shimizu, José Alfredo Sturion, Patricia P. de Mattos, Sérgio Ahrens, Susete do Rocio C. Penteado

Supervisor editorial: Sérgio Gaiad

Revisor de texto: Rejane Stumpf Sberze

Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara Trevisan
Lidia Woronkoff

Foto da capa 1: Acervo da Ligth - Servços de Eletricidade S.A. - A foto mostra o programa de recuperação de áreas degradadas da Ligth, no reservatório de Lages nos municípios de Piraí e Rio Claro-RJ

Fotos da capa 2, 3 e 4: Vera Lúcia Eifler

Autoria das fotos do texto: Autores dos capítulos

Editoração eletrônica: Cleide da Silva Neto Fernandes de Oliveira

1^a edição

1^a impressão (2005): 4000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação
Embrapa Florestas

Restauração florestal : fundamentos e estudos de caso / editores técnicos, A. Paulo M. Galvão, Vanderley Porfírio-da-Silva. – Colombo : Embrapa Florestas, 2005.

139 p.

Inclui bibliografia

ISBN 85-89281-04-3

1. Mata Atlântica - Restauração. 2. Cerrado - Restauração. 3. Restauração florestal. 4. Legislação florestal. I. Galvão, Antonio Paulo Mendes. II. Porfírio-da-Silva, Vanderley.

CDD 333.7153

© Embrapa 2005

Autores

André Rocha Ferretti

Engenheiro Florestal, Mestre - Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem - SPVS
itaqui@spvs.org.br

Antonio Aparecido Carpanezzi

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas
carpa@cnpf.embrapa.br

Flávio Bertin Gandara

Professor, Departamento de Ciências Florestais da Esalq / USP
fgandara@esalq.usp.br

Gizelda Durigan

Engenheira Florestal, Doutora, Pesquisadora do Instituto Florestal, SMA-SP
gizelda@femanet.com.br

Paulo Y. Kageyama

Professor, Departamento de Ciências Florestais da Esalq / USP
paulo.kageyama@mma.gov.br

Renato Moraes de Jesus

Engenheiro Florestal, Doutor - Reserva Natural da Vale
do Rio Doce
floresta@tropical.com.br

Ricardo Miranda de Britez

Biólogo, Doutor - Sociedade de Pesquisa em Vida
Selvagem - SPVS
cachoeira@spvs.org.br

Samir Gonçalves Rolim

Engenheiro-Agrônomo, Doutorando - Reserva Natural
da Vale do Rio Doce

Sérgio Ahrens

Engenheiro Florestal, Doutor, Bacharel em Direito,
Pesquisador da Embrapa Florestas
sahrens@cnpf.embrapa.br

Sérgio Pompéia

Engenheiro-Agrônomo, Doutor - Consultora Paulista de
Estudos Ambientais
sergiopompeia@consultoriapaulista.com.br

Apresentação

Fiquemos restritos à agricultura. Até o início da década de 70, o movimento conservacionista sintetizava o grande esforço de ter-se uma agricultura sustentável. Centrava-se nos solos e, menos enfaticamente, na água. A divisão do trabalho entre conservacionistas implicou na existência dos ativistas, com suas bandeiras que tocavam todos os segmentos da sociedade, visando mostrar quão importante era preservar os solos e a água para se garantir o futuro da humanidade. Outro membro da divisão dos trabalhos ficou com as universidades e os institutos de pesquisa que geraram a tecnologia de conservação de solos, que a extensão rural se encarregou de difundir. A legislação exigia o desenvolvimento de classes de solos: classificações foram estabelecidas e, finalmente, a política agrícola criou estímulos para os agricultores, e a legislação estabeleceu os limites nos quais os agricultores poderiam operar. Por traz de tudo, estava o princípio de que conservar solos e água implicava em benefícios para a geração presente e a futura, por isto ambas tinham que pagar os custos. Os subsídios, sob várias formas, e as renúncias fiscais encarregaram-se de ligar o presente ao futuro. É claro que o movimento foi mais bem sucedido nos países desenvolvidos e não contou com recursos necessários nos subdesenvolvidos, quem sabe porque falhou em ser um movimento de massas e lhe faltasse a base científica necessária. Em suma, o movimento conservacionista contou com os ativistas, procurou ser um movimento de massas, desenvolveu tecnologias e as aplicou, e procurou repartir custos entre a geração presente e futura. Deu ênfase à educação e sempre desconfiou de medidas punitivas,

embora se valesse delas, quando necessário. Jamais descuidou de mostrar a rentabilidade de suas propostas.

Hoje a preservação do meio ambiente permeia todas as atividades humanas. Mas, para ser uma atividade bem sucedida precisa ser um movimento de massas, ter uma base científica sólida, saber dosar punição com estímulo, saber repartir custos entre o presente e o futuro. Ser capaz de teorizar e propor soluções factíveis. Caminhamos muito nesta direção, mas ainda fizemos muito pouco.

Coube-me apresentar o livro Restauração Florestal - fundamentos e estudos de casos. É um bom exemplo, no qual se une o fundamento científico com a ação. Contém uma boa base teórica e mostra como pode ser aplicada, no caso de restauração de terras degradadas da Mata Atlântica. Os estudos de casos não se restringem a relatos cansativos, mas são estimulantes, e vê-se o coração dos autores pulsar ao lado da razão.

Presente e futuro se ligam pela renúncia fiscal, um aspecto que merece estudo posterior, bem como a taxa de retorno dos recursos fiscais investidos.

Devemos o livro à persistência e competência dos empreendedores, Paulo Galvão e Vanderley Porfírio da Silva, que souberam buscar na Embrapa, universidades e no setor privado, os autores do estudo de caso. Que esta experiência se multiplique, é o que todos nós desejamos.

Eliseu Roberto de Andrade Alves¹

¹ Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa, Ex- Presidente da Embrapa e da Codevasf (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco.

Prefácio

É acentuada a escassez de publicações sobre casos reais de empreendimentos de restauração florestal em nosso país. Não há nenhum texto publicado apresentando simultaneamente fundamentos técnicos e teóricos e tampouco experiências práticas ou empreendimentos significativos sobre esse assunto no Brasil. Por isso, visando oferecer uma contribuição efetiva para a preservação ambiental e para o sucesso de projetos de recomposição de Reserva Legal, decidi organizar um livro sobre restauração florestal.

A primeira etapa para alcançar esse objetivo foi realizar um Seminário sobre o assunto. Para fazer as apresentações e posteriormente elaborar os sete capítulos do livro convidei pessoas com significativa experiência em restauração florestal no Brasil. O seminário serviu de piloto para verificar a aceitação dos temas selecionados, fornecer a matéria-prima básica para a obra e estimular os seus autores a aperfeiçoar os textos preparados para a apostila do evento.

Considerando o sucesso da iniciativa, tanto pelo número, qualidade e interesse dos participantes, como pela excelente acolhida que teve, parti para a segunda fase da organização ou edição técnica do livro. Ela demandou cerca de um ano para ajustes nos textos iniciais usados no seminário. Para isso, promovi o aperfeiçoamento do material inicial, o aumento do número e melhoria das ilustrações, assim como a compatibilização, revisão técnica, ortográfica, gramatical e sintática dos seus sete capítulos. Essas atividades foram desenvolvidas pelos editores técnicos, pelos próprios autores por revisores da Embrapa, assim como por convidados de outras instituições. Na etapa final a edição técnica contou, ainda, com a participação de Vanderley Porfírio da Silva, pesquisador da Embrapa Florestas. Um derradeiro conjunto

de atividades, incluindo a diagramação, o preparo das ilustrações, a arte final e a impressão permitiu finalmente que este livro pudesse ser oferecido ao público.

Os autores convidados são profissionais da área florestal e ambiental que militam há considerável tempo no setor privado e/ou público. Eles detêm notável conhecimento e experiência pessoal em restauração florestal, nos seus aspectos teóricos e práticos. Nesta obra relatam casos de empreendimentos nos quais tiveram participação direta e apresentam os resultados da aplicação de distintos modelos e técnicas, assim como os fundamentos legais ou científicos que permitem conduzir de maneira apropriada essas ações ambientais.

O texto completa obras anteriores, organizadas por este pesquisador e editor técnico, que tratam de temas afins: “Reflorestamento de Propriedades Rurais para Fins Produtivos e Ambientais”, publicada em 2000, e “Restauração da Mata Atlântica em Áreas de sua Primitiva Ocorrência Natural”, publicada em 2002.

Biólogos, engenheiros agrônomos e florestais, advogados, proprietários rurais, legisladores, administradores públicos, estudantes e demais pessoas interessadas em assuntos ambientais são o principal público alvo desta obra. A sua leitura evidenciará que o sucesso de empreendimentos de restauração depende da firme decisão de se enfrentar os problemas que aparecerem durante o processo, procurando sempre as melhores soluções para cada dificuldade surgida.

A. Paulo M. Galvão¹

Organizador/Editor Técnico

¹ Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa.

Sumário

Capítulo 1 - Sobre a Legislação Aplicável à Restauração de Florestas de Preservação Permanente e de Reserva Legal.....	13
Capítulo 2 - Fundamentos para a Reabilitação de Ecossistemas Florestais	27
Capítulo 3 - Resultados do Programa de Restauração com Espécies Arbóreas Nativas do Convênio Esalq/USP e Cesp	47
Capítulo 4 - Experiências Relevantes na Restauração da Mata Atlântica	59
Capítulo 5 - A Restauração da Floresta Atlântica no Litoral do Estado do Paraná: Os Trabalhos da SPVS	87
Capítulo 6 - Restauração da Cobertura Vegetal em Região de Domínio do Cerrado	103
Capítulo 7 - Recuperação da Vegetação da Serra do Mar em Áreas Afetadas pela Poluição Atmosférica de Cubatão: Uma Análise Histórica.....	119

Capítulo 1

SOBRE A LEGISLAÇÃO APLICÁVEL À RESTAURAÇÃO DE FLORESTAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE RESERVA LEGAL

Sergio Ahrens¹

Introdução: antecedentes e a natureza do problema

Ao longo de toda a história brasileira proprietários rurais sempre fizeram uso intensivo da terra disponível em suas propriedades. Se, de um lado, tal utilização das terras permitiu a prática da agricultura e a promoção do desenvolvimento sócio-ecônômico em diferentes regiões do país, muitas vezes a atividade produtiva agrária causou danos ambientais sem que o fato fosse imediatamente percebido. Dessa forma, constituiu-se, ao longo do tempo, um imenso “passivo ambiental”, que na atualidade precisa ser recuperado².

Ações de recuperação ambiental são necessárias, senão por outras razões, por que a legislação assim determina! O proprietário rural está legalmente obrigado a recompor os solos e os ecossistemas degradados em suas terras. Há situações, no entanto, em que ações de recuperação ambiental são uma prioridade. Este é o caso da recomposição, em cada propriedade imóvel rural, das “florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente”, localizadas nas “Áreas de Preservação Permanente” (APPs), bem

¹ Engenheiro Florestal, Doutor, Bacharel em Direito, Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR, sahrens@cnpf.embrapa.br.

² Hernani et al. (2002, p. 52) informam que a Federação das Associações dos Engenheiros Agrônomos do Brasil relatou que, no inicio da década de 90, perdia-se no Brasil, anualmente, em média, 600 milhões de toneladas de solo por causa do seu mau uso e da erosão.

como da vegetação natural que deveria ser mantida no que a lei denomina “Reserva Legal” (RL). Assim, sempre que não mais exista, mesmo que apenas parcialmente, a vegetação natural que deveria cobrir as APPs e a RL, diz-se que aquela é uma área degradada. Nesses casos impõe-se a obrigatoriedade de recompor a vegetação com vistas à restauração do ecossistema e de suas funções ambientais. Em vista do exposto, o propósito deste capítulo é relatar, de forma breve e introdutória, aspectos relevantes da legislação relacionada com a restauração da vegetação natural que deveria existir nos locais anteriormente mencionados: as Áreas de Preservação Permanente e a Reserva Legal³.

1. A noção de dano ambiental e sua reparação

Conforme previsto em norma constitucional (Constituição Federal, Art. 225, § 3º) a responsabilização por danos ambientais pode ocorrer em três dimensões distintas, muito embora relacionadas entre si: civil, administrativa e penal (Silva, 1997, p. 207; Peters & Pires, 2000, p. 55). Na medida em que este capítulo trata da restauração ambiental, apenas a responsabilidade civil será examinada.

De forma genérica, um “dano” é uma lesão a interesses jurídica-

mente protegidos: isto é, um prejuízo causado a alguém por um terceiro que se vê obrigado ao ressarcimento daquele. A reparação de danos é um componente essencial da responsabilidade civil. Nesse sentido, Leite (2000, p. 98) enfatiza que o dano é um pressuposto necessário da obrigação de reparar e, por isso, elemento imprescindível para estabelecer a responsabilidade civil. No Brasil, os institutos tradicionais da ação e do processo civil clássicos, apropriados às lides no âmbito privado, têm se mostrado insuficientes para a proteção dos chamados interesses ou direitos difusos, dentre os quais insere-se o direito ao “meio ambiente ecologicamente equilibrado”. Por esse motivo criou-se, com a Lei nº 7.347/85, a figura da “ação civil pública”, que é o instrumento processual adequado tanto para a prevenção como para a reparação de danos causados ao meio ambiente. Na medida em que não é objeto deste capítulo, a ação civil pública pode ser examinada, em detalhes, no estudo de Corrêa (1992, p. 34-39) e nas obras de Leite (2000), Montes (2002, p. 587-597) e Mirra (2002). Aqui importa, em especial caracterizar o dano ambiental e discorrer sobre a sua reparação.

Para Milaré (2000, p. 334), “*dano ambiental é a lesão aos recursos ambientais com consequente degradação – alteração adversa – do equilíbrio ecológico*”. Na mesma linha de pensamento, Antunes (1999, p. 148-149)

³ A obrigatoriedade de recomposição das “Florestas e demais formas de vegetação natural de Preservação Permanente”, existe desde que o Código Florestal entrou em vigência, 120 dias após a sua publicação, em 16-09-1965. De outro lado, a recomposição da vegetação que deveria existir na Reserva Legal foi imposta pelo Art. 99 da Lei nº 8.171/91, diploma legal que instituiu a Política Agrícola.

reporta que dano ambiental é um dano causado aos bens jurídicos que compõem o meio ambiente, como, por exemplo, os solos, as águas, a fauna e a flora. Quanto à reparação dos danos ambientais, Machado (1999, p. 285), informa que tanto a Constituição Federal, que emprega os termos “reparação” e “recuperação”, como a legislação infraconstitucional, que usa expressões como “restauração” e “reconstituição”, estão em harmonia no sentido de indicar um caminho (necessário) para as pessoas físicas e jurídicas que danificarem o meio ambiente.

Dado que a existência humana implica o uso de recursos naturais, Leite (2000, p. 107) coloca a seguinte questão, complexa e fundamental: “*Qual a intensidade do dano ambiental capaz de redundar na obrigação de reparar?*” A resposta à questão certamente não é simples! No entanto, na medida em que há previsão legal, a restauração da vegetação que deve existir nas APPs e na RL é uma indiscutível obrigatoriedade. Para este estudo, portanto, o exame da legislação pertinente, como apresentado na seqüência, é uma necessidade natural.

2. Legislação aplicável à restauração de APPs e RL

Diversos diplomas legais contemplam a obrigatoriedade de que seja mantida e, quando necessário, restaurada, a vegetação natural que deve recobrir as Áreas de Preserva-

ção Permanente e a Reserva Legal. Diante da natureza genérica deste capítulo, apenas os instrumentos legais produzidos pelo Poder Público Federal, e considerados mais relevantes para a análise, são mencionados de forma cronológica. Inicialmente, porém, uma breve análise do conteúdo de norma constitucional que trata do tema é uma necessidade. Ao leitor recomenda-se uma consulta à legislação estadual e, eventualmente, também à municipal, para complementar o entendimento sobre a matéria.

O Art. 225, § 3º, da Constituição estabelece que a obrigatoriedade da reparação dos danos causados ao meio ambiente independe das sanções penais e das multas que possam incidir sobre as pessoas físicas ou jurídicas responsáveis por atividades e condutas consideradas lesivas ao meio ambiente. Determina também que a propriedade cumprirá a sua função social (Art. 5º, XXIII). Ainda por norma constitucional (Art. 186) informa-se o conteúdo da função social da propriedade rural, indicando-se os quatro requisitos que devem ser observados simultaneamente: dentre estes encontra-se, no inciso II: “*utilização racional dos recursos naturais e preservação do meio ambiente*”⁴.

No âmbito da legislação infraconstitucional, o diploma legal mais relevante para esta análise é o Código Florestal, Lei nº 4.771, editada em 15-09-1965, e que contém diversas figuras jurídicas essenciais à proteção do patrimônio florestal do

⁴ Sobre a “Função Social” da propriedade rural recomenda-se examinar Borges (1999, p. 61-94) e Albuquerque (2001, p. 75-80).

país, citando-se, como exemplo: a Reposição Florestal Obrigatória, a proibição do uso do fogo, as Florestas e demais formas de Vegetação Natural de Preservação Permanente e a Reserva Legal. Pela sua importância fundamental ao estudo, esta lei será examinada em detalhes, no que é pertinente a esta análise, em seção própria.

A Política Nacional de Meio Ambiente foi instituída com a Lei nº 6.938/81. Esta lei define, em seu Art. 3º, V, que dentre os diferentes recursos ambientais legalmente protegidos encontram-se o ar, o solo, o subsolo, as águas (de superfície e subterrâneas), a fauna silvestre e a flora, incluindo-se, aqui, portanto, também as florestas (nativas ou naturais). Também, por definição legal deve-se entender por “degradação” da qualidade ambiental “*qualquer alteração adversa das características e elementos que integram o meio ambiente.*”

O Decreto 750/93 informa, em seu Art. 12, que o Ministério do Meio Ambiente, MMA, estimulará estudos técnicos visando a conservação e o manejo racional da “Mata Atlântica” e da sua biodiversidade. Implícito à conservação dos ecossistemas inseridos no Domínio da Mata Atlântica está, obviamente, a necessidade urgente de sua restauração. Cabe mencionar, também, que o Decreto nº 3.420, de 20-04-2000, diploma legal que criou o Programa Nacional de Florestas, PNF, prevê a necessidade da “*recomposição e restauração de florestas de preservação permanente, de reserva legal e áreas alteradas ...*” (Brasil, 2000). A respeito do significado

dos termos, convém examinar a Lei nº 9.985, de 18-07-2000. Também conhecida como “Lei do SNUC”, posto que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, esta lei define “restauração” como a restituição de um ecossistema, ou de uma população silvestre degradada, o mais próximo possível da sua condição original. O termo difere, portanto, da expressão “recuperação” que significa a restituição do ecossistema a uma condição não degradada que pode ser diferente da sua condição original.

É oportuno lembrar também que a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98) transforma em crimes e infrações administrativas diversos delitos praticados contra a flora. Esta Lei impõe, ainda, que além das sanções pecuniárias, aplicadas pelo Poder Executivo (previstas pelo Decreto Federal nº 3.179/99), deve-se comunicar o fato ao Ministério Público. Assim, independentemente da ação administrativa, aquele que der causa a danos ambientais responderá, também, a uma ação judicial. Muitas vezes, para que a cobertura florestal seja rapidamente restaurada, o órgão ambiental pode formalizar, com os proprietários rurais, um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), informando-se o Ministério Público (conforme dispõem o Art. 79-A da Lei nº 9.605/98 e a Lei nº 7.347/85).

A Lei de Crimes Ambientais determina, ainda, que as penalidades incidirão sobre todos os responsáveis pela ação degradadora, sejam eles diretos ou solidários, pessoas físicas ou jurídicas. Após o cumprimento das obrigações assumidas, a multa ad-

ministrativa é reduzida em 90% do valor inicialmente imposto (Decreto Federal nº 3.179/99, Art. 60). Eventualmente, a aplicação da multa pode até mesmo ser suspensa. Assim ocorre porque é mais importante recompor o bem jurídico danificado do que a aplicação de penas e multas. Como informam Peters & Pires (2000, p. 62) “mais importante que a punição é a reparação do dano ambiental”. A extinção da punibilidade (Art. 28, I) dependerá, no entanto, de “laudo de constatação de reparação do dano ambiental”, oportunidade em que a efetiva reparação do dano (restauração ao “status quo ante”) é verificada e comprovada por meio de um laudo técnico elaborado pelo órgão ambiental.

Finalmente cabe mencionar o Decreto nº 4.383, de 19-09-2002, que regulamenta a tributação, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural, ITR. Este imposto tem como fato gerador a propriedade, o domínio útil ou a posse de imóvel rural. Para o cálculo do valor do imposto pode-se excluir, da “área tributável”, as áreas de APPs, de RL, de RPPN⁵, de Servidão Florestal e as de Interesse Ecológico para a Proteção de Ecossistemas, assim declaradas por ato do órgão competente.

Para legitimar a exclusão daquelas áreas do cálculo do imposto devido requer-se, no entanto, que a existência das mesmas seja informada em um “Ato Declaratório Ambiental”, ADA, e que este seja protocolado no Ibama⁶. Obviamente, primeiro a vegetação natural que deveria recobrir aquelas áreas tem que existir “de fato”; em qualquer outra hipótese é necessária a sua restauração.

3. O Código Florestal

O Código Florestal foi instituído pela Lei nº 4.771, de 15-09-1965. Ao proteger as florestas (naturais ou plantadas) existentes no território nacional, aquela lei também protege os solos (contra a erosão) e as águas dos rios, lagos e lagoas (contra o assoreamento com sedimentos resultantes da erosão). As florestas cumprim, igualmente, outras importantes funções ambientais como, por exemplo, a proteção da fauna, da qualidade e da quantidade da água e do fluxo gênico. Por esses motivos instituiu-se, por lei, a obrigatoriedade de preservação das florestas e demais formas de vegetação natural de Preservação Permanente, e que devem estar localizadas em locais denominados Áreas de Preservação Permanente (APPs)⁷.

⁵ A instituição, pelo proprietário, de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural, RPPN, e o seu reconhecimento, pelo Ibama, por meio de uma portaria, é prevista no Decreto nº 1.920, de 05-06-1996.

⁶ Por ser um Ato Declaratório, o proprietário é legalmente responsável por todas as informações prestadas no ADA, e por esse motivo poderá ser solicitado a comprovar, perante a autoridade competente, todas as declarações que porventura tenha documentado.

⁷ A vegetação existente às margens dos cursos d’água constitui, também, o que se denomina “Corredores Ecológicos” ou “Corredores de Biodiversidade” e assim protege, adicionalmente, a fauna e o fluxo gênico desta, bem como aquele da flora.

Adicionalmente, o Código Florestal também determina que o proprietário (ou possuidor) rural conserve a cobertura vegetal natural em determinada porcentagem da área total de cada propriedade (ou posse) a título de Reserva Legal (RL)⁸.

A respeito das duas figuras jurídicas mencionadas, o Código Florestal estabelece, em seu Art. 1º, § 2º, as seguintes definições:

Artigo 1º

§ 2º Para os efeitos deste Código, entende-se por:

II - Área de preservação permanente: área protegida nos termos dos Arts. 2º e 3º desta lei, 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 humanas⁹.

III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação

permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

Na seqüência, estas duas figuras legais serão examinadas, em especial no que diz respeito à restauração da cobertura vegetal natural (por vezes cobertura florestal) que deveria existir nos locais onde a lei determina a sua manutenção.

3.1 As Florestas de Preservação Permanente

Em seu Art. 2º, o Código Florestal estabelece o que segue:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas¹⁰:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: (Tabela 1);

⁸ Magalhães (1990, p. 51-53), discorre sobre algumas limitações administrativas impostas ao exercício dos poderes inerentes ao direito de propriedade (imóvel) rural, o que inclui a obrigatoriedade de manutenção das APPs e da RL.

⁹ Se as Áreas de Preservação Permanente são cobertas ou não por vegetação nativa, e se tais áreas devem cumprir determinadas funções ambientais, é evidente que estas últimas somente poderão ser verificadas com a presença da vegetação que naturalmente deveria existir nos mencionados locais, ou seja: a vegetação que não seja nativa (ou cobertura vegetal constituída por espécies exóticas) não permite o cumprimento das funções ambientais previstas em lei e deve, portanto, ser substituída por aquela.

¹⁰ Apenas as situações previstas no Art. 2 do Código Florestal serão examinadas; uma vez que são impostas por lei. O Art. 3º informa sobre as florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do poder público.

Tabela 1. Largura das áreas de preservação permanente (APPs) em razão da largura dos rios.

Largura do rio (metros)	Largura da APP (metros)*
Menos que 10	30
Entre 10 e 50	50
Entre 50 e 200	100
Entre 200 e 600	200
Acima de 600	500

* largura mínima, em cada margem e em projeção horizontal (segundo dispõe a Resolução Conama 303/02, a APP inicia-se no limite do “leito maior sazonal” ou cota de máxima inundação).

- b) *ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais¹¹;*
- c) *nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros¹²;*

¹¹ Segundo dispõe a Resolução 303/02, editada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, Conama (e publicada no Diário Oficial da União, DOU, de 13-05-2002), a vegetação natural nas APPs ao redor de lagos e lagoas naturais, localizados em áreas rurais, deve ser mantida ou restaurada em faixas marginais com, no mínimo, 50 metros (para lagos com área de até 20 ha), ou, no mínimo, 100 metros (para lagos com área maior que 20 ha). Para reservatórios artificiais (RA), aplica-se o disposto na Resolução Conama 302/02 (DOU de 13-05-2002) e que prevê faixas marginais (ao redor do reservatório e nas ilhas que porventura sejam formadas) com, no mínimo, 30 metros para RA situados em áreas urbanas e 100 metros em áreas rurais; 15 metros para RA construídos para geração de energia elétrica com até dez ha; 15 metros para RA utilizados para abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até 20 ha e localizados em área rural.

¹² Graças à competência concorrente entre União, Estados e Municípios para legislar sobre meio ambiente recomenda-se, também, consulta à legislação estadual e municipal pertinente. Assim, por exemplo, o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Mato Grosso, Lei Estadual Complementar nº 038, de 21-11-1995, determina que, são de Preservação Permanente as florestas e demais formas de vegetação natural localizadas ao redor das nascentes, das cachoeiras ou quedas d’água, e em cursos d’água, em um raio mínimo de 100 metros (enquanto que a lei federal, para nascentes e olhos d’água, prevê um raio de 50 metros).

¹³ A Resolução Conama 303/02 define “morro” como uma elevação do terreno com altura entre 50 e 300 m em relação à sua base e cujas encostas tenham declividade maior que 30%; “topo de morro” é a área delimitada a partir da curva de nível localizada a 2/3 da altura da elevação em relação à base.

- d) *no topo de morros, montes, montanhas e serras¹³;*
- e) *nas encostas, ou partes destas, com declividade superior a 45 graus;*
- f) *nas restingas, para a fixação de dunas e estabilização de mangues;*
- g) *nas bordas dos tabuleiros e chapadas, em faixas nunca inferiores a 100 metros, em projeção horizontal;*
- h) *em altitude superior a 1.800 metros.*

Adicionalmente ao disposto no Art. 2º, o Art. 18 do Código Florestal assim determina:

Art. 18 – Nas terras de propriedade privada, onde seja necessário o florestamento ou o reflorestamento de preservação permanente, o Poder Pú-

blico Federal poderá fazê-lo, se não o fizer o proprietário¹⁴.

Uma interpretação bastante razoável que pode ser feita do conteúdo daquela norma legal é a de que, primeiro, compete ao particular a obrigação de recompor a cobertura florestal nas APPs localizadas em sua propriedade, e que apenas num segundo momento poderá o Poder Público fazê-lo. De outro lado, muito embora a lei autorize ao Poder Público realizar o “reflorestamento de preservação permanente” na propriedade privada, é de amplo conhecimento que as instituições governamentais estão pouco preparadas para implementar as atividades necessárias ao cumprimento da norma legal. Eventualmente, tais atividades poderiam ser realizadas pelo Poder Público no caso da restauração de vegetação degradada em consequência de eventos naturais como fogo e enchentes extraordinárias. De outro lado, na hipótese em que o Poder Público viesse a realizar a restauração de bem jurídico ambiental degradado por ação antrópica, na propriedade privada, seria legítimo que aquele fosse resarcido pelos custos incorridos. Como exposto, a regra geral aplicável é a de que a reparação do dano ambiental compete àquele que lhe deu causa: o Poder Público o substi-

tuirá apenas nos casos de “relevante interesse ambiental”, hipótese em que tanto os danos ao meio ambiente como os benefícios de sua restauração têm reflexos não apenas locais, mas dizem respeito a toda a sociedade.

3.2 A Reserva Legal

Segundo o que dispõe o Art. 16 do Código Florestal, as seguintes porcentagens da área total de cada propriedade ou posse rural¹⁵ devem ser mantidas a título de Reserva Legal, com vegetação nativa ou natural, em diferentes fitofisionomias e regiões do território nacional:

- 80% (fitofisionomias florestais), ou 35% (cerrado), na Amazônia Legal;
- 20% em outras regiões do país e
- 20% em áreas de campo natural, localizadas em qualquer região do país.

Ainda segundo o Art. 16 do Código Florestal, a Reserva Legal deve ser averbada à margem da inscrição da matrícula da propriedade imóvel rural no registro de imóveis competente. Somente após a sua averbação a Reserva Legal passa a ser legalmente constituída como tal¹⁶. A ve-

¹⁴ Recomenda-se o exame dos estudos documentados por Kageyama et al. (1994) e Davide et al. (2000, p.65-74) que informam sobre o desenvolvimento de modelos para o estabelecimento de florestas mistas de proteção ambiental, enfatizando a restauração da cobertura florestal em APPs, particularmente das matas ciliares.

¹⁵ Na medida em que, algumas vezes, uma propriedade rural pode ser composta por mais que uma matrícula, cabe lembrar que a RL é uma figura associada a cada matrícula.

¹⁶ Na posse, a RL é assegurada por um Termo de Ajustamento de Conduta, TAC, firmado pelo possuidor e pelo órgão estadual ou federal competente, com força de título executivo.

getação que integra a Reserva Legal pode ser explorada, desde que o proprietário rural elabore um Plano de Manejo Florestal Sustentável e que sua execução seja autorizada pelo Ibama ou pelo órgão ambiental estadual¹⁷. Cabe lembrar, também, que a vegetação que integra a RL não pode ser suprimida por meio de corte raso, admitindo-se, no Plano de Manejo, apenas o corte seletivo.

A Reserva Legal é, portanto, uma determinada parcela da área total de cada propriedade imóvel rural, coberta por vegetação nativa (ou vegetação natural, posto que resulta de processos naturais de sucessão vegetal). É pertinente observar que a RL não é apenas florestal, como informam, por exemplo, Machado (1999) e Peters & Pires (2000); Ahrens (2001) enfatiza que melhor seria denominar esta figura jurídica de Reserva (Ambiental) Legal, uma vez que se refere à conservação da flora e não apenas das florestas, como explicitado em sua definição legal (Lei nº 4.771, Art.1º, § 2º, c, III). Adicionalmente, conforme definição legal, a RL deve cumprir funções ambientais que são inerentes a diversas fitofisionomias, e não apenas àquelas com cobertura florestal.

¹⁷ O Art. 19 do Código Florestal menciona apenas o Ibama. Verifica-se, na doutrina, uma discussão acerca da competência dos órgãos ambientais estaduais sobre a matéria.

¹⁸ O Art 1º, § 2º, I, do Código Florestal define “pequena propriedade rural ou posse rural familiar” como sendo aquela explorada mediante o trabalho pessoal do proprietário ou posseiro e de sua família, admitida a ajuda eventual de terceiro(s), e cuja renda bruta seja proveniente em, no mínimo, oitenta por cento, de atividade agroflorestal ou extrativismo. Ademais, impõe-se que para ser considerada uma “pequena propriedade rural ou posse rural familiar” sua área não seja superior a:

a) 150 ha: se localizada nos Estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá e Mato Grosso, e nas regiões situadas ao norte do paralelo 13º S dos Estados de Tocantins e Goiás, e ao oeste do meridiano 44º W do Estado do Maranhão, ou no Pantanal Mato-grossense ou sul-matogrossense; b) 50 ha: se localizada no polígono das secas ou a leste do meridiano 44º W do Estado do Maranhão; c) 30 ha: se localizada em qualquer outra região do país.

Conforme determina o Código Florestal, a localização da Reserva Legal é estabelecida a critério da autoridade ambiental competente. Neste caso devem ser observados os seguintes elementos:

- a) a “Função Social” da propriedade (Constituição Federal, Arts. 5º, XIII e 186);
- b) o plano de manejo da bacia hidrográfica;
- c) o Plano Diretor Municipal;
- d) o Zoneamento Ecológico-Econômico, ZEE (Decreto nº 4.297, de 10-07-2002);
- e) a proximidade com outra RL, APP, ou Unidade de Conservação.

Para o cálculo da RL na “pequena propriedade ou posse rural familiar” a lei admite considerar os plantios já estabelecidos com espécies exóticas (árvore frutíferas, ornamentais ou industriais), cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas¹⁸. Para quaisquer propriedades, no entanto, quando não mais existir a vegetação na RL, mesmo que apenas parcial-

mente, aquela deverá ser restaurada com espécies nativas. Em qualquer caso, o Art. 44 do Código Florestal (alterado pela Medida Provisória nº 1.956-50, DOU de 28-05-2000, reeditada, com o mesmo conteúdo normativo, até a MP nº 2.166-67, DOU de 25-08-2001, ainda vigente, em função da Emenda Constitucional nº 32, de 11-09-2001), determina que a recomposição da RL deverá ser realizada adotando-se as seguintes alternativas, isolada ou conjuntamente:

- a) Pelo plantio, a cada três anos, de no mínimo 1/10 da área necessária à sua complementação, com espécies nativas^{19 e 20};
- b) pela condução da regeneração natural, desde que autorizada pelo órgão ambiental competente, após comprovação de sua viabilidade, com laudo técnico, podendo-se exigir que a área seja isolada (por exemplo, por meio de cercas)²¹.

As modificações introduzidas no Código Florestal pela MP nº 2.166-67 incluem, também, uma nova e importante figura jurídica, a “compensação”. Assim, quando uma propriedade não disponha de sua RL, admite-se a possibilidade de que

seja autorizada a sua compensação por área equivalente e com, no mínimo, a mesma importância ambiental, em outra propriedade. Esta, no entanto, deve estar localizada no mesmo Estado, no mesmo ecossistema e na mesma microbacia em que se encontra a propriedade que não dispõe de RL. De outro lado, em muitas regiões nas quais a cobertura vegetal natural seja escassa, a possibilidade de compensar a RL configura-se de difícil implementação, restando aos proprietários apenas a sua restauração.

4. A presença de espécies invasoras em espaços protegidos

Nos últimos anos têm crescido as preocupações com o que se chama “contaminação biológica” de ecossistemas naturais. Segundo informa Ziller (2003), a dispersão de plantas a partir dos “núcleos de reflorestamento” (i. é., florestas plantadas com espécies exóticas) constitui um problema não apenas nos campos do sul do Brasil, mas também na Argentina, África do Sul, Nova Zelândia, Austrália e em outros países para os quais ainda não há registros oficiais sobre a ocorrência desse problema. O processo de con-

¹⁹ Como exceção àquela regra geral, a lei permite que na restauração da RL seja realizado o plantio temporário de espécies exóticas, como pioneiras, visando a restauração do ecossistema original, de acordo com critérios técnicos gerais que ainda deverão ser estabelecidos pelo Conama.

²⁰ Trapé et al. (1994, p. 375-387) informam sobre o uso de espécies florestais nativas para a recomposição da RL, muito embora em outro contexto, posto que à época não havia uma definição legal para RL, incorporada ao Código Florestal apenas posteriormente, pela MP 1.956-50, publicada no DOU de 28-05-2000.

²¹ Seitz (1994) informa sobre as possibilidades, e algumas dificuldades, para que a regeneração natural possa ser utilizada na recuperação de áreas degradadas, o que inclui também a RL.

taminação resulta da dispersão de sementes de espécies exóticas (ao ecossistema) e do crescimento não controlado das plantas resultantes, fato que impede o desenvolvimento das espécies nativas em consequência à competição por água, luz e nutrientes.

Ressalte-se que o problema de contaminação biológica acentua-se no caso das invasões de APPs e RL por espécies exóticas: a presença de tais espécies naqueles locais, constitui uma forma de degradação ambiental. Assim ocorre porque espécies exóticas que venham a se instalar ali não contribuem para o cumprimento das respectivas funções ambientais conforme a previsão legal. Pelo contrário, a presença das espécies exóticas, suplantando ou até mesmo eliminando as espécies nativas, prejudica tanto a preservação como a conservação da biodiversidade, a conservação e reabilitação dos processos ecológicos, e inibem, se não impedem, o fluxo gênico da fauna e da flora. Aparentemente, a única solução possível para o problema é o corte e a remoção das espécies exóticas daqueles locais.

De outro lado, muito embora a vegetação nas APP's deva ser preservada, o Código Florestal informa, em seu Art. 4º, que a supressão da vegetação em área de preservação permanente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública e interesse social (desde que não exista outra alternativa locacional). Nesse sentido, após as alterações introduzidas pela reiterada edição de

Medidas Provisórias, o Código Florestal (Art. 1º, § 2º, IV, V) considera de interesse social as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como a prevenção, o combate e o controle do fogo, o controle de erosão, a erradicação de espécies invasoras e a proteção dos plantios com espécies nativas, conforme resolução que venha a ser editada pelo Conama.

5. Restauração de APPs e RL e a certificação ambiental

O comércio internacional de produtos florestais vive a realidade contemporânea da certificação ambiental/florestal. Em todo o planeta, e de forma crescente, consumidores fundamentam suas decisões de compra em outros fatores que não apenas preço e qualidade. Assim, na atualidade, consumidores indagam sobre onde, como e quem produziu determinado produto; as questões sociais e ambientais deixam, portanto, de ter relevância apenas local! Neste cenário de globalização e competitividade é preciso produzir de uma forma ambientalmente correta e socialmente justa. A comprovação do fato efetiva-se por meio de um certificado.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (Associação ..., 2002), denomina-se certificação ao *“conjunto de atividades desenvolvidas por um organismo independente de uma relação comercial (entre produtor e consumidor) com o objetivo de atestar publicamente, por escrito, que determinado produto, processo*

ou serviço está em conformidade com requisitos previamente especificados.” A certificação das boas práticas de manejo florestal é avaliada por sua conformidade com princípios, critérios e indicadores previstos, por exemplo, pelo Conselho de Gestão Florestal, FSC e pelo Programa Brasileiro de Certificação Florestal - Cerflor (NBR 14789). Em qualquer caso, um princípio fundamental a ser atendido é o “cumprimento da legislação”. Ressalte-se que o princípio diz respeito a toda a legislação, o que inclui, por exemplo, a civil, trabalhista, tributária, previdenciária e assim, por óbvio, também a legislação ambiental, observando-se, portanto, o disposto no Código Florestal.

Assim, desejando candidatar-se a uma auditoria florestal, com vistas à obtenção de um certificado de boa conduta ambiental, cabe a qualquer empreendimento verificar, também, a eventual existência de passivos ambientais: na hipótese da sua existência deve-se proceder à correção, o que implica, quando pertinente, a restauração florestal. De outro lado, tal qual ocorre com a certificação do manejo florestal (tanto de florestas naturais, como de florestas plantadas), pode-se antecipar, sem receio, que também para outros segmentos do agronegócio brasileiro (como a agricultura e a pecuária) haverá que se promover, em algum momento futuro, a adequação dos meios de produção, objetivando a sua conformidade com as exigências legais.

6. Considerações finais

O proprietário ou possuidor rural está legalmente obrigado a manter e conservar a vegetação natural que deve recobrir as Áreas de Preservação Permanente, APPs, e a Reserva Legal, RL. Na existência parcial ou na inexistência daquela vegetação cabe ao proprietário ou possuidor da terra a sua restauração. Ressalte-se que, em várias comarcas, promotores de Justiça têm imposto, aos proprietários rurais, o urgente cumprimento das leis ambientais, como alternativa à aplicação imediata de multas pelo órgão ambiental.

De outro lado, o conhecimento das normas legais aplicáveis às APPs e RL é essencial para que as ações de restauração da vegetação natural sejam adequadamente planejadas e conduzidas em todo o território nacional. Dessa maneira, as providências realizadas pelo proprietário (ou possuidor) rural permitirão o uso de sua propriedade (ou posse) para fins produtivos e conservacionistas, como determina a lei. Cabe lembrar, também, que uma auditoria ambiental que venha a ser realizada na propriedade rural, por exemplo, para fins de certificação (ambiental ou florestal), poderá revelar a existência de passivos ambientais. Tais passivos podem limitar, ou até mesmo impedir, o acesso a mercados. Assim, além de ser uma obrigatoriedade legal, a restauração da vegetação nativa nos locais onde a lei determina a sua existência e manutenção poderá também constituir uma imprescindível.

dível necessidade em face das exigências dos mercados.

Estas notas constituem apenas uma introdução ao tema. Situações complexas poderão justificar consultas ao órgão ambiental competente. De outro lado, considerando-se a competência concorrente entre União, Estados e Municípios para legislar em matéria ambiental, recomenda-se também consulta à legislação estadual e municipal pertinente. O exame da literatura complementar, cujas referências são apresentadas na seqüência, poderá também ser particularmente útil para um melhor entendimento da matéria.

7. Referências Bibliográficas e Literatura complementar recomendada

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Certificação 2002**. Disponível em: <<http://www.abnt.org>>. Acesso em: 24 set. 2002.

ANTUNES, P. de B. **Direito ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 1999. 529 p.

AHRENS, S. **O instituto jurídico da reserva (ambiental) legal**: conceito, evolução e perspectivas. Curitiba: PUC-PR, Curso de Direito, 2001. 59 p. Monografia de Conclusão de Curso de Graduação em Direito.

ALBUQUERQUE, F. S. **Direito de propriedade e meio ambiente**. Curitiba: Juruá, 2001. 162 p.

BORGES, R. C. **Função ambiental da propriedade rural**. São Paulo: LTr., 1999. 229 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Programa Nacional de Florestas**. Brasília, 2000. 49 p.

CORRÊA, E. de M. Aspectos jurídicos na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. [Anais...]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Silvicultura e Manejo: FUPEF, 1992. p. 34-39.

DAVIDE, C.; FERREIRA, R. A.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. Restauração de matas ciliares. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 207, p. 65-74, 2000.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L. de; PRUSKI; DE MARIA, I. C.; CASTRO FILHO; C. de; LANDERS, J. N. A erosão e seus impactos. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 47-60.

KAGEYAMA, P.; SANTARELLI, E.; GANDARA, F.; GONÇALVES, J.; SIMIONATO, J. L.; ANTIQUEIRA, L.R.; GERES, W.L. Revegetação de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Recuperação de áreas degradadas**: anais. Curitiba: FUPEF, 1994. p. 569-576.

LEITE, J. R. M. **Dano ambiental:** do individual ao coletivo extrapartrimonial. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000. 344 p.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro.** 7. ed. São Paulo: Malheiros, 1999. 894 p.

MAGALHÃES, J. P. Direitos e restrições ao uso da propriedade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1990. p. 51-53.

MILARÉ, É. **Direito do ambiente:** doutrina, prática, jurisprudência, glossário. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000. 687 p.

MIRRA, A. L. V. **Ação civil pública e reparação do dano ao meio ambiente.** São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002. 399 p.

MONEGAT, C. A pequena propriedade: degradação, revegetação e outras práticas conservacionistas. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. **[Anais...].** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Silvicultura e Manejo: FUPEF, 1992. p. 97-106.

MONTES, M. L. Responsabilidade civil pelo dano ambiental. In CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO

AMBIENTAL, 6., São Paulo, 2002. **Anais.** São Paulo: O Direito por um Planta Verde, 2002. p. 587-597.

PETERS, E. L.; PIRES, P. de T. de L. **Manual de direito ambiental:** doutrina, legislação atualizada, vocabulário ambiental. Curitiba: Juruá, 2000. 284 p.

SEITZ, R. A. A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1; SIMPÓSIO NACIONAL, 2: Recuperação de áreas degradadas. Foz do Iguaçú, 1994. **Anais.** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 103-110.

SILVA, J. A. da **Direito ambiental constitucional.** 2. ed. São Paulo: Malheiros, 1997. 243 p.

TRAPÉ, M.; OLIVEIRA, C. de; BARBOSA, N. L. N.; VALLE, J. F. C.; LORZA, R. F. Plantio de espécies arbóreas nativas com finalidade econômica em área de reserva legal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 1994. **Anais.** Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. v.1. p. 375-387.

ZILLER, S. **Invasões biológicas, uma ameaça à biodiversidade.** Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/agend...ecom-conteudo=/natural/invasoes.>>. Acesso em 06 maio 2003.

Capítulo 2

FUNDAMENTOS PARA A REABILITAÇÃO DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS

Antonio Aparecido Carpanezzi¹

Introdução

No Brasil, a superfície ocupada por plantações florestais comerciais é estimada atualmente em, no máximo, seis milhões de hectares, tendo sido formada principalmente nos últimos 35 anos à custa de grandes investimentos. Todas as rotações dos maciços florestais brasileiros implantados ou reformados nos últimos 100 anos, em empresas florestais, áreas públicas ou propriedades agrícolas somam, grosseiramente, 22 milhões de hectares. O déficit nacional de ecossistemas naturais a recuperar por força de dispositivos legais, especialmente Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs), pode ser estimado em dezenas de milhões de hectares. A reconstrução destas áreas refere-se, na maior parte, a

ecossistemas florestais ou parcialmente lenhosos como caatinga e cerrados. É evidente, pois, que as implicações econômicas e sociais da reconstrução dos ecossistemas brasileiros são enormes. Por isso, é indispensável aplicar princípios ecológicos e operacionais que racionalizem as atividades.

As APPs não permitem qualquer exploração econômica direta pelo proprietário, e constituem oportunidades de restauração ecológica em sentido pleno. As RLs implicam recuperação ambiental, mas permitem utilização econômica controlada. Portanto, desde o início a reconstrução das RLs deveria considerar também

¹ Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo-PR, carpa@cnpf.embrapa.br

a otimização da produção a ser realizada no futuro. Todavia, atualmente, a sociedade prioriza garantir terrenos para APPs e RLs e iniciar sua implantação, tratando ambas as figuras jurídicas de modo pouco diferenciado e valorizando principalmente o lado ambiental. Em consonância, este artigo atém-se, salvo aviso, às finalidades ambientais da recuperação de áreas que originalmente eram florestas.

O lado ambiental também tem primazia na recuperação de locais com solos profundamente alterados, como áreas terraplenadas, áreas com erosão hídrica e bota-foras de mineração. A degradação dos solos implica limites e ações específicas para a recuperação, originando um campo técnico particular que não será abordado neste capítulo.

1. O quê a recuperação ambiental busca?

As respostas à questão “O que é um bom ambiente?” estendem-se por um gradiente contínuo de opiniões e, embora pareça prosaico, acarretam ações certas ou erradas de consequências duradouras. Em sua acepção plena, ambiente confunde-se com ecossistema: uma área mais ou menos delimitada onde a biota nativa (plantas, animais e microrganismos) e os componentes abióticos (solo, clima, corpos de água) estão em interação plena. Na extremidade oposta, um bom ambiente é confundido com uma cobertura verde qualquer: um gramado, um parque de lazer urbano, uma monocultura de

árvores, um ajardinamento com plantas introduzidas.

A *ecologia da restauração* é o campo científico que trata daquilo chamado, na prática, de recuperação ambiental. A visão científica e o espírito das leis concebem a recuperação ambiental como a reaproximação, o quanto possível, das condições originais de flora, fauna, solo, clima e recursos hídricos que existiam originalmente no local. Portanto, recuperação ambiental boa é recuperação de ecossistema.

Ecossistema perturbado é aquele que sofreu distúrbios, mas mantém resiliência, isto é, capacidade de auto-regeneração com rapidez considerada adequada. A resiliência, na prática, é estimada de modo muito expedito e considera apenas a vegetação. Na realidade, a resiliência difere entre e dentro dos componentes do ecossistema: por exemplo, no incêndio de grandes áreas de cerrado, certos animais como araras e tamanduás têm recuperação incerta, ao contrário da vegetação (Piauí 2, 1993). A auto-regeneração da vegetação vale-se de meios locais (banco e chuva de sementes, rebrotações e crescimento de plantas desejáveis remanescentes) ou externos, como fragmentos florestais próximos que funcionam como fontes de sementes. Ecossistema degradado é aquele sem grau de resiliência aceitável após distúrbios e, portanto, mais dependente do favorecimento humano para sua recuperação.

A cessação permanente dos distúrbios é o ponto inicial na recupera-

ção de ecossistemas degradados (RED) ou perturbados, sendo condição indispensável. Ela deve eliminar as causas localizadas na área em recuperação (pastejo, erosão, fogo, caça, extrativismo, árvores indesejáveis, entre outras) e em terrenos adjacentes, como erosão e emissão de dejetos de pociegas.

A degradação de um ecossistema não está, necessariamente, vinculada à degradação do solo. Um capão ou uma mata ciliar que foram há tempos transformados em pastagem, e que estão longe de qualquer fragmento expressivo de floresta natural, são exemplos de ecossistemas degradados em solos conservados. A degradação, nesses casos, reside na qualidade da biota, ou na estrutura do ecossistema.

Todo ecossistema pode, teoricamente, ser decomposto em função e estrutura. A função ignora os seres vivos e refere-se apenas aos grandes processos básicos de um ecossistema: ciclo de água, ciclo de nutrientes e fluxo de energia, cada um deles composto de uma infinidade de processos menores. A função pode ser avaliada por taxas de processos como acúmulo de biomassa aérea ou subterrânea, dinâmica da serapilheira no piso da floresta, evapotranspiração e escorramento superficial da água. A estrutura do ecossistema refere-se aos seres vivos: quem são, como estão organizados, como se relacionam; para facilidade de entendimento, a biodiversidade pode ser utilizada como sua medida. Embora pareça inócuia, a divisão do ecossistema em função e estrutura é uma

ferramenta útil para abordar, racionalmente, várias questões conflitantes que persistem em torno da recuperação ambiental.

Os serviços oferecidos pelos ecossistemas naturais constituem o principal motivo lógico para sua conservação ou recuperação. Os serviços dependentes da função, como os ligados à regularização do clima ou à proteção do solo, podem ser obtidos, muitas vezes, por atividades comerciais agropecuárias ou florestais. Por isso, eles não causam grandes conflitos com a finalidade econômica da propriedade. Outros serviços, como controle biológico de pragas, polinização de culturas e manutenção da qualidade da vida nos rios, requerem estrutura (biodiversidade) bem desenvolvida. Todavia, obter estrutura ou manter estrutura de um ecossistema florestal numa propriedade particular significa redução de área para produção e custos financeiros ao proprietário. Por isso, a manutenção ou a realização de APPs e RLS, que devem propiciar serviços dependentes da estrutura, é freqüentemente descumprida ou combatida.

Ecossistemas naturais ou satisfatoriamente recuperados cumprem ambos os tipos de serviços. Entretanto, o Homem, ao logo de sua civilização, tem usado vegetações pouco diversificadas, de realização mais barata e mais simples, quando prioriza serviços que só dependem da função, como a proteção de encostas.

Na sucessão secundária natural ou num empreendimento humano, a recuperação de um ecossiste-

ma degradado pode ser entendida como as reconstruções de sua função e de sua estrutura (Figura 1). Há vários objetivos opcionais que orientam a recuperação de um ecossistema degradado: *restauração* à sua condição original de função e de estrutura; *reabilitação* de apenas algumas características desejáveis que foram alteradas; *substituição* ou criação de um ecossistema novo, totalmente distinto do original; e *abandono*, o que pode levar a um processo normal de sucessão ou a uma degradação futura se o ecossistema está sujeito à erosão ou a outro agente debilitante (Bradshaw, 1984; Cairns Junior, 1986). A restauração é um marco teórico; na prática, a reabilitação é o nível de recuperação visado. A criação de um ecossistema novo, geralmente, decorre de mudanças profundas no meio físico original: um caso comum é a formação de lagoas substituindo uma mata destruída pela mineração.

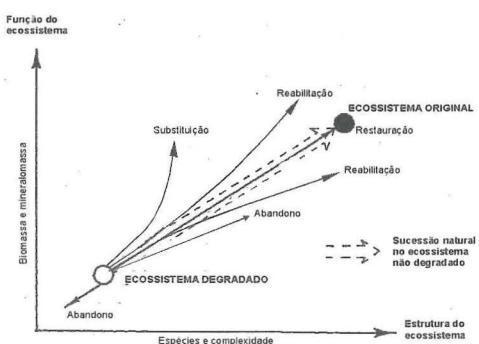


Figura 1. Possibilidades de desenvolvimento de ecossistema degradado (adaptada de Bradshaw, 1984).

² “Reclamation” engloba ações muito variadas destinadas a transformar um terreno considerado inadequado para uso humano, como um deserto, um pântano ou uma área minerada, em local que possa ser aproveitado, principalmente, para agricultura ou edificação.

Desde que não se vise criar um ecossistema novo, a reabilitação dos serviços associados à função é indispensável e, normalmente, condiciona a reabilitação da estrutura. Em ecossistemas florestais isso é particularmente visível quanto ao rompimento do ciclo d’água. Numa área em reabilitação, a erosão (uma expressão do serviço funcional deficiente) causa perdas progressivas de solos e nutrientes, o que implica uma vegetação progressivamente mais rala e pouco diversificada.

Para florestas, em termos simples, a reabilitação da função significa estabelecer uma biomassa vegetal duradoura e de porte arbóreo. Mas o que realmente caracteriza ações de recuperação de ecossistemas degradados (RED) no sentido estrito é a reabilitação da estrutura, isto é, dos seres vivos em toda a diversidade possível. Ações “ecológicas” no sentido popular, como plantações florestais homogêneas em terrenos alterados, ou plantações mistas de espécies nativas para recreação, falham ao favorecer espécies e direcionar processos internos (como a competição biológica) segundo interesses de produção ou lazer. Plantações de reclamations², isto é, para a melhoria da capacidade produtiva de terrenos muito alterados, como os terraplenados e bota-foras de mineração, podem ser tanto um passo inicial na recuperação de ecossistemas quanto para a utilização agropecuária.

A RED pode ser planejada e realizada pontualmente — um trecho de mata ciliar, um topo de morro, uma gruta — ou numa região maior (paisagem) que contenha esses pontos. A ligação entre os ecossistemas pontuais reabilitados, feita por corredores, é apenas uma ação inicial na restauração da paisagem e deve respeitar o caráter produtivo da propriedade rural. Os corredores podem ser de muitos tipos, com distintos graus de eficiência de recuperação ambiental: faixas contínuas de vegetação natural ou reabilitada, faixa contínua de produção agro-florestal, pequenos talhões ilhados, árvores de diversas espécies isoladas na pastagem e plantações florestais comerciais com sub-bosque bem desenvolvido, entre outros. O interesse pela restauração da paisagem e por corredores vem aumentando, porém com pouca concretização em campo, a qual é normalmente vinculada a organizações fortes dos pontos-de-vista técnico e financeiro. A RED pontual é bem mais praticada, atualmente, e constitui a principal fonte de demanda de tecnologia.

Ao lado da silvicultura comercial convencional existe a silvicultura da restauração, ainda muito incipiente. Ambas procuram racionalizar atividades para atingir seus objetivos. Como eles são bem distintos, muitos aspectos práticos da silvicultura são valorizados de modo bem diferente. Um exemplo é a complexação ambiental interna do talhão, proporcionada por elementos de variação espacial como troncos

caídos, árvores secas, pedras grandes e certas plantas pré-existentes; ela é valiosa à reabilitação e indesejável na silvicultura convencional. A RED também recomenda uma base genética local e ampla para cada espécie arbórea utilizada, na contramão das monoculturas. Outra diferença crucial, no Brasil, é que os casos de execução de RED caracterizam-se por ser muito variáveis entre si, por motivos técnicos ou financeiros. Todo esse quadro exige que o profissional ou a equipe da RED integre conhecimentos de várias áreas, especialmente silvicultura e ecologia aplicadas para decidir rapidamente como agir.

A rigor, a expressão *recuperação de áreas degradadas* (RAD) não é sinônima de RED e deve ser usada com cautela, pois nos últimos anos tornou-se confusa por causa dos muitos significados que lhe são atribuídos. No Brasil, a expressão RAD firmou-se há cerca de 30 anos. Originalmente, ela se referia à “reclamation” de áreas com solos degradados fisicamente, especialmente pela mineração, seguida ou complementada por revegetação com qualquer finalidade, mas de modo geral pouco preocupada com a estrutura do ecossistema (exemplo: Griffith, 1980). Posteriormente, o conceito de RAD foi se aproximando do conceito de RED e, paralelamente, manteve a conotação original e incorporou outras acepções, inclusive vinculadas à produção agropecuária ou florestal (ver exemplos em Recuperação..., 1998; Simpósio..., 2000 e Informe Agropecuário, 2001).

2. Planejamento e Execução

Na reabilitação de um ecossistema florestal degradado o processo de sucessão secundária progressiva estende-se, comumente, por 100 anos ou mais (Aide et al., 1996) e, uma vez deflagrado, sua direção não pode ser mudada facilmente pelo homem. A abordagem inicial inadequada de interações planta-animal, por exemplo, pode ter consequências negativas por séculos quanto à composição da biota (Janzen, 1988). Portanto, o planejamento de uma ação de RED, seguido de uma execução condizente e forçosamente restrita aos primeiros anos, é a ferramenta mais poderosa, e praticamente a única, para perseguir o sucesso.

Quando a ação de RED baseia-se em plantios, a escolha das espécies tem grande peso para o sucesso do empreendimento. Por isso, ao se organizar um programa de RED numa região é necessário ter bem definidas as espécies a serem utilizadas e garantia de que será possível produzir suas mudas. O zoneamento ecológico para plantios de RED, isto é, a seleção de espécies para uma região, requer também crivo silvicultural advindo da experiência, e não apenas conhecimentos de auto-ecologia e das características edafo-climáticas regionais. Várias espécies muito comuns na vegetação natural e de grande potencial para RED são, ainda hoje, mantidas totalmente fora dos plantios, por não terem silvicultura dominada. Como exemplos, *Piptocarpha angustifolia* e

Vernonia discolor são abundantes e de rápido crescimento na vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista, mas na prática há grandes dificuldades de coleta de sementes e produção de mudas.

2.1 A facilitação da sucessão

Há vários modos de interpretar a sucessão desenvolvidos desde 1916. Para orientar a recuperação ambiental o mais interessante é o sistema de Connell & Slatyer, apresentado em Luken (1990) e Ricklefs (1996). Ele vincula, de modo nítido, as características de espécies de plantas com o desenrolar da sucessão. Nesse sistema são reconhecidos três modelos:

- a *facilitação* constitui a visão mais tradicional e idílica da sucessão. Ela ocorre quando uma espécie favorece a instalação de outra espécie de planta. O modo consagrado de facilitação é a melhoria do estado nutricional do solo, por exemplo, quando plantas fixadoras de N colonizam uma área desnuda. Já há algumas descrições disso, no Brasil (Poggiani & Monteiro, 1990; Carpanezzi, 1997),
- a *inibição* dá-se quando espécies já estabelecidas bloqueiam a invasão e o crescimento de espécies novas durante um período considerável, e
- a *tolerância* pode ser entendida como a facilitação ou a inibição vista do ângulo das espécies inicial-

mente dominadas. Ela indica a capacidade de uma espécie, eficiente em explorar recursos escassos, viver inicialmente dominada por outra, geralmente de vida mais curta, e depois passar a espécie dominante ou de maior valor de importância, constituindo as etapas mais avançadas da sucessão, inclusive o clímax. Para fins de RED, espécies tolerantes encaixam-se como ideais para compor o sub-bosque de uma vegetação na qual dominem, inicialmente, espécies facilitadoras.

Atualmente, a facilitação compreende todos os mecanismos pelos quais a sucessão é beneficiada, desde o modo clássico de melhoria do solo até a nucleação, ou atração de espécies novas. A nucleação dá-se, principalmente, pela dispersão de sementes por animais (zoocoria) e pela polinização por animais (zoofilia). Muitos arbustos ou arvoretas são nucleadoras eficientes, como *Lantana camara* e espécies com frutos carnosos dos gêneros *Cordia* e *Acnistus*. Entretanto, sua participação nos plantios de RED é muito pequena, devendo ser encorajada. A própria duração curta das espécies pioneiras é um aspecto facilitador: sua morte constitui um autodesbaste³ previsível do talhão, possibilitando mais luz e recursos do solo para espécies tolerantes presentes no sub-bosque.

A inibição processa-se pela

competição por água, luz e nutrientes e, em alguns casos, por alelopatia. Quando a ação de RED começa em pastagens plantadas as gramíneas constituem um fator inibidor relevante, pela competição às mudas e, muitas vezes, por propiciarem incêndios recorrentes. Populações densas de espécies lenhosas longevas e muito vigorosas exercem inibição intensa sobre o sub-bosque. Por isso, talhões densos monoespecíficos de eucaliptos, pírus, leucena e outras inibidoras atrasam a substituição de espécies, a menos que sejam tomadas medidas corretivas, principalmente o controle rigoroso da densidade.

2.2 Sistemas e técnicas para a reabilitação de RED

É possível, baseando-se em argumentos puramente técnicos e consagrados, tomar decisões sobre como agir para reabilitar um ecossistema degradado (Rodrigues & Gandolfi, 1996). Todavia, as ações assim eleitas freqüentemente não podem ser implementadas com sucesso, sendo a causa mais comum o custo elevado para o produtor. Como valor de referência, a reabilitação pelo sistema mais difundido, um plantio misto com várias espécies nativas cobrindo todo o terreno a ser recuperado, representa custo de US\$ 800/ha até o fim da fase de estabelecimento⁴, sem incluir cerca de proteção. Os retor-

³ Autodesbaste significa, neste texto, a mortalidade natural de árvores plantadas que sejam, principalmente, pioneiras ou secundárias iniciais pertencentes aos estratos dominante ou codominante de um talhão nos primeiros 30 anos.

⁴ A fase de estabelecimento sucede à implantação e inclui todos os tratos culturais até o momento em que as limpezas (por capinas, roçadas, herbicida) das plantas desejáveis possam ser suspensas. Ela dura comumente 1 a 2 anos em plantações comerciais.

nos diretos ao produtor são nulos (caso das APPs) ou incertos e de longo prazo (RLs). Ademais, grande parte da população rural brasileira é idosa e cada vez menos apta a serviços manuais pesados, muito necessários até o fim do estabelecimento. Portanto, é necessário adequar, caso a caso, as práticas de campo ao realismo financeiro e social. Nas tomadas de decisão, a diretriz recomendada é procurar obter maior certeza da reabilitação ambiental, mesmo que ela demore mais tempo.

No Brasil, excluindo-se as áreas mineradas, as ações práticas de RED começaram a tomar força há cerca de 20 anos. São indicados a seguir os sistemas e técnicas mais famosos para a RED pontual, por serem os mais empregados ou os mais propostos. Seus detalhes podem ser apreciados em Reis et al. (1999, 2003), Carpanezzi (2001), Kageyama & Gandara (2001), Ferreti (2002) e outros autores. Como não existe uma terminologia formal, cada ação pode se apresentar sob várias denominações na literatura técnica.

- I. Talhão facilitador diversificado - TFD
- II. Talhão facilitador simplificado - TFS
- III. Renques ou grupos de árvores nucleadoras e ou invasoras
- IV. Poleiros
- V. Favorecimento inicial da regeneração natural
- VI. Apenas proteção (cessação permanente dos distúrbios)

Como tendência geral, os custos, a rapidez da reabilitação e a complexidade da execução diminuem de I para VI. No Brasil, em atividades pontuais de RED, as modalidades TFD e TFS geralmente são praticadas de modo exclusivo, isto é, não são combinadas entre si ou com as demais. As modalidades III, IV e V podem e devem ser combinadas de muitos modos entre si, pois disso advêm vantagens. A modalidade VI, ou cessação permanente dos distúrbios, é obrigatória em todas as outras; uma boa diretriz amplamente aceita no meio técnico é “mais vale proteger bem e cultivar mal do que cultivar bem e proteger mal”. Na restauração da paisagem ou de superfícies extensas o uso combinado de opções (especialmente I, III e VI) já é comum, tendo justificativas econômicas e ecológicas.

O TFD é o sistema mais difundido e estudado tecnicamente e o primeiro que vem à mente das pessoas quando se fala em RED; por isso constitui referência para os demais procedimentos. Ele tem sucesso quando realizado integralmente por uma entidade técnico-financeira forte. Fora dessa condição o TFD geralmente fracassa na fase de estabelecimento em decorrência das falhas na parte operacional, como falta de limpezas e de controle de formigas.

Até hoje, na verdade o TFD não tem passado, na maioria das vezes, de um plantio misto diversificado - PMD, com várias espécies nativas (e algumas exóticas, como *Syzygium jambolanum* e *Muntingia calabura*, no sul do Brasil) escolhidas e combina-

das sem critérios suficientemente rigorosos. Como indício, em muitos viveiros que fornecem mudas não há produção de espécies pioneiras, ou mesmo de secundárias iniciais, que comumente representam, juntas, ao menos 60% das mudas de um TFD bem planejado. Mesmo nos melhores casos atuais do TFD, por exemplo, na revegetação ciliar de lagos de hidrelétricas, nota-se a necessidade ou a vantagem de evoluir em vários aspectos. Entre esses, destacam-se a maior participação de espécies facilitadoras quanto ao estado nutricional do solo e a valorização do andamento do autodesbaste do talhão.

O emprego do TFS é há tempos cogitado no Brasil, onde conta com muitos exemplos bem sucedidos, de origem involuntária (Kageyama et al., 1989; Stallings, 1990; Silva Júnior et al., 1995). Seu valor é, também, reconhecido em outros países (Parrotta, 1993; Allen et al., 1995). No Brasil, exceto em locais com solos degradados, ele é pouco empregado em ações de RED por causa da propaganda insuficiente e da rejeição, por motivos geralmente equivocados, que sofre por parte de alguns profissionais da RED. Um aspecto que não pode ser descuidado na sua realização planejada é que as espécies dominantes devem ter perfil claramente facilitador da sucessão. A bracatinga, *Mimosa scabrella*, em locais onde suas árvores vivam pelo menos 15 anos, é uma espécie-paradigma para a modalidade TFS, permitindo boa reabilitação do ecossistema a partir da regeneração natural (Kageyama et al., 1989; Baggio & Carpanezzi, 1998; Nappo et al., 2000). Um aspec-

to-chave do sucesso da bracatinga, pouco conhecido, é a mortalidade gradativa ao longo de muitos anos, propiciando um autodesbaste adequado, o que normalmente requer a combinação de várias espécies com longevidades diferentes, porém próximas.

Muitos exemplos bons de TFS são provenientes de talhões comerciais. Entretanto, é óbvio que o planejamento do TFS para APPs deve ser direcionado exclusivamente para a reabilitação ambiental, o que irá permitir melhorar seu desempenho. Caso participem espécies exóticas — o que não é desejável, mas com frequência é uma contingência — elas não devem ser colhidas e, se necessário, ser mortas em pé, por anelamento.

Os talhões facilitadores, notadamente o TFS, devem ser visualizados como um importante campo de provas para a reconstituição da RL florestal, para a qual ainda não há soluções exclusivas suficientemente testadas em plantios. O arcabouço conceitual dos plantios mistos estritamente para recuperação ambiental (APP) e daqueles que aliam recuperação ambiental e produção madeireira (RL) é similar e baseia-se na interpretação silvicultural do processo da sucessão secundária. Na fase inicial, a diferença fundamental reside na escolha das espécies secundárias e de clímax, as mais importantes para produção madeireira. Nas fases posteriores, os fatores de crescimento são dirigidos para as espécies madeireiras nos plantios de produção (através de desbastes), enquanto que nos plantios de APPs

eles não são manipulados, ou são orientados para acelerar a sucessão (Carpanezzi, 1996).

Dentre as outras alternativas para RED (III a VI), somente a última, “apenas proteção”, tem sido empregada de modo relevante, na prática, pelo cercamento. Ela vem sendo cada vez mais aceita e preferida, principalmente quando a orientação técnica da RED provém da extensão rural pública. Sua associação com a opção V (favorecimento seletivo) é, atualmente, a estratégia mais promissora para melhorar substancialmente a qualidade da RED na maioria das propriedades rurais. O favorecimento das mudas desejáveis da regeneração natural pode ser feito pelo homem (roçadas, coroamento com cobertura morta, cortes de liberação) ou, controladamente, pelo gado bovino, ao baixar a altura das gramíneas competidoras. Quando a regeneração natural for insuficiente ou mal distribuída ela pode ser corrigida pela associação da opção III (nucleação e invasão), que também sempre é beneficiada pela limpeza seletiva.

A valorização das opções “pobres” da RED (III a VI) prende-se à diminuição da carga de trabalho para o produtor e à execução de atividades mais pertinentes à sua cultura. Uma consequência relevante desta mudança é quanto ao incentivo ao produtor, que seria desconcentrado do fornecimento de mudas (situação atual) para incluir, também, outras finalidades. Entre as mais importantes, pode-se citar: aquisição de roça-

deira costais motorizadas (para uso em áreas de recuperação); colocação de bebedouros nos pastos ou realização de bons corredores para o dessementamento (a presença do gado na faixa ciliar é, muitas vezes, catastrófica em termos ambientais, mesmo que restrita a um corredor); e construção de cercas.

As cercas constituem um assunto de relevância financeira, porém mal conhecido entre os realizadores da RED e freqüentemente ignorado no seu planejamento, acarretando custos desnecessários ou proteção ineficaz. Por isso, é necessária a difusão de conhecimentos aplicados como adequação das modalidades de cerca ao uso da terra, práticas de execução, custos e resistência ao roubo. Mesmo onde a cerca seja dispensável, por exemplo, em divisas entre lavoura e faixa ciliar, a experiência aconselha que sempre exista uma delimitação clara, como árvores sinalizadoras, para que a APP seja mais respeitada.

Há problemas de RED em que as opções mais simples constituem, realmente, a resposta lógica. É o que ocorre em banhados, especialmente em regiões de geadas fortes. Nesses casos, as intervenções intensas são caras e não garantem resultado ambiental seguro, pois as restrições edáficas e a competição por ervas são acentuadas e os conhecimentos sobre ecologia e silvicultura são parcos. A atitude racional consiste em proteger a área (opção VI) e encorajar a sucessão por meio de medidas simples (opções IV e V) nas partes do terreno onde for mais fácil. Uma si-

tuação equivalente, bastante comum, é a das margens planas de rios onde a ação aluvial é intensa e causa, periodicamente, distúrbios naturais fortes (para exemplo, veja-se Pott, 2000).

Plantios de enriquecimento em vegetação matricial são próprios da silvicultura tropical, sendo conhecidos há muito tempo. Eles constituem uma opção extra para RED, raramente empregada; seu valor depende muito do contexto. Como regra, os custos de implantação e manutenção são altos, há necessidade de serviços manuais pesados e plantas nativas já instaladas serão suprimidas. Essas desvantagens aumentam proporcionalmente ao avanço do estágio sucessional da vegetação matricial e ao seu grau de conservação. Por esses motivos, considerando a realidade da RED no Brasil, há poucas situações que justificam seu uso. Uma, em áreas extensas de vegetação no estágio inicial da sucessão em locais que foram repetidamente perturbados (sucessão retrogressiva), como capoeirinhas dominadas por capins altos e asteráceas. As linhas ou faixas de enriquecimento devem ocupar somente parte da área total, o restante permanecendo intocado. Outra, no interior de florestas muito parqueadas, isto é, formadas por árvores adultas bem distanciadas e com sub-bosque nulo ou ralo; o parqueamento, geralmente, é decorrente do pastoreio, o qual deve ser cessado.

Na Floresta Ombrófila Mista, principalmente, os taquarais constituem um assunto pouco conhecido e muito importante para RED. Ali, a

taquara pode ser abundante em povoados densos com diferentes idades, em vários solos e relevos e associada com vários estágios sucessionais (desde capoeirinha até no sub-bosque de florestas naturais maduras que sofreram exploração seletiva). Os taquarais têm forte efeito inibidor da sucessão, o que suscita grande demanda de métodos para seu controle. A rebrotação forte, a partir do sistema radicular muito robusto, faz com que as roçadas manuais, que é a prática de limpeza mais generalizada e de fácil realização, sejam pouco eficazes. No momento, não há nenhuma medida embasada tecnicamente, segundo os pontos-de-vista ambiental e silvicultural, para decidir como tratar os taquarais. Nesse sentido, são necessárias pesquisas sobre aspectos-chave, às vezes de caráter básico, como identificação botânica, auto-ecologia, importância ecológica para a flora e para a fauna, demografia, reprodução e práticas de supressão. Como recomendações provisórias, em ações de RED pode-se fazer: a) apenas proteção do taquaral (alternativa VI); b) favorecimento seletivo de plantas desejáveis já existentes, por cortes repetidos ou arrancamento de taquaras próximas (IV); ou c) instalação de pequenos talhões com espécies nucleadoras e invasoras, como ilhas dentro dos taquarais, realizando seu estabelecimento por arrancamento ou cortes repetidos (III).

A RED baseia-se na sucessão secundária natural, mas sua prática, no Brasil, menospreza a fase inicial herbáceo-arbustiva (matagal, capoeirinha, juquira e outras denomina-

ções) e visa instalar imediatamente a fase arbórea. Existe alguma argumentação técnica para isso, como diminuição de riscos de incêndio e recuperação da biodiversidade das fases sucessionais avançadas. Entretanto, o motivo mais forte é o sentimento, arraigado na sociedade, de que só a floresta tem valor ambiental considerável. Como argumentos a favor da fase herbácea-arbustiva e, portanto, das opções "pobres", estão a presença de uma fauna dependente dela e o fato de que a coexistência de diferentes fases sucessionais, numa paisagem, maximiza sua biodiversidade. Ademais, a intensificação da agropecuária numa região leva a que, paulatinamente, só venham a existir capoeirinhas protegidas, com sua riqueza biológica, dentro de áreas reservadas. Finalmente, um aspecto pouco conhecido é que a estrutura da floresta madura é influenciada durante séculos pelo tratamento dado à vegetação na fase inicial da sucessão secundária (Zavitkovski & Newton, 1968).

3. Pontos de estrangulamento nos talhões de recuperação ambiental

A convivência com a prática de talhões de RED no Brasil, permite reconhecer dois momentos críticos. Um deles dá-se no estabelecimento. Outro, mais variado e util, é a insustentabilidade da sucessão, evidenciada a partir de 7-10 anos de idade em talhões até então bem formados. Muitas vezes, a ocorrência desses dois grandes problemas decorre de uma má dinâmica do dossel do talhão, ao longo dos anos. O planeja-

mento de uma boa dinâmica implica espécies e arranjo espacial adequados.

A seleção e a combinação das espécies participantes devem priorizar o recobrimento muito rápido da área trabalhada e a permanência da cobertura por um tempo mínimo adequado. Como diretriz de planejamento, nos primeiros 15 a 20 anos o dossel deve propiciar constantemente clareiras pequenas, mas ser pouco descontínuo e dominado por espécies instaladas inicialmente. Sómente depois é seguro que a mortalidade natural das árvores formadoras do dossel seja acentuada, propiciando maior entrada de luz para árvores bem estabelecidas dos estratos inferiores.

O planejamento do autodesbaste, atualmente, é mais arte que ciência. Ele baseia-se principalmente em características de copa e na longevidade estimada de espécies das fases iniciais da sucessão, o que permite uma certa previsão do comportamento do dossel nos primeiros 15 ou 20 anos. Por exemplo, em plantios, a copa de *Trema micrantha* é densa e larga até 3-4 anos; depois ela torna-se progressivamente rala ou alta, e as plantas morrem em torno de 7 a 10 anos. Para *Mimosa flocculosa* estas idades seriam, aproximadamente, 2-3 anos e 4 a 6 anos. Sem dúvida, o conhecimento sobre a longevidade e o vigor da copa é maior para as pioneras de vida curta.

Na composição do talhão em campo, espécies de crescimento rápido e copa inicial ampla e densa, mas

de vida curta, podem ser usadas em pequena escala. Em maior proporção deve-se empregar as espécies de crescimento rápido ou moderado, mas de vida e copa ativa mais duradouras, sendo tipicamente pioneiras como *Senna multijuga* e várias *Mimosa* ou secundárias iniciais como *Sclerolobium paniculatum*, *Piptadenia gonoacantha*, *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*, *Ingá* spp., *Bastardopsis densiflora* e *Cytharexylum myrianthum*. Algumas secundárias tardias de copa inicial ampla também são recomendadas, como os jequitibás. Ressalte-se que, dentro de uma guilda⁵, as espécies têm longevidades diferentes embora próximas, o que faz que o talhão tenha um autodesbaste escalonado no tempo; a competição interna também influi para isso. A ênfase no sombreamento rápido não significa a exclusão de espécies valiosas sem copas vantajosas (como as embaúbas, de copa estreita, ou outras secundárias), mas apenas que suas intensidades de participação devem ser compatíveis com o objetivo principal. O que importa, afinal, é que o conjunto de espécies e seu arranjo espacial originem um dossel eficiente.

As condições de solo, comumente, variam mesmo dentro de uma mesma propriedade, o que leva a selecionar espécies e arranjos espaciais para cada situação típica. Quanto mais intensa for a restrição edáfica, menor será o número de espécies bem adaptadas. Um caso comum de restrição severa refere-se a pas-

tagens antigas, sem qualquer preparo de solo para o plantio. O arranjo espacial deve ser, sempre, expressado de modo muito simples, como módulos lineares de poucas plantas segundo suas guildas, em consonância com o preparo educacional da mão-de-obra e com a dinâmica do momento da implantação.

3.1 Competição inicial de gramíneas

Ao lado da proteção contra distúrbios, a maior necessidade de campo na fase inicial da RED é proteger o solo e, paralelamente, moderar a competição de gramíneas sobre as mudas plantadas ou de regeneração natural.

Embora não haja levantamentos formais, a maior parte dos esforços de RED fora de empreendimentos técnico-financeiros fortes fracassa, e isso ocorre na fase de estabelecimento ou mesmo antes, já que muitas mudas distribuídas não são plantadas. A causa mais visível do fracasso dos plantios realizados é a competição exercida por gramíneas, de porte variável entre locais. Realmente, os plantios de RED, geralmente baseados no TFD, comumente são executados em áreas abertas abandonadas ou cujo uso anterior era pastoreio. Por isso, muito desses solos encontram-se compactados na superfície. As soluções óbvias — intensificar o preparo convencional de solo e

⁵ *Guilda* refere-se a um grupo de organismos com papéis ecológicos similares dentro de uma comunidade. O planejamento de atividades de RED no Brasil apóia-se bastante nas guildas sucessionais ou grupos sucessionais segundo o sistema de Budowski, que reconhece quatro grupos de espécies: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax. Espécies de uma mesma dessas guildas tendem a ter a mesma resposta silvicultural à variação do ambiente.

os tratos culturais — não são adotadas por causa, principalmente, das expectativas negativas do retorno financeiro e da necessidade de esforço físico árduo. Dentre as opções da RED, o TFS é, conceitualmente, o mais eficiente para vencer a fase crítica do estabelecimento e, portanto, pode-se esperar sua maior aceitação quando esse problema for enfrentado.

Já se conhece um número pequeno de espécies, em cada bioma, que têm bom comportamento silvicultural sob condições adversas encontradas na realidade da RED. Como paradigma, pode-se apontar *Mimosa bimucronata*, que ocorre naturalmente em toda a Floresta Ombrófila Densa atlântica e, com menor expressão, na Floresta Ombrófila Mista (sudoeste do Paraná) e em certas florestas estacionais. Tais espécies devem ser usadas o quanto for tecnicamente aceitável, mas é necessário associar outros fatores para obter um nível razoável de reabilitação.

O uso de espécies francamente inadequadas do ponto-de-vista silvicultural é freqüente e favorece o fracasso decorrente da competição por gramíneas. Aspectos meramente ecológicos, como uma espécie arbórea constar numa lista de guildas (grupos sucessionais) e atrair pássaros, não são suficientes para recomendar seu uso rotineiro. Para isso, devem ser consideradas, também, características vantajosas relacionadas a aspectos silviculturais como rapidez de crescimento (para o padrão da guilda), rusticidade, sobrevivência e características de copa. Há vários moti-

vos dissociados da teoria da RED que resultam no fomento freqüente de espécies de silvicultura ruim: facilidade de obtenção de sementes; beleza ornamental; produção de frutos muito apreciados pelo homem (mirtáceas); apelo sentimental para a sociedade, por exemplo, espécies madeireiras excessivamente exploradas no passado como *Aspidosperma polyneuron*, *Ocotea porosa* e *Caesalpinea echinata*. O uso aceitável dessas espécies requer o aumento de sua viabilidade silvicultural, o que pode ser obtido pelo posicionamento favorecido no arranjo espacial e por um regime especial, mais intenso, de tratos culturais (limpezas e adubações).

Há várias práticas silviculturais que devem ser ajustadas para melhorar a implantação e o estabelecimento. As formigas devem ser controladas. Como regra, deve-se preferir espaçamento inicial mais estreito que largo (em torno de 5 m² por planta, quando não houver cultivos agrícolas associados) para assegurar o recobrimento rápido do terreno e para diminuir a necessidade de replantio. A adubação é recomendada, seja química ou orgânica. Na fertilização química, a aplicação de 100 g/cova de NPK (10:30:10) pode ser tomada como valor de referência, dada à multiplicidade de solos e espécies envolvidas. A adubação tem custo, mas o crescimento que ela proporciona reduz a necessidade de limpezas posteriores. Numa propriedade agrícola comum, o dia do plantio das mudas no campo é o único momento seguro em que haverá pessoas dedicando-se a elas. Portanto, deve-se aproveitar ao máximo esta ocasião.

Após a implantação, a competição só poderá ser vencida com roçadas e capinas, ou por abafamento via “mulchings” naturais ou artificiais. O uso criterioso de herbicidas apresenta as vantagens de diminuir mão-de-obra e de não revolver o solo, mas encontra crescentes restrições ambientais. A vulgarização do uso de roçadeiras costais motorizadas parece ser o avanço possível mais imediato, sendo valiosa também para casos de favorecimento da regeneração natural. Existe o temor de os produtores usarem as roçadeiras com propósito inverso, destruindo as plantas desejáveis e perpetuando a pastagem, o que reitera a necessidade de extensão rural atuante para que a RED tenha sucesso.

Os assuntos técnicos mais urgentes para melhorar o desempenho da RED no Brasil, e que requerem pesquisas, são: a) práticas altamente inovadoras de controle da competição e b) espécies adaptadas às condições reais do campo, principalmente à convivência com gramíneas, com destaque para espécies zoocóricas.

A intensificação benéfica do preparo de solo e das limpezas iniciais também pode ser conseguida via sistemas agroflorestais com fase agrícola curta, basicamente variações de taungya⁶. Por unir interesses ambientais e econômicos, esse parece ser um caminho muito promissor para viabilizar o estabeleci-

mento de RLs, principalmente em superfícies grandes ocupadas por pastagem.

3.2 Falha na sucessão

O início da sucessão nos talhões de RED é indicado pela regeneração natural, no sub-bosque, de espécies de fases mais avançadas, tipicamente secundárias tardias ou clímax que sejam zoocóricas. De modo prático, a evolução da sucessão pode ser considerada preocupante se não houver regeneração natural evidente aos 7-10 anos após a implantação. Tecnicamente, é necessário basear-se em índices de estoque suficiente, a serem determinados. Para florestas ombrófilas pode-se adotar, provisoriamente, o mínimo de 0,5 planta/m², considerando espécies tolerantes com altura a partir de 50 cm, aos 10 anos após a implantação.

O planejamento do talhão é o principal instrumento para induzir uma sucessão sustentável. O fechamento do dossel precisa ser rápido para dominar a competição por gramíneas. Depois, paulatinamente, deve ocorrer um processo de autodesbaste. A abertura gradual do dossel favorece o desenvolvimento das árvores mais longevas que foram plantadas e das plantas de regeneração natural presentes no sub-bosque, em ambos os casos predominando as espécies secundárias tardias e do clímax.

⁶ Taungya denomina um sistema agroflorestal onde se realiza o cultivo agrícola intercalar a árvores, por um período curto, normalmente seis meses a dois anos, no início da rotação florestal. O estabelecimento das árvores é muito favorecido pelos cuidados destinados às culturas agrícolas. Há muitos casos bem sucedidos desse sistema no mundo tropical, por exemplo, com teca na Ásia e em menor escala com bracatinga e pinheiro-do-paraná no Brasil.

Quando necessária, a indução da regeneração natural sob dossel fechado pode ser feita principalmente por desbaste leve, pelo anelamento de árvores. Decisões sobre o desbaste dependem de análise local e devem levar em conta a longevidade das espécies que, automaticamente, irá regular o futuro autodesbaste do talhão. Comumente, o desbaste deve ser dirigido a indivíduos muito vigorosos ou muito copados, que podem estar agindo como inibidores ao competir por fatores de crescimento. Árvores mortas em pé permitem o aumento da entrada de luz sem causar grandes clareiras e contribuem para a complexação ambiental interna.

Outra situação, mais preocupante, é a reinstalação vigorosa e indesejável da fase herbáceo-arbustiva em um talhão já estabelecido, em decorrência da abertura precoce do dossel, por autodesbaste excessivamente intenso. Para evitar isto, espécies pioneiras de vida muito curta devem ser usadas moderadamente para compor o dossel, em mistura com pioneiras e secundárias mais longevas.

Para favorecer a sucessão, a atração de sementes de fontes externas e o desenvolvimento local da fauna devem ser objetivos permanentes, desde o planejamento, valendo-se das relações entre plantas e animais, principalmente zoocoria e zoofilia. Há muitas possibilidades para isso (Butanda-Cervera et al., 1978; Nogueira Neto, 1985; Janzen, 1988; Reis et al., 1999, 2003; Carpanezzi, 2001). Outras interações fáceis de aplicar são pouco conhecidas ou lembradas, como a capacidade elevada de certas árvores

(*Senna multijuga*, *Inga uruguensis*, *Piptadenia gonoacantha*) atraírem tatus, que buscam larvas de cigarra nas suas raízes. Ressalte-se que as plantas escolhidas devem ter viabilidade silvicultural dentro do sistema ou prática de RED que for empregada. Por causa desse aspecto muitas espécies de grande valor para a fauna, como as figueiras nativas, muito pouco estudadas, não podem ser empregadas com segurança, atualmente.

4. Referências Bibliográficas

- AIDE, T. M.; ZIMMERMAN, J. K.; ROSARIO, M.; MARCANO, H. Forest recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico. **Biotropica**, Washington, v. 28, n. 4a, p. 537-548, 1996.
- ALLEN, R. B.; PLATT, K. H.; COKER, R. E. J. Understorey species composition patterns in a *Pinus radiata* plantation on the central north island volcanic plateau, **New Zealand**. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 25, n. 3, p. 301-317, 1995.
- BAGGIO, A. J.; CAPANEZZI, A. A. **Exploração seletiva do sub-bosque: uma alternativa para aumentar a rentabilidade os bracatingais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. 17 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 28).
- BRADSHAW, A. D. Ecological principles and land reclamation practice. **Landscape Planning**, Amsterdam, v. 11, p. 35-48, 1984.

BUTANDA-CERVERA, A.; VAZQUEZ-YANES, C.; TREJO, L. La polinizacion quiropterofila: una revision bibliografica. **Biotica**, Jalapa, v. 3, n. 1, p. 29-35, 1978.

CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folhedo e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (Mimosa scabrella Bentham) na Região Metropolitana de Curitiba-PR.** 1997. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - UNESP, Rio Claro.

CARPANEZZI, A. A. Ecologia aplicada ao planejamento de plantações de espécies madeireiras nativas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL, 1., 1996. Santa Maria. **O ambiente da floresta:** anais. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 13-20

CARPANEZZI, A. A. Escolha de espécies para recuperação ambiental via regeneração artificial na Mata Atlântica. In: GALVÃO, A. P.; MEDEIROS, A. C. (Coord.). Curso sobre colheita e manejo / conservação de sementes de espécies arbóreas da Mata Atlântica, 2001, Colombo. **Curso...** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 95-113. Apostila.

CAIRNS JUNIOR, J. Restoration, reclamation and regeneration of degraded or destroyed ecosystems. In: SOULÉ, M. E. (Ed). **Conservation biology:** the science of scarcity and diversity. Sunderland: Sinauer, 1986. p. 465-484.

FERRETI, A. R. Modelos de plantio para a restauração. In: GALVÃO, A.

P. M.; MEDEIROS, A. C. (Ed.). **A restauração da Mata Atlântica em sua primitiva área de ocorrência natural.** Colombo: Embrapa Florestas, 2002. p. 35-43.

GRIFFITH, J. J. **Recuperação conservacionista de superfícies mineradas:** uma revisão bibliográfica. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1980. 51 p. (SIF. Boletim Técnico, 2).

INFORME AGROPECUÁRIO. Belo Horizonte: EPAMIG, v. 22, n. 210, maio/jun. 2001. Edição integral sobre degradação ambiental e recuperação de áreas degradadas.

JANZEN, D. H. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 75, p. 105-116, 1988.

LUKEN, J. D. **Directing ecological succession.** London: Chapman and Hall, 1990. 251 p.

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, São Paulo, 1989. **Anais.** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 130-143. (Série Técnico-Científica, 169).

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2001. p. 249-269.

NAPPO, M. E; FONTES, M. A; OLIVEIRA FILHO, A. T. Regeneração natural em sub-bosque de povoados homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth., implantados em áreas mineradas, em Poços de Caldas-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 297-307, 2000.

NOGUEIRA NETO, P. Plantas com frutos atraentes para aves. **Boletim da FBCN**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 38-45, 1985.

PARROTA, J. Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as "foster ecosystems". In: LIETH, H; LOHMANN, M. (Ed). **Restoration of tropical ecosystems**. Dordrecht: Kluwer Academic Pub., 1993. p. 63-73.

PIAUÍ 2. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 20 nov. 1993. p. 3, c. 2.

POGGIANI, F; MONTEIRO, C. C. Efeitos da implantação de maciços florestais puros na reabilitação de solos degradados pela mineração do xisto betuminoso. **Silvicultura**, São Paulo, v. 3, n. 42, p. 275-281, 1990. Edição dos Anais do Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão.

POTT, A. Dinâmica da vegetação do Pantanal. In: CAVALCANTI, T. B; WALTER, B. M. T. (Org.). **Tópicos atuais em botânica**: palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica, 23-29 de julho de 2000, Brasília, DF. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil: Embrapa Recursos Genéticos e

Biotecnologia, 2000. p. 172-175.

RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS NO CONTEXTO DA EMBRAPA E DO SNPA, 1997, Campinas. **Memória do workshop**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. 70 p.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e interações planta-animal**. São Paulo: Conselho da Biosfera da Mata Atlântica, 1999. 43 p. (Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 14).

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B. de; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. de. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.

SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau. **Silvicultura Ambiental**: trabalhos voluntários: anais. Blumenau: Fundação Universidade Regional de Blumenau, 2000. 273 p.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**: um livro-texto em ecologia básica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 470 p.

STALLINGS, J. R. The importance of understorey on wildlife in a Brazilian eucalypt plantation. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 267-276, 1990.

SILVA JUNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of an Atlantic forest formation in the understorey of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil.

Journal of Tropical Ecology,
Cambridge, v. 11, n. 1, p. 147-152,
1995.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.
Recomposição de florestas nativas:

princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 2, n. 1. p. 4-15, 1996.

ZAVITKOVSKI, J.; NEWTON, M. Ecological importance of snowbrush *Ceanothus velutinus* in the Oregon Cascades. **Ecology**, Tempe, v. 49, n. 6, p. 1134-1145, 1968.

Capítulo 3

RESULTADOS DO PROGRAMA DE RESTAURAÇÃO COM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO CONVÊNIO ESALQ/ USP E CESP¹

Paulo Y. Kageyama²
Flávio Bertin Gandara³

Introdução

A ação humana relacionada à urbanização, agricultura, industrialização e outras atividades vem impactando os ecossistemas naturais, levando a um aumento crescente no total de áreas degradadas. Conseqüentemente, ela provoca a ocorrência de paisagens fragmentadas com baixa conectividade entre os fragmentos florestais remanescentes, reduz a biodiversidade e aumenta o risco de extinção local de espécies.

A estratégia de minimizar os efeitos dos processos de fragmentação/degradação, através da regene-

ração artificial de espécies nativas locais, denomina-se restauração ecológica de ecossistemas naturais ou, mais simplesmente, restauração florestal. A restauração visa restabelecer os processos e a estrutura do ecossistema original, garantindo a permanência da biodiversidade que é a grande riqueza dos ecossistemas tropicais, em especial das florestas.

As técnicas empregadas pela restauração ecológica têm avançado nos últimos anos. Esse avanço deve-se ao acúmulo de conhecimentos nas áreas de ecologia florestal (regeneração, sucessão florestal e interações

¹ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Universidade Federal de São Paulo (USP) e Centrais Elétricas do Estado de São Paulo (Cesp)

² Professor, Departamento de Ciências Florestais Esalq/USP

³ Professor, Departamento de Ciências Biológicas Esalq/USP

ecológicas), na sistemática e na tecnologia de produção de sementes e mudas.

Atualmente, há vários grupos trabalhando com pesquisa nessas áreas no Brasil. Eles atuam em diversos biomas e em diferentes situações de degradação. Esse fato tem sido importante para o avanço tanto da ciência como das ações práticas de restauração.

Diversas regiões tropicais do mundo, e em especial o Brasil, sofrem atualmente sérios problemas de perda de biodiversidade e de degradação de recursos naturais como água e solos. A restauração de ecossistemas naturais degradados tem um papel fundamental para reduzir a extensão desses problemas, especialmente em situações mais sensíveis como áreas ciliares.

O objetivo deste capítulo é apresentar os trabalhos do Programa de Restauração com Espécies Nativas, baseados principalmente no Convênio Esalq/Cesp e oferecer uma análise dos avanços tecnológicos alcançados em termos de fundamentos da restauração florestal e tecnologias de baixo custo para a recuperação de áreas ciliares.

1. A restauração florestal no Brasil

Um trabalho significativo sobre aplicação da genética em espécies nativas, oferecendo uma nova percepção para a restauração da biodiversidade, foi apresentado no I Congresso de Essências Nativas, re-

alizado no Brasil (Kageyama e Dias, 1982). Ele associava a biodiversidade da floresta tropical com a sucessão ecológica e a genética de espécies arbóreas nativas, que são conceitos envolvidos nos modelos de restauração desenvolvidos pela Cesp em cooperação com a Esalq. Interessando-se pelo trabalho, a FAO solicitou, em 1984, autorização para publicá-lo na sua revista sobre conservação genética (Kageyama e Dias, 1985).

A Esalq fez em 1984 uma primeira incursão no estudo da restauração de matas ciliares, tendo sido publicada uma aproximação do que é atualmente denominado “uso da diversidade e sucessão na restauração de áreas degradadas” (Kageyama et al., 1986). Esses autores apresentaram um estudo sobre a recuperação das cabeceiras do rio Corumbataí, feita numa parceria entre a Esalq e Daee.

Deve-se dar crédito, também, àqueles que foram precursores dos estudos básicos silviculturais com espécies nativas, mesmo que em sua maioria as tratassem similarmente às espécies exóticas e fizessem experimentos em plantios puros ou mono-específicos. Algumas exceções devem ser registradas, como a de Nogueira (1977) que implantou em Cosmópolis, na década de 60, um plantio misto de espécies arbóreas (nativas e exóticas), porém sem o enfoque sucessional.

O histórico do uso de alta diversidade de espécies, associado aos grupos sucessionais em plantios de nativas, foi apresentado no memorável I Simpósio de Matas Ciliares

(Kageyama et al., 1989). Esse conceito de separação das espécies da floresta em grupos ecológicos, funcionais ou sucessionais foi fundamentado, basicamente, na teorização de Budowski (1965). Outros autores foram também importantes, principalmente os que teorizaram sobre a grande diferença entre as florestas tropicais e as de clima temperado (Gómez-Pompa et al., 1972). Autores com trabalhos clássicos sobre banco de sementes tropicais como Hall e Swaine (1980), devem ser também mencionados.

O uso dos grupos sucessionais para ordenar a alta diversidade de espécies da floresta tropical e organizá-las nos plantios, da mesma forma em que elas ocorrem na floresta natural, foi sem dúvida não só o grande salto no desenvolvimento da tecnologia de plantio de nativas, como também o conceito mais discutido e polemizado nos eventos pertinentes. Foi necessário voltar ao conceito da sucessão secundária, como discutido por Denslow (1980), considerando a importância dos diferentes tamanhos de clareiras para entender a dinâmica do mosaico de clareiras da floresta tropical, e assim fundamentar o desenvolvimento das técnicas para indução da sucessão secundária.

Esta revisão histórica mostra que todo trabalho intelectual não pode ser individualizado, já que envolve e depende do esforço de autores anteriores, assim como de eventos correlacionados que ocorreram na época considerada, nos quais a discussão da teoria e técnicas foi fun-

damental para o avanço do conhecimento.

É oportuno recordar que o Brasil estava, no período relatado, no auge dos incentivos fiscais para reflorestamento, quando as pesquisas com melhoramento genético e implantação florestal eram feitas quase exclusivamente com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Todo esse período de desenvolvimento da pesquisa com espécies exóticas foi importante, pois todo o conhecimento adquirido com as espécies plantadas nessa época foi a base para o desenvolvimento de tecnologia para plantios mistos de espécies nativas. A essa base técnica foram acrescentados conhecimentos ecológicos da floresta tropical, que vinham avançando, principalmente, no México, Costa Rica e Panamá. Créditos devem ser dados também aos autores que desenvolveram pesquisas nesses países.

Quando se compara a pesquisa e o desenvolvimento da silvicultura de espécies exóticas com a de nativas deve-se lembrar que o grande aumento da produtividade das plantações de eucaliptos, ocorrido no período em referência, está acontecendo atualmente com as nativas e poderá aumentar ainda mais no futuro. Assim, a triplicação de produtividade, de $15 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para $45 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para as principais espécies exóticas, ocorrida num período de cerca de 20 anos (décadas de 60 a 80), poderia ser o referencial de produtividade atual para as nativas. Isso porque bons plantios de espécies arbóreas nativas, com a metodologia

de uso da diversidade e grupos ecológicos, já permitem estimar crescimento da ordem de 15 m³/ha⁻¹ano⁻¹.

2. Conceitos básicos na restauração

O uso de conceitos pouco conhecidos, anteriormente, nos trabalhos de restauração com espécies nativas, ocasionou longos debates e, por isso, os autores de pesquisa fundamental foram resgatados. Visava-se consolidar não só a terminologia, mas a própria tecnologia de restauração. Muitos desses conceitos foram colocados em discussão no decorrer do período em referência (décadas de 80 e 90). Serão revistos apenas alguns dos mais importantes, para se entender as diferentes concepções sobre o funcionamento da complexidade da floresta tropical.

Além do uso da sucessão no plantio de nativas, outra das mais importantes questões foi por que usar espécies nativas na restauração? Isso se deve à confusão sobre os conceitos de adaptação ecológica e silvicultural que ocorria nessas discussões. As frases do tipo “espécies não têm passaporte”; ou “espécies naturalizadas”, entre outras, representam bem esse desentendimento. Principalmente quando se associa a utilização de espécies nativas com seus polinizadores, dispersores de sementes e mesmo predadores específicos, que só ocorrem em sua região de origem, fica muito mais clara a importância dessas relações na recriação do ecossistema original, restabelecendo as interações ecológicas e diversidade de espécies, assim como garantindo a sustentabilidade dos

plantios de restauração. Dessa forma, é parte fundamental do processo o uso de espécies nativas da formação vegetal que se busca restabelecer e que ocorrem na região onde se desenvolve a restauração.

A própria questão da restauração, definida na literatura internacional como sendo a tentativa de implantar todas as condições para se chegar num novo ecossistema, o mais semelhante possível ao originalmente existente no local a ser recuperado, demandou tempo para chegar-se a um consenso. Dessa forma, as várias denominações para essa atividade de restauração, que tem sido apontada como mais apropriada para as APPs (Áreas de Preservação Permanente), recebeu muitos nomes nesse período. Assim, recuperação, revegetação, recomposição, reabilitação, revegetalização e até matamento foram utilizados significando, aproximadamente, a mesma ação de plantio de espécies nativas locais, visando recuperar a função e a forma nas novas florestas a serem formadas. Engel e Parrota (no prelo) esclarecem bem essa conceituação, compatibilizando-a com a terminologia internacional.

A importância do uso de alta diversidade de espécies em restauração, similarmente ao que ocorre naturalmente nas florestas tropicais, foi outro ponto de discórdia. A resolução da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (nº 21, de 21/11/2001), que estabelece um número mínimo de espécies para ações de restauração no Estado de São Paulo, reflete o avanço da legislação nesse

assunto. Embora em nossas florestas tropicais a diversidade de espécies seja muito alta, cerca de 100 a 300 espécies arbóreas por hectare, esse número é somente um referencial, já que a diversidade apontada na portaria (30 a 80 espécies) é considerável e difícil de se realizar.

Para exemplificar a importância da diversidade de espécies nos plantios, o uso exclusivo de espécies arbóreas leguminosas, em projeto de restauração pela Prefeitura do Rio de Janeiro, provocou um ataque intenso de serra-paus (cerambicídeos) nas plantações. Isso mostra que, apesar de haver uma certa diversidade de espécies, o uso de espécies de somente uma família pode ser um fator de desequilíbrio nas plantações de restauração. Isso ocorre porque esses insetos são específicos de algumas famílias de árvores, em particular das leguminosas, sendo que esse fato provoca distúrbios em plantios com espécies dessa família. Esse ataque intenso, resultante da alta densidade das leguminosas, implicou no plantio de espécies de outras famílias para aumentar a diversidade da restauração e sanar o problema do ataque desses animais.

Outro aspecto mais complexo, e ainda de difícil compreensão e uso, é o da densidade de indivíduos de cada espécie ou grupo de espécies que se deve usar nos plantios de restauração. As espécies arbóreas têm suas densidades naturais, ao que tudo indica, associadas ao seu aspecto evolutivo e dependentes do alcance de deslocamento dos seus polinizadores e dispersores de

sementes, que determinam a distância entre árvores adultas na floresta. Assim, quanto a esse aspecto, as espécies seriam classificadas em raras (menos que uma árvore/ha) e comuns (mais que uma árvore/ha), se bem que haveria uma grande amplitude entre as muito raras e as muito comuns (Kageyama & Gandara, 1993). O importante é que, se a densidade é essencial nas populações naturais das espécies, esse fator deveria ser incluído nos modelos de restauração.

A questão da densidade natural das espécies tem, também, implicação na coleta de sementes representativas das espécies. Se as espécies são raras e comuns nas matas nativas, e elas não estão nessas condições por acaso, isso deve ser considerado na coleta de sementes nessas áreas naturais. Não tem sentido a regra de coleta de sementes em populações naturais, respeitando a distância mínima de 100 metros entre matrizes, estabelecida há 20 anos, considerando o conceito de raridade ou abundância das espécies. Esse conceito vale somente para populações de florestas secundárias, quando as árvores próximas podem ser endogâmicas (aparentadas). Nessa situação não se deve coletar de indivíduos próximos sem considerar uma distância predeterminada.

Da mesma forma, a seleção de matrizes por caracteres fenotípicos para coleta de sementes em populações naturais é uma questão discutível do ponto de vista genético. Primeiramente porque na restauração deseja-se a representatividade

das espécies nas populações e não uma parte da variação genética das mesmas. Qualquer tentativa de seleção iria contra o princípio da manutenção da diversidade. Em segundo lugar, porque a variação fenotípica nas populações naturais tem o efeito ambiental muitas vezes maior do que o efeito genético. Isso significa que seria impossível separar esses efeitos na seleção, em condições da floresta natural (herdabilidade próxima a zero). Isso já foi amplamente demonstrado em experimentos com progênies, com muitas espécies arbóreas. Dessa forma, as estruturas populacional e genética das espécies nativas precisam ser entendidas, e todos esses conceitos devem auxiliar a desenvolver tecnologias adequadas à restauração.

3. Avanços na tecnologia da restauração resultantes do convênio Esalq/Cesp

Os avanços resultantes das atividades de restauração do convênio Esalq/Cesp são o fruto de intensa interação entre os conceitos fundamentados em trabalhos científicos, no debate com pesquisadores e na experiência prática da equipe formada pela Esalq e pela Cesp. Muitas hipóteses foram testadas em experimentos formais ou informais durante cerca de 20 anos de pesquisa. Dessa forma, serão apresentados os aspectos mais importantes do projeto, os grupos de experimentos realizados e os principais resultados alcançados.

3.1 Restauração no entorno dos reservatórios

A primeira discussão para definir linhas de ações de pesquisa visando implantar florestas de proteção no entorno dos reservatórios hidroelétricos da Cesp foi sobre as questões de por que usar somente espécies nativas e como definir modelos para implantá-las no campo. Deve-se ressaltar que no início do convênio, princípio da década de 80, a Cesp já implantava florestas no entorno dos reservatórios, porém sem um modelo definido, sem usar espécies pioneiras ou considerar grupos sucessionais e sem o uso exclusivo de espécies nativas. O modelo adotado atualmente pela Cesp contém mudanças fundamentais em relação ao que se fazia inicialmente. Muito embora as mudanças pareçam pequenas, elas realmente representam um longo caminho percorrido.

A restauração, naquela época denominada revegetação, significava incluir o máximo possível da diversidade de espécies arbóreas locais. Visava-se tornar o ecossistema o mais próximo possível da floresta tropical existente anteriormente na área, incluindo todas as interações ecológicas interespecíficas, principalmente as de reprodução, para conferir sustentabilidade ao processo de implantação das novas florestas. Assim, não se utilizavam espécies exóticas, mesmo aquelas que pareciam ser nativas pela grande adaptação silvicultural. Isso foi rapidamente superado pela equipe da Cesp, após terem sido

discutidos e aceitos por ela os conceitos científicos corretos.

3.2 Grupos ecológicos sucessionais de espécies arbóreas

Duas pesquisas foram incluídas no programa de pesquisa para avaliar o conceito de grupos ecológicos e introduzi-lo nos trabalhos de restauração na Cesp. O primeiro foi um levantamento ao acaso nas plantações existentes até a época, analisando o comportamento das principais espécies implantadas, em diferentes situações. Para isso foi usado um mínimo de 20 repetições para o experimento. Assim, comparou-se o comportamento de árvores de uma determinada espécie em condições variáveis de intensidade luminosa (sombra), em relação às suas vizinhas. A hipótese testada era que as espécies poderiam ser classificadas em grupos de acordo com o seu comportamento em relação à luz. Em realidade, testava-se a hipótese da existência de grupos ecológicos de espécies.

Budowski (1965) mostrava que o conceito de grupos ecológicos poderia ser usado para a restauração, embora não o preconizasse para plantios florestais. Assim, o primeiro experimento formal implantado em quatro unidades da CESP, usando o conceito de Budowski (1965), testava a existência dos quatro estágios sucessionais definidos por aquele autor (Figura 1). Para isso usaram-se cinco espécies arbóreas dos quatro grupos, para cada local (uma pioneira, uma secundária inicial, duas secundárias tardias e uma clímax), instaladas em 36,8 hectares. Esse experimento, com as 20 espécies nativas oriundas de quatro locais do Estado de São Paulo, foi decisivo para o programa, permitindo os avanços posteriores. A coerência e consistência das respostas das espécies de cada grupo ecológico, nos diferentes locais de experimentação, permitiu confirmar a hipótese testada. Observou-se que havia uma certa hierarquia da exigência e resposta à luz desde as pioneiras até as climácticas, e que havia intensidades luminosas mais favoráveis para cada um dos diferentes grupos ecológicos (Kageyama et al., 1992, 1994; Kageyama & Gandara, 2000).



Figura 1. Experimento de plantio consorciado de espécies arbóreas nativas de quatro grupos sucessionais, em Promissão, SP.

A própria denominação de cada grupo ecológico baseada na sucessão secundária merece uma explicação. Quando se analisa a denominação dos grupos ecológicos é conveniente observar que Budowski (1965) usou a expressão estágios de regeneração, muito embora estivesse se referindo à sucessão ecológica na regeneração da floresta após o corte e abandono, ou a uma sucessão antrópica. Outra questão a ser destacada é a terminologia para os grupos ecológicos, porque não há consenso entre os autores, inclusive quanto à forma de considerar a sucessão. Por exemplo, a terminologia clímax para o último estágio ou grupo poderia implicar que a sucessão terminaria numa fase final de estabilidade para a comunidade. Isso, de fato, não corresponde ao conceito atual da sucessão tropical, considerando que coexistem diferentes estágios da sucessão num só local, como um mosaico de manchas de diferentes estágios sucessionais. Porém manteve-se essa terminologia em respeito a Budowski, porque a descrição dos 4 grupos feita por ele correspondia ao que se observava com as características das espécies estudadas no convênio e eles podiam ser aplicados na associação das espécies nos plantios de restauração.

Figura 2. Vista do Experimento “Variação genética em progênieis de espécies pioneiras e clímax”.

3.3 Seleção de populações e coleta de sementes

Uma das questões teóricas importantes, abordada no programa de pesquisa do convênio, foi como conservar a diversidade genética de cada espécie, através da coleta de sementes, representando bem as populações naturais dessas espécies. Saliente-se que, ultimamente, os estudos genéticos das populações naturais de espécies arbóreas têm evoluído bastante no Brasil, permitindo a definição de diretrizes básicas para selecionar populações e não de matrizes na população (Figura 2). As pesquisas apontam que é mais importante selecionar populações adequadas e fazer a coleta de sementes em uma amostra tomada ao acaso, respeitando-se o número mínimo de árvores.

Por isso, a seleção da população para a coleta de sementes deve levar em conta tanto o tamanho efetivo da população como a sua integridade ecológica e genética. Dessa forma, devem ser escolhidas populações com



o mínimo de perturbação para fornecer sementes de boa qualidade, porque populações degradadas, ou que sofreram corte seletivo ou desmatamento, apresentam problemas genéticos decorrentes de cruzamento de plantas aparentadas. Populações naturais não perturbadas geralmente não mostram parentesco entre os indivíduos, mesmo entre os mais próximos. Assim, não há necessidade de se prevenir em relação à endogamia e, portanto, não é necessário manter uma distância mínima entre árvores para a coleta de sementes para as populações não degradadas.

Quando se estuda atentamente as espécies arbóreas em populações naturais primárias verifica-se que elas podem ser classificadas em desde muito comuns (mais de 20 indivíduos adultos por hectare) até as muito raras (menos que uma árvore adulta por 20 hectares). Há os grupos intermediários entre esses extremos: as raras, com menos que uma árvore/ha e as comuns, com mais que uma árvore/ha. Uma espécie rara na Mata Atlântica, como por exemplo o cedro, com uma árvore a cada 10 hectares e com uma distância média de 230 metros entre árvores, geralmente, apresenta indivíduos próximos não aparentados. O mesmo fato ocorre com o palmito, no mesmo bioma, que apresenta 100 indivíduos adultos por hectare. Portanto, o critério de distância mínima entre árvores não é, de fato, bom para se escolher matrizes para coleta de sementes representativas das populações.

Em relação ao número mínimo de matrizes para representar uma população pode-se usar o parâmetro genético N_e , ou o tamanho efetivo mínimo que a represente. Para conter a maior parte da variação genética de uma população sem perda significativa da mesma, por causas fortuitas, em um mínimo de gerações (10 por exemplo), recomenda-se um N_e (tamanho genético) mínimo de 50. Assim, seguindo-se essa recomendação e considerando-se que a coleta de uma progênie em uma população normal vale um N_e de aproximadamente quatro, deve-se coletar sementes de no mínimo 12 árvores em populações naturais de uma espécie, ou um N_e igual ou maior que 50 (Kageyama & Gandara, 2000; Kageyama et al., 2001). Essa é a recomendação que foi seguida pelo programa da Cesp.

3.4 Modelos de implantação na restauração

Havendo sido constatada experimentalmente a existência dos grupos ecológicos e da funcionalidade do seu uso para trabalhos de restauração, o modelo operacional de plantios na Cesp passou a utilizar a separação das espécies nos 4 grupos ecológicos propostos por Budowski (1965). Assim, fazia-se o plantio de linhas de espécies sombreadoras (pioneeras e secundárias iniciais) e de espécies sombreadas (secundárias tardias e climácticas) alternadamente. Nas linhas, mudas dos dois grupos ecológicos eram colocados ao acaso. Dessa forma, eram plantadas 50% de mudas de espécies sombreadoras e 50% de sombreadas, com um

espaçamento de 3 x 2 m, ou 833 mudas de cada um desses grandes grupos (sombreadoras e sombreadas). Esse modelo perdurou com bons resultados desde 1989 até meados da década de 90, tendo sido plantados cerca de 500 hectares por ano nas quatro unidades da Cesp.

Para esclarecer dúvidas quanto ao papel da distribuição espacial entre raras e comuns, resolveu-se implantar um novo experimento. Para isso, 27 espécies arbóreas da região do Pontal do Paranapanema foram classificadas em raras, intermediárias e comuns, plantando-se todas elas na forma rara, isto é, um indivíduo por hectare e na forma comum, ou seja, 50 indivíduos por hectare. Após três anos, os resultados dessa pesquisa confirmaram a hipótese de espécies raras plantadas com a densidade das comuns apresentarem maior incidência de pragas e/ou doenças. Por isso, o modelo de restauração do programa da Cesp incorporou a raridade como mais um fator. Assim, passou-se a plantar as espécies raras com uma densidade de oito indivíduos por hectare e as comuns com 20-30 indivíduos/ha. Nesse modelo, as pioneiras e secundárias iniciais eram plantadas como muito comuns, ou com 30 mudas por hectare para cada espécie (830 mudas de 30 espécies) e as climáicas, que normalmente são comuns, foram plantadas com uma densidade de 20 mudas/ha (415 mudas de 20 espécies). As espécies raras, que geralmente são as secundárias tardias, eram plantadas em uma densidade de oito plantas por hectare (415 mudas de 50 espécies).

A Cesp testou um terceiro modelo experimental para ser utilizado em fomento aos proprietários localizados ao longo dos tributários formadores da barragem. Nesse caso, em somente 20% da área do proprietário era utilizado o modelo completo de restauração, com sombreadoras e sombreadas. Nos 80% restante eram plantadas somente as sombreadoras (pioneeras e iniciais), o que reduziu bastante o custo de implantação. Após o recobrimento e fechamento daqueles 20% da área esperava-se que, após o florescimento das espécies sombreadas (tardias e climáicas), elas iriam espalhar naturalmente seus propágulos para o espaço restante, que estaria vazio dessas espécies responsáveis pela biodiversidade.

4. Considerações Finais

A restauração florestal, especialmente quando aplicada às Áreas de Preservação Permanente (APPs), é um instrumento fundamental para a recuperação de grandes áreas degradadas, principalmente no domínio da Mata Atlântica. Entretanto, é necessário aplicar todo o conhecimento básico disponível sobre os ecossistemas naturais para tornar essa restauração sustentável. Assim, não sendo a restauração um simples reflorestamento misto de espécies arbóreas nativas, é fundamental utilizar nela os conhecimentos sobre diversidade de espécies, a sua reprodução e sucessão ecológica natural, entre outros, para que modelos mais adequados e sustentáveis sejam utilizados.

Também deve-se ressaltar a importância da restauração florestal como mecanismo de fixação de carbono que pode contribuir fortemente para a redução do aumento dos níveis de CO₂ na atmosfera e, consequentemente, para a diminuição do efeito estufa. Com isso, abrem-se grandes possibilidades para um aumento das atividades de restauração com recursos originários de programas internacionais de seqüestro de carbono. No entanto, ainda são necessárias melhores estimativas da quantidade de carbono que é efetivamente fixada pelo processo de restauração florestal, tanto a curto como a longo prazo.

Por outro lado, o processo de restauração não deve ser considerado isoladamente, mas sim como integrante de uma paisagem de muitos ecossistemas naturais e antrópicos, devendo levar em conta os novos conceitos de ecologia de paisagem. Dessa forma, na restauração devem ser adotados conceitos de fragmentação, permeabilidade da matriz, conectividade da paisagem e corredores biológicos, assim como de fluxo gênico e de organismos. Assim, seriam ampliados a visão de restauração e os horizontes das ações em áreas degradadas.

A restauração florestal deve aproveitar a larga experiência brasileira em silvicultura associada ao aproveitamento da melhor alternativa para cada situação da paisagem. Para isso, considerar seriamente a possibilidade de utilizar a regeneração natural. Assim, sempre que possível, aproveitar o potencial do banco de sementes de espécies pioneiras no solo,

assim como sementes provenientes de fragmentos vizinhos para a regeneração de espécies não pioneiras.

Deve ainda ser enfatizado que o plantio misto de espécies nativas, com um mínimo de diversidade e seguindo os princípios da sucessão natural, pode ser feito com espécies arbóreas de valor econômico, com resultados similares quanto aos aspectos ambientais. O plantio de árvores no meio rural ajuda a conectividade e a permeabilidade na paisagem, assim como oferece alternativa econômica ao proprietário, além de proporcionar serviços ambientais múltiplos.

5. Referências Bibliográficas

- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest in the light of successional process. *Turrialba*, San Jose, v. 15, n. 1, p. 40-42, jan./mar. 1965.
- DENSLOW, J. S. Gap partitioning among tropical rain forest trees. *Biotropica*, Washington, v. 12, p. 47-55, 1980.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. No prelo.
- GÓMEZ-POMPA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C.; GUEVARA, S. The tropical rain forest: a nonrenewable resource. *Science*, Washington, v. 177, p. 762-65, 1972.
- HALL, J. B.; SWAINE M. D. Seed stocks in Ghanaian Forest soils *Biotropica*, Washington, v. 12, n. 4, p. 256-263, 1980.

KAGEYAMA, P. Y. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 8, n. 25, p. 1-43, 1992.

KAGEYAMA, P. Y. (Coord.). **Estudo para implantações de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público**. [São Paulo]: DAEE; [Piracicaba]: ESALQ: FEALQ, 1986. 242 p. Relatório de pesquisa.

KAGEYAMA, P. Y.; BRITO, M. A. de; BAPTISTON, I. C. Estudo do mecanismo de reprodução de espécies da mata natural. In: KAGEYAMA, P. Y. (Coord.). **Estudo para a implantação de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passa Cinco, visando a utilização para abastecimento público**. [São Paulo]: DAEE; [Piracicaba]: ESALQ: FEALQ, 1986. p. 103-228. Relatório de pesquisa.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A; CARPANEZZI, A. A. Implantação de matas ciliares: estratégia para auxiliar à sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 130-143.

KAGEYAMA, P. Y.; DIAS, I. S. Aplicação da genética em espécies florestais nativas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16A, n. 2, p. 782-91, 1982.

KAGEYAMA, P. Y.; DIAS, I. S. The application of genetic concepts to native forest species in Brazil. **Forest**

Genetic Resources Information, Rome, n. 13, p. 2-11, 1985.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e a conservação. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRA-SILEIRA, 3., 1993, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: ACIESP, 1993. p. 115-125.

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

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; VENCOVSKY, R. Conservação in situ de espécies arbóreas tropicais. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 149-158.

KAGEYAMA, P. Y.; SANTARELLI, E.; GANDARA, F. B.; GONÇALVES, J. C.; SIMIONATO, J. L.; ANTIQUEIRA, L. R.; GERES, W. L. Revegetação de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1994. p. 569-576.

NOGUEIRA, J. C. B. Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, n. 24, p. 1-71, mar.1977.

Capítulo 4

EXPERIÊNCIAS RELEVANTES NA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA

*Renato Moraes de Jesus¹
Samir Gonçalves Rolim²*

Introdução

Na faixa tropical do planeta, onde também se encontram problemas de ordem social e econômica, há cerca de 650 milhões de hectares usados como áreas de cultivo e quase dois bilhões de hectares em distintos estágios de degradação. Se a elas forem adicionadas localidades nessas condições de outras regiões do resto do mundo, ter-se-á uma dimensão mais exata da gravidade desse problema. Isso se torna ainda mais grave pelo fato de a degradação ocorrer sempre em decorrência de atividades antrópicas inadequadas nos recursos naturais e ao se levar em conta que o poder humano de alte-

rar o ambiente aumentou exponencialmente nos últimos 50 anos, sem que medidas contundentes fossem de fato tomadas (Jesus, 1994).

Aproximadamente 50% da superfície da terra já se encontra alterada por ações humanas (Vitousek et al., 1997). Embora essa condição não signifique necessariamente degradação, ela não seria alarmante se o desenvolvimento agrícola, industrial e urbano tivesse caminhado junto com a conservação ambiental. Mas, ocorreu justamente o contrário e a degradação ambiental atingiu nível assustador em todo o mundo. Uma

¹ Engenheiro Florestal, Doutor. Reserva Natural da Vale do Rio Doce - CP 91 / Linhares (ES), CEP-29900-970

² Engenheiro-Agrônomo, Doutorando. Reserva Natural da Vale do Rio Doce - CP 91 / Linhares (ES), CEP-29900-970

comprovação disso é a criação de 25 "Hotspots", definidos como áreas de elevada biodiversidade que tiveram mais de 70% de sua vegetação original destruída. Estes "Hotspots" representam apenas 1,4% da superfície do planeta, mas contêm 60% da diversidade de espécies terrestres (Mittermeier et al., 1999), e são, portanto, prioritários para conservação.

A Mata Atlântica e o Cerrado foram incluídos nesses 25 "Hotspots", mas estudos recentes indicam que a Caatinga, que também apresenta elevada biodiversidade, já se encontra com mais de 50% da sua área alterada (Lima, 1978; Santos et al., 1992; Araújo et al., 1995; Araújo et al., 1998a; Araújo et al., 1998b; Rodal et al., 1999; Sá et al., 2000; Casteleti et al., 2000; Drumond et al., 2000; Alcoforado Filho et al., 2003). Isso evidencia que, praticamente, três biomas brasileiros estão com elevado grau de ameaça.

A responsabilidade de conservar o pouco que resta desses biomas independe apenas da boa vontade, pois a velocidade de degradação é muito maior que a da recuperação. Cerca de 137 ha da Mata Atlântica são desmatados diariamente desde o início da década de 90 (Fundação SOS Mata Atlântica, 1998; Fundação SOS Mata Atlântica, 2002). São escassas as informações sobre restaurações bem sucedidas; estima-se que são inferiores a 10% dessa área alterada. Assim, DEPRN (2003) relata que apenas 1.496 ha foram recuperados no Estado de São Paulo em 2002. Essa área está muito aquém da necessária para equilibrar a de-

gradação. Apesar de inexistirem dados oficiais, o Cerrado, ainda com menor apelo da sociedade para restauração, provavelmente possui taxa de desmatamento pelo menos igual à da Mata Atlântica. As taxas de desmatamento na Caatinga são menores, cerca de 25 ha diários (Drumond et al., 2000), mas nela inexistem projetos de restauração formalmente divulgados.

Apesar de esses dados serem alarmantes eles não se comparam com os da Amazônia, onde o desmatamento na década de 90 foi de 4.600 ha diários (INPE, 2000), valor que na verdade subestima toda a degradação que ocorre na floresta, pois nela devem ser incluídos, também, os incêndios e a exploração madeireira (Laurance, 1998; Cochrane et al., 1999; Nepstad et al., 1999). Como se constata, a degradação corre a passos largos em todo o Brasil, mas são necessárias ações para cessá-la, além de apenas boa vontade e obstinação em recuperar áreas.

É importante destacar que conservar e mesmo restaurar florestas não significa apenas satisfazer o apelo emocional ou estético, como muitos desejam fazer pensar, particularmente nos calorosos debates sobre a revisão do Código Florestal e da legislação da Mata Atlântica na década de 90. O resultado desse quadro de degradação, em primeira instância, é a perda de inúmeros serviços prestados pelos ecossistemas, cujo valor econômico pode atingir mais de US\$ 33 trilhões anuais, quase o dobro da riqueza produzida anualmente no mundo (Constanza et al., 1997).

Alguns dos serviços prestados pela floresta são diretamente ligados às atividades produtivas da terra, cuja degradação resulta na perda da biodiversidade, na gradual diminuição das terras produtivas e da qualidade da água, na necessidade crescente de insumos para manutenção das produtividades e de variedades resistentes às pragas e doenças. A tais inconveniências deve-se incluir a redução da qualidade de vida e o aumento dos já freqüentes desastres ambientais, todos eles trazendo impactos extremamente negativos ao bem estar da sociedade (Jesus, 1997).

O objetivo deste capítulo é apresentar práticas adotadas em processos de restauração nas áreas onde a cobertura florestal foi eliminada ou perturbada pela exploração florestal, assim como pelo estabelecimento de culturas agrícolas, pastagens ou da mineração. Apresenta também estudos de empreendimentos executados pelos autores.

1. Aspectos conceituais da restauração

As diferenças conceituais entre restauração, reabilitação, recuperação e remediação foram discutidas por vários autores (Cairns, 1988; Lewis, 1990; Bradshaw, 1996; Bradshaw, 2002)*. De forma básica, entende-se que a restauração é uma das maneiras de se fazer a recuperação, e a definição mais amplamente utilizada para ela é devolver ao ecossistema sua forma original, ou seja, a sua estrutura original, a dinâmica

e as interações biológicas. Esse conceito de restauração diverge do proposto por Ibama (1990), que não é o mais aceito no meio científico, mas concorda com a proposta de Rodrigues & Gandolfi (2000) e é mais coerente com a literatura científica.

Entretanto, Bradshaw (1996) considera que essa definição traz várias implicações e que a restauração no seu sentido estrito é impraticável. Seria possível restaurar um solo degradado que teve seu perfil e fauna edáfica removidos? Em quanto tempo? E as reintroduções faunísticas, as interações fauna-flora, as populações de lianas, arbustos e herbáceas? Seria isso possível? Pode-se afirmar que a restauração é um processo moroso. Na verdade, o que se atinge é a restauração da paisagem, pelo aceleramento ou direcionamento da sucessão vegetal, inicialmente por meio da revegetação com espécies arbóreas ou indução da regeneração natural. Com isso, possibilita-se atingir, o mais rapidamente possível, o equilíbrio e o restabelecimento de algumas funções ecossistêmicas.

Vale destacar que as comunidades não são estáticas, mas variam em composição florística no espaço e no tempo (Lieberman et al., 1985; Manokaram & Kochummen, 1987; Primack & Hall, 1992; Condit et al., 1996; Rolim et al., 2001). Nos projetos de restauração deve-se buscar uma composição florística que seja compatível com aquela do ecossistema original, sendo errôneo admitir a busca de uma composição florística idêntica à que ocorria na área.

*N.E.: Elas são também analisadas nos capítulos 2 e 3 deste livro.

Há de se considerar também se a área “restaurada” teria tamanho e condições para ser ou não ecologicamente auto-sustentável, pois, por exemplo, a maioria dos fragmentos florestais fora da região amazônica, apesar de manter boa parte da biodiversidade, encontra-se isolada e perturbada (Viana, 1990). Eles sofrem, ainda, com a ação de incêndios, caça, plantas invasoras e populações em desequilíbrios demográficos. Por isso, alguns autores preferem trocar o termo “restauração de ecossistema” por restauração de habitat ou de comunidades ou de espécies (Bradshaw, 1996).

2. Aspectos básicos na restauração de áreas degradadas

Antes de se iniciar qualquer projeto de restauração, o primeiro passo para o sucesso do empreendimento é elaborar um diagnóstico detalhado da área a ser restaurada definindo o objetivo da ação planejada. Inexistem áreas degradadas irrecuperáveis e sim áreas com maior ou menor custo de restauração (Jesus, 1994). As técnicas mais adequadas de restauração variam de acordo com os níveis de degradação encontrados, com as características intrínsecas da área, com a rapidez que se quer alcançar os resultados desejados, com a variável custo e com o objetivo da restauração.

2.1 Histórico e fatores de degradação ambiental

Conhecer a história do local ajuda a compreender todo o processo de degradação ocorrido. Por exemplo, na

Amazônia estudos indicam que a colonização por plantas nativas, de áreas que sofreram a retirada da cobertura florestal e depois foram abandonadas, irá depender da intensidade de exploração e do tipo de uso do solo. Até mesmo a direção do processo sucessional pode seguir caminhos diferentes (Uhl et al., 1982, 1988; Vieira et al., 1994). Portanto, é importante detectar os fatores determinantes da degradação e os seus níveis para definir o melhor procedimento a ser usado.

A degradação por poluição ambiental é outro exemplo de uma situação freqüente. Ela ocorre próximo a centros industriais como Cubatão, em São Paulo, e Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro, e até mesmo em centros menores como no entorno do Parque do Rio Doce, em Minas Gerais (Vuono et al., 1984; Klumpp et al., 1996; Domingos et al., 1998; Pompéia, 1998; Silva et al., 2000). Projetos de recuperação próximos a fontes poluidoras devem considerar que muitas plantas são extremamente sensíveis, e dependendo do poluente envolvido sofrem injúrias desde a fase de plântula.

Em algumas situações, a simples remoção dos fatores de degradação já pode ser suficiente para estimular a sucessão natural. Sem aplicar esse procedimento a restauração estará comprometida. Há outros fatores de degradação que, se diagnosticados na área, implicam na execução de atividades como retalhamento de uma voçoroca, controle de erosão, controle de formigas cortadeiras, correção de canais de drena-

gem, controle de plantas invasoras, manejo de plantas em desequilíbrio populacional, aceiros para evitar incêndios, combate à caça e recolhimento ou tratamento de resíduos indesejáveis.

O isolamento da área pode ser entendido também como forma de amenizar ou controlar possíveis fatores de degradação. Em muitas situações será necessária a construção de aceiros no entorno da área, visando facilitar o acesso para prevenir e evitar incêndios. Uma situação muito comum é a necessidade de isolar áreas para evitar o acesso de animais domésticos que costumam pisotear ou pastejar nelas. O uso de cerca viva também é um auxiliar importante nessas circunstâncias e deve ser implementado sempre que possível.

2.2 Fontes de sementes

Geralmente o banco de sementes de uma área degradada é deficiente ou pobre em espécies (Brinkmann & Vieira, 1971; Uhl et al., 1982; Garwood, 1989). Identificar a existência de outras possíveis fontes próximas de sementes, como fragmentos florestais, poderá resultar numa estratégia de condução da regeneração natural que, talvez, elimine a necessidade de plantios. Estudos indicam que a fonte de sementes é um dos mais críticos fatores da regeneração da floresta (Holl, 1999; Puerta, 2002) e juntamente com a presença de dispersores são fundamentais nesse processo (Silva & Tabarelli, 2000; Francisco & Galetti, 2002).

Fontes de sementes com ampla base genética são extremamente importantes para a sustentabilidade ecológica da restauração, pois a diversidade de espécies é uma tipicidade dos ecossistemas tropicais, seja no Cerrado, na Caatinga ou em florestas. Espécies herbáceas, arbustivas ou arbóreas devem ser consorciadas, independentemente da forma de se implantar a restauração. As fontes de sementes, principalmente dos fragmentos florestais vizinhos, são importantes também nas etapas posteriores da sucessão natural.

Mesmo em áreas desprovidas de vegetação, mas com florestas no seu entorno, existe a possibilidade de o banco de sementes no solo não estar depauperado e os custos de implantação da restauração poderiam ser reduzidos com a sua simples ativação, obtida com a eliminação dos fatores impeditivos ao seu estabelecimento. As espécies pioneiras são um dos principais componentes do banco de sementes do solo (Baider et al., 1999) e podem recobrir rapidamente a área, favorecendo a colonização de espécies que não toleram a alta luminosidade e possibilitando proteção ao solo.

2.3 Característica do substrato

Conhecer o substrato sobre o qual a planta vai crescer é fundamental para a escolha de espécies adaptadas à situação de degradação, pois freqüentemente a camada fértil do solo está perdida. Condições muito ácidas, salinas ou de toxidez também atuam como limitações ao crescimento de diversas espécies. Além

desses, há outros fatores adversos que precisam ser superados, ou seja, as plantas devem, ainda, ser capazes de desenvolver raízes em solo compactado, superar a condição aneróbica, mobilizar nutrientes fixados, absorver água contra tensões altas e equilibrar o excesso de íons metálicos tóxicos (Primavesi, 1984). Desconsiderar essas possibilidades pode ser uma importante causa de insucesso na restauração.

Dentre as técnicas para condicionamento do substrato e promoção do crescimento inicial das plantas podem ser destacadas a fertilização tradicional (Gonçalves, 1995), a aplicação de lodo de esgoto e calcário (Vasconcelos et al., 1997; Gonçalves et al., 2000), o uso de meio de culturas (4 kg/m^2) de *Eisenia foetida* (Knapper et al., 1997), a aplicação de serapilheira oriunda de mata vizinha (Gisler, 1995) e o uso de plantas leguminosas fixadoras de nitrogênio (Döbereiner, 1984; Jesus, 1994; Franco et al., 1994; Griffith et al., 1996; Campello, 1998). Além de eficientes para esse objetivo, as plantas fixadoras de nitrogênio também funcionam como pioneiras, o que é fundamental à sucessão natural.

2.4 Cobertura vegetal do solo

A caracterização da cobertura vegetal ajuda principalmente a identificar espécies invasoras que podem competir com as espécies desejáveis do ecossistema. Dentre as espécies invasoras que mais dificultam o estabelecimento da regeneração estão as gramíneas brachiária (*Brachiaria brizantha*, *B. humidicola*, *B. decum-*

bens), capim colonião (*Panicum maximum*), capim gordura (*Melinis minutiflora*) e sapé (*Imperata brasiliensis*) (Silva Filho, 1991; Corrêa, 1995; Piña-Rodrigues et al., 1997; Vieira & Pessoa, 2001). Estas espécies são de alta inflamabilidade e aumentam o risco de incêndios florestais, em decorrência do acúmulo de biomassa morta acima do solo e à alta razão superfície / volume das folhas (Nepstad et al., 1991; Mack & D'Antônio, 1998; Vieira & Pessoa, 2001).

Observar a presença de espécies vegetando em áreas degradadas também auxilia na escolha das potenciais para plantios e até mesmo decidir sobre a necessidade de fazê-los, pois a condução da regeneração, além de tornar dispensável a prática do enriquecimento, contribui para a redução de custos de projetos (Jesus, 1997). Para áreas nuas é essencial saber por que não há regeneração natural: seria a ausência de fontes de sementes ou de dispersores, um substrato inadequado à sucessão secundária, pastoreio, incêndios constantes ou a presença de formigas cortadeiras? Ou seja, é importante identificar também as causas desse problema.

2.5 Manutenção silvicultural

Uma das falhas mais graves de muitos projetos de restauração é o abandono da área de plantio à própria sorte. Orçar um projeto sem considerar as atividades de manutenção, certamente, leva à perda do investimento. Fazendo-se a manutenção, a área em recuperação começa a ter condições para sua autocondução.

Mesmo assim, ainda existe a necessidade de acompanhamentos periódicos e a ação preventiva ou corretiva deve sempre ser imediata. Via de regra, as práticas de manutenção mais comuns são o controle de cipós (no caso de fragmentos florestais), a erradicação de plantas invasoras, o controle de formigas cortadeiras, o coroamento das mudas eventualmente plantadas, a proteção da fauna e a adoção de um sistema de prevenção contra incêndios.

É comum na manutenção os trabalhadores fazerem roçadas e capinas não seletivas, isto é, cultivarem as mudas plantadas e eliminarem a regeneração natural, conduzindo a área como se fosse um plantio comercial, o que também é rotineiro quando da implantação. Essa prática, além de retardar o processo sucessional, aumenta os custos de manutenção, pois disponibiliza espaço à colonização das plantas invasoras. Assim, os trabalhadores envolvidos devem receber orientação para a aplicação de tratamentos seletivos, estimulando e conservando a eventual regeneração natural de interesse, independente do porte das espécies.

3. Procedimentos para a restauração

Serão considerados, separadamente, os procedimentos comuns e os específicos para a restauração, sendo esses últimos ilustrados com exemplos práticos.

3.1 Procedimentos comuns

Os procedimentos geralmente adotados para a restauração ambi-

ental compreendem a preservação e conservação genética, a produção, coleta e beneficiamento de sementes, assim como a produção de mudas.

3.1.1 Preservação e conservação genética

É correto afirmar que, enquanto houver recursos genéticos poder-se-á fazer a restauração. Nesse contexto, considerando que os recursos naturais não renováveis esgotam-se e estão cada vez mais ameaçados, é indispensável salvaguardar a biodiversidade contida nos remanescentes florestais do crescimento indiscriminado da área urbana e das atividades agropastoril e industrial. A racionalização do uso da biodiversidade é essencial, mas o nível de fragmentação dos ecossistemas florestais da faixa tropical também torna indispensável evitar e controlar os incêndios florestais. Por isso, são imprescindíveis a construção de aceiros e o estabelecimento de cercas vivas. Em conjunto, esses procedimentos dificultam e retardam a passagem do fogo e permitem chegar ao foco do incêndio, facilitando o seu controle. A cerca viva, além do baixo custo de implantação, propicia amenizar o efeito de borda no fragmento, implicando, ainda, numa restauração natural indireta.

3.1.2 Produção, coleta e beneficiamento de sementes

Estando 95% da região da Mata Atlântica brasileira em processo de degradação e havendo a tendência de aumento das atividades de restauração, é importante e necessário

produzir sementes, com adequada variabilidade genética. Para aumentar a disponibilidade de sementes, o estabelecimento de reservas genéticas “ex situ” pode ser uma alternativa, pois nessa condição é possível incrementar a sua produção e, inclusive, reduzir custos. Além disso, essas reservas podem promover, de forma indireta, o resgate da biodiversidade, pois elas devem ser formadas com materiais de diferentes progêneres/procedências. Para cada espécie, é fundamental conhecer os procedimentos de coleta e beneficiamento de sementes, de modo a tê-las nas melhores condições possíveis. Na Reserva Natural da Vale do Rio Doce (RNVRD), em Linhares (ES), estudos já produziram protocolos para mais de 500 espécies arbóreas da Mata Atlântica.

3.1.3 Produção de mudas

Existe a alegação de que a inexistência ou escassez de mudas tem dificultado a implantação de projetos de restauração ambiental. Isso é verdade, pois o atual custo de produção é elevado, inibindo determinadas iniciativas. Entretanto, a silvicultura brasileira, alicerçada exclusivamente nas monoculturas de *Pinus* e *Eucalyptus*, conseguiu destacar-se nesse segmento, produzindo mudas com custos que chegam a ser inferiores a US\$ 30.00 o milheiro. Dessa forma, é indispensável reduzir também o custo de produção de outras espécies e, assim, popularizar a prática da restauração.

A redução desse custo é importante, mas é também fundamental saber produzir mudas de outras espécies. A germinação, repicagem ou semeadura direta, embalagem, substrato e luminosidade são particularidades a serem elucidadas. Juntando-se a técnica ao baixo custo de produção, certamente ter-se-á a popularização desejada. Atualmente, por considerar que o agricultor poderá ser o maior agente de recuperação, trabalha-se com o objetivo de desenvolver um tubete biodegradável. Isso possibilitaria reduzir os custos de produção, transporte e mesmo de plantio das mudas, sem a necessidade e a preocupação de o agricultor devolver a embalagem.

Barbosa & Martins (2003) recomendaram 589 espécies para uso nas diversas regiões e ecossistemas do Estado de São Paulo, assim como informam sobre os viveiros onde são produzidas. O viveiro da RNVRD também produz uma diversidade semelhante de espécies da Mata Atlântica, disponível para qualquer produtor. Portanto, não será a baixa diversidade o impedimento para projetos de restauração.

3.2 Procedimentos específicos

Para diferentes situações encontradas há procedimentos específicos que devem ser levados em consideração na elaboração de projetos ou mesmo na adoção de práticas na restauração ambiental. Isso certamente contribuirá para maior eficiência do processo e a diminuição dos custos operacionais.

3.2.1 Florestas secundárias

Normalmente a condição físico-química do solo não é um problema para a restauração das florestas secundárias. A partir da cobertura florestal remanescente é possível, de imediato, fazer-se a restauração. As florestas secundárias são geralmente áreas fragmentadas, podendo ser ou não necessário o enriquecimento com mudas ou mesmo por meio de sementes nas diferentes formas de se fazer a sua restauração.

Existe a alternativa de induzir a regeneração natural ou de aplicar um sistema misto, isto é, simultaneamente combinar o enriquecimento com a indução da regeneração natural. Uma análise das estruturas vertical e horizontal da vegetação permite definir a técnica mais adequada, do ponto de vista ecossistêmico e de custo operacional. Inde-

pendentemente da opção adotada, é fundamental o controle de plantas invasoras e das locais que estejam fora dos padrões de densidade e distribuição.

No diagnóstico, um dos aspectos importantes é detectar a presença de plantas invasoras (principalmente as gramíneas já citadas), que devem ser eliminadas com roçada manual, arranque ou aplicação de herbicida, dependendo das restrições legais e da situação encontrada, como ilustra a Figura 1.

Outra situação comum em florestas secundárias é o desequilíbrio populacional de espécies. Os principais grupos de plantas que costumam explodir demograficamente são os bambus dos gêneros *Chusquea*, *Megrostachys*, *Guadua*) e bambusóides do gênero *Olyra* (Tabarelli & Mantovani, 1999b), assim como as lianas ou ci-



Figura 1. Aplicação da roçada manual seletiva do capim colonião, na borda de um fragmento na Mata Atlântica de Tabuleiro (ES), onde ocorreu um incêndio florestal.

pós (Putz, 1984). Vários fatores podem levar a essa situação, mas os principais são a ocorrência de incêndios, a exploração seletiva de madeira e os efeitos de borda. Todos trazem como consequência imediata um aumento na intensidade de luz sobre o chão da floresta, propiciando condições ideais à intensa colonização dos grupos mencionados. Por isso, elas devem ser manejadas, tanto nas bordas como no interior dos fragmentos.

As lianas compreendem um elevado número de espécies e o aumento de suas populações em florestas secundárias contribui para o aceleração da decrepitude dessas formações. Portanto, deve ser feito um levantamento para detectar as espécies em desequilíbrio e promover o seu controle.

Quando se optar pelo enriquecimento o controle de cipós deve ser feito por um simples corte com facão na sua base, no período chuvoso, e pelo menos um ano antes do enriquecimento. Não é recomendado puxá-los, deve-se deixar que sequem e caiam naturalmente. Alguns, eventualmente, deixarão de ser cortados e outros brotarão, sendo recomendável fazer um repasse nessa operação três meses após o primeiro corte.

Antes do enriquecimento, os cipós caídos deverão ser picados e espalhados adequadamente na área. A implantação de aceiros, o uso de cercas vivas e de sistemas agroflorestais são boas estratégias para as condições das bordas, mas usando espécies de baixa agressividade sobre a regeneração natural.

3.2.2 Área em macega ou pastagens degradadas

As áreas em macega ou pastagens degradadas são geralmente ocupadas por gramíneas invasoras ou cultivadas e nelas, maioria das vezes, existem problemas de natureza edáfica. Deve ser feita uma roçada manual seletiva, mantendo-se qualquer elemento arbóreo, ou mesmo arbustivo, presente. Quinze dias após essa prática é feito o controle das formigas cortadeiras. Em seguida, e quando possível, faz-se o controle químico das gramíneas. Na Amazônia, milhares de hectares de pastagens já atingiram alto nível de degradação, e no Domínio da Mata Atlântica mais de 50% das áreas foram transformadas em pastagens.

Dependendo da situação e das espécies, alguns nutrientes podem ser mais essenciais que outros para o desenvolvimento das mudas. Mais comumente, os elementos limitantes são o nitrogênio e o fósforo (Tilman, 1982; Vitousek, 1982; Tilman et al., 1994). A limitação de nitrogênio é comum porque o material de origem, no qual o solo se forma, quase sempre não contém nitrogênio. Quanto ao fósforo, os solos tropicais amazônicos e da região costeira são muito pobres ou muito lixiviados (Tilman & Lehman, 2001). Nessa situação, deve-se optar, inicialmente, pela utilização de plantas recuperadoras do solo, como as leguminosas herbáceas, arbustivas ou arbóreas. Elas têm alta taxa de deposição de matéria seca e fixam nitrogênio atmosférico. Adicionalmente, faz-se uma adubação fosfatada, normalmente à razão de 500

kg de superfosfato simples por hectare. A escolha das espécies arbusativas e arbóreas de leguminosas, dependendo das condições edafoclimáticas, deve recair nas de ciclo curto. Por exemplo, as do gênero *Cajanus* e *Sesbania*, após cumprir o seu papel, dão lugar naturalmente às espécies do ecossistema em restauração.

Com essas condições implementadas a área já estaria apta à sucessão natural. As etapas posteriores dependerão da vizinhança, ou seja, havendo proximidade de fragmentos florestais é possível contar com o banco de sementes. É claro que tanto o enriquecimento quanto o sistema misto podem ser implementados desde que o custo da restauração não seja impeditivo e não haja exigência quanto à velocidade do processo. Nessas circunstâncias, a densidade de plantio pode ser de 625 a 1.110 mudas/ha com, pelo menos, 30 espécies/ha e incluindo-se, obrigatoriamente, as pioneiras longevas, secundárias e climáicas.

Em muitas situações, o nível de degradação pode ser extremamente alto para se iniciar, imediatamente, a restauração. Assim, o uso de espécies que não sejam do ecossistema pode até ser admitido, desde que se faça um controle para evitar a invasão biótica. Algumas espécies, quando plantadas fora de sua área de origem, podem apresentar alto potencial de colonização, transformando-se em inconvenientes para a restauração. Por exemplo, a leguminosa mexicana *Leucaena leucocephala*, apesar do rápido crescimento e alta produção de matéria seca, é uma das 32

espécies de plantas terrestres mais invasoras do mundo. Atualmente, essa espécie não é mais recomendada para trabalhos de restauração, existindo espécies substitutas próprias dos ecossistemas e mais fáceis de controlar.

Espécies de ocorrência natural em algumas regiões do Brasil como *Schinus terebinthifolius* (Aroeira da praia) e *Psidium cattleianum* (Goiaba), também, possuem alto potencial de invasão em regiões fora do seu habitat. Mesmo na própria região de origem, existem espécies que aumentam, demograficamente, sua população e retardam o processo sucessional. Duas espécies de samambaias pantropicais, comuns na Mata Atlântica, podem ser citadas como exemplo: *Pteridium aquilinum* (Whitmore, 1991; Fox et al., 1997; Tabarelli & Mantovani, 1999a) e *Acrostichum aureum* (Srivastava et al., 1987; Soares, 1999), sendo esta última particular dos manguezais.

3.2.3 Áreas de mineração

Nas áreas de mineração também são diversas as condições e níveis de degradação. Não obstante, a restauração é factível num maior período de tempo. Um princípio básico é buscar espécies adaptadas às novas condições, o que afeta diretamente a composição dos custos. A diferença em relação aos outros tipos de áreas degradadas é a necessidade de obras de regularização topográfica e de drenagem que aumentam consideravelmente o custo da restauração. Na fase de recuperação edáfica deve ser descartada a hidros-

semeadura feita exclusivamente com gramíneas ou outras espécies herbáceas. Estas, além de menos efetivas na diminuição do impacto da chuva no solo, quase sempre incendeiam-se na época seca.

No início, de maneira enganosa, o verde da vegetação resultante da hidrossemeadura encanta. Por ser fácil de implementar, tem sido muito utilizada como procedimento de revegetação, mostrando ao longo do tempo a sua inadequação. Entretanto, essa forma de plantio pode ser utilizada, mas trocando o coquetel das espécies. A partir daí, usar os procedimentos citados anteriormente capazes de viabilizar e incrementar a restauração. Duas espécies potenciais para compor um coquetel diversificado, que estão em testes na RN-VRD (Companhia Vale do Rio Doce) para recobrimento de taludes, estão ilustradas nas Figuras 2 e 3.

3.2.4 Reversão de florestas monodominantes

Um exemplo comum de degradação pode ocorrer quando existe monodominância. Há situações naturais de monodominância na região tropical que não devem ser confundidos com o que ocorre nos manguezais e caxetais, onde um fator natural seletivo limita a diversidade (Prance & Schaller, 1982; Nascimento & José, 1986; Nascimento & Cunha, 1989). Também há casos em que algum fator de perturbação provocou o aumento da abundância de uma ou poucas espécies, como em plantios homogêneos.

Recentemente foi relatado que a palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* invadiu um fragmento florestal em São Paulo. Distribuía-se preferencialmente em locais mais sombreados, com elevada densidade



Figuras 2 e 3. Detalhe de *Mimosa polycarpa* e *Piptadenia adiantoides*, espécies que estão sendo testadas para recobrimento de taludes em áreas de mineração.

e freqüência, e apresentava taxa de crescimento de mais de 19% ao ano (Dislich et al., 2002). Isso, apesar da ocorrência de outras 29 espécies arbustivas e arbóreas exóticas no fragmento (Rossi, 1994). Os babaçuais (*Orbignya martiana* e *Orbignya oleifera*), ao norte de Tocantins, formam-se após a eliminação da floresta e podem se constituir em complemento de renda para alguns produtores, mas tem altos custos para controle nos casos de restauração (Pereira & Pereira, 1982; Dambrós & Freire, 1996).

Nesses casos, seria indicado um raleamento da população em níveis adequados em relação às espécies que ocorrem naturalmente na área, ou a completa eliminação para o caso de espécies não naturais da área. Posteriormente deve ser feito o enriquecimento ou condução da regeneração natural. Espécies como *Bauhinia* sp, *Urera baccifera* (Nascimento et al., 1999), *Myracrodruon urundeuwa* (Rolim & Jesus, 2002), *Vanilosmopsis erithropapa* (Pedralli et al., 1996), também, podem tornar-se excessivamente dominantes em algumas regiões.

3.2.5 Faixa de domínio de sistemas viários

A maioria das faixas de domínio dos diversos sistemas viários brasileiros encontra-se em degradação, sendo freqüentes os acidentes graves como aqueles provocados pela queda de barreiras. Com a construção das rodovias muda-se o uso do solo. Portanto, em boa parte daque-

las faixas, quando em ecossistemas florestais, não se recomenda a restauração ecossistêmica pela possibilidade da queda natural dos indivíduos arbóreos no leito das estradas, como também pela probabilidade de choque de veículos com eles. Assim, numa faixa de pelo menos 10 m de largura marginal ao lastro viário não é recomendável o uso de vegetação arbórea na restauração, o que não impede a recuperação com espécies herbáceas e arbustivas. A partir desses 10 m é possível fazer a restauração ecossistêmica e, dependendo do nível de degradação e características da área, adotar-se alguma das técnicas relatadas anteriormente.

3.3 Exemplos de casos de restauração

Os exemplos dos casos relatados evidenciam a praticidade da aplicação de técnicas de restauração em diferentes situações de degradação ambiental e caracterizam os procedimentos adotados, além de apresentar os resultados obtidos.

3.3.1 Restauração em floresta secundária

Um exemplo de restauração, aplicado em florestas secundárias na mata do Convento da Penha, em Vila Velha (ES), foi relatado por Jesus (2002). Aos 13 anos da aplicação dos tratamentos silviculturais, notou-se que eles auxiliaram os processos dinâmicos da floresta, proporcionando principalmente um aumento na regeneração natural e no recrutamento de indivíduos (Tabela 1 e Figura 4).

Tabela 1 – Densidade e área basal na restauração de um fragmento florestal, em Vila Velha (ES), para plantas com DAP (diâmetro à altura de 1,30 m do solo) maior ou igual a 5 cm, sem e com enriquecimento.

Períodos	Densidade (n/ha) ¹	Área Basal (m ² /ha)
Antes das interferências	585,0	12,22
Após 13 anos s/ enriq.	990,0	21,19
Após 13 anos c/ enriq.	1.742,5	29,46

¹ Número de árvores

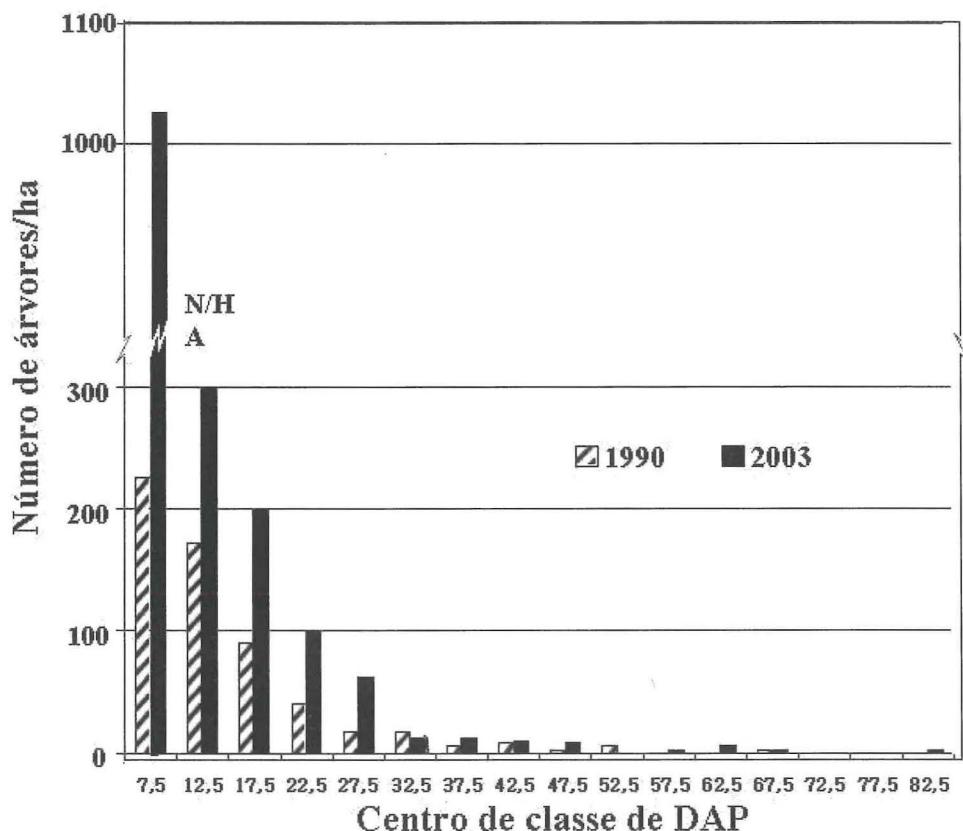


Figura 4. Distribuição dos diâmetros das árvores na Mata do Convento da Penha, Vila Velha (ES), antes (1990) e 13 anos após a execução do Projeto de Restauração.

As espécies que se mostraram mais promissoras para enriquecimento foram *Spondias lutea*, *Johannesia princeps*, *Cordia trichotoma*, *Schizolobium parahyba*, *Spondias macrocarpa*, *Senna multijuga*, *Albizia polycarpa*, *Spondias venulosa* e *Gallesia integrifolia*. O recrutamento de indivíduos fica evidenciado na distribuição diamétrica apresentada na Figura 4. Ela mostra que os resultados são promissores e indica que, dependendo do nível de degradação, há a possibilidade de se dispensar o enriquecimento e conseguir a recuperação da diversidade no fragmento, apenas com determinados tratamentos silviculturais e com custos menores.

Objetivando a restauração ecosistêmica, um experimento foi implantado num fragmento de 26 hectares que havia sido submetido a corte seletivo na década de 60, na Reserva Natural da Vale do Rio Doce (Jesus & Rolim, 2002b). Nesse experimento, instalado em 1995, não foi aplicado o enriquecimento florestal, mas apenas o corte dos cipós. Os resultados até 2003 mostram nítido acréscimo na riqueza de espécies e

na densidade de plântulas (Tabela 2). O tempo de observação ainda é considerado curto para evidenciar alterações na estrutura de classes de tamanho maiores. Os aumentos observados não são semelhantes aos obtidos com o enriquecimento, mas os custos foram menores.

3.3.2 Restauração em macega ou pastagens degradadas

Um estudo sobre a restauração em macega ou pastagem degradada foi implantado numa propriedade agrícola localizada no Município de Jaguarié (ES), onde a atividade básica é a cafeicultura irrigada. Considerando as condições da área, a revegetação foi baseada num consórcio de leguminosas com espécies do ecossistema regional, numa densidade de 2.000 mudas por hectare, sendo 40% de espécies leguminosas. Não houve calagem e a adubação foi de 200 g de superfosfato simples por cova. Após ter sido instruído sobre os procedimentos, o proprietário conduziu todas as etapas projetadas nessa restauração. As Figuras 5 e 6 ilustram este caso.

Tabela 2. Variação de parâmetros indicativos de restauração em fragmento florestal, em 8 anos, para plantas com altura inferior a 30 cm.

Parâmetro	1995	1997	1999	2001	2003
Número de Espécies	50	42	96	76	100
Índice de Shannon H'	3,2	2,6	3,7	3,7	4,0
Densidade (n/ha)	5.542	7.292	22.292	21.125	21.833

n= n.º de plantas

Em outro estudo de restauração, feito em Aimorés (MG), na Fazenda Bulcão, procedeu-se ao plantio de leguminosas florestais numa densidade de 2.000 mudas/ha, após uma calagem com calcáreo dolomítico (2 ton/ha) e uma adubação de 200 g/cova de superfosfato simples (Jesus & Rolim, 2002b). Inicialmente, as leguminosas apresentavam-se amarelecidas, mas com o passar do tempo, e certamente, pela fixação do nitrogênio atmosférico, o desempenho delas possibilitou a colonização da área. Atualmente, ela está sendo monitorada com o objetivo de identificar o momen-

to indicado para se efetivar outros tratamentos silviculturais e o enriquecimento com espécies do ecossistema regional. (Figuras 7 e 8)

3.3.3 Reversão de florestas monodominantes

Rolim & Jesus (2002) relatam trabalho de restauração de uma floresta monodominante de Aroeira do sertão (*Myracrodon urundeuva* Fr. All.), com 94,5% de valor de cobertura. Nela, apenas uma outra espécie, *Peltophorium dubium* (Spreng.) Taub, ocorreu associada com 5,5% do valor



Figuras 5 e 6. Pastagem degradada, ciliar a um curso d'água e na encosta de um morroote na Floresta Atlântica do norte do Estado do Espírito Santo; vista da mesma área três anos após o início da restauração. A seta indica uma árvore como o referencial para os dois momentos da área (N.E.).



Figuras 7 e 8. Área com pastagem degradada antes do inicio dos trabalhos de restauração e dois anos após a implantação da recuperação inicial com leguminosas arbóreas.

de cobertura. As técnicas empregadas nessa recuperação foram: o controle das plantas invasoras e das formigas cortadeiras; um desbaste seletivo nos indivíduos de aroeira (procurando deixar um espaçamento inicial próximo de 5 x 5 m entre indivíduos); uma desbrota nas plantas remanescentes; desrama nos fustes deixados; enriquecimento com espécies pioneiras, secundárias e climáticas do ecossistema regional, numa densidade de 625 mudas / ha, usando-se pelo menos 30 espécies / ha e adubação de 200 g de superfosfato simples por cova.

Alguns autores relatam que florestas de *Pinus* sp. podem dificultar o estabelecimento da regeneração natural (Britez & Silva, 1992 e Poggiani & Simões, 1993). Em Timbopeba (MG), Jesus & Rolim (2002a) também diagnosticaram situação semelhante. Nesse local a recuperação de uma área estéril de mina havia sido realizada com o plantio de *Pinus caribaea*,

Brachiaria decumbens e *Molinis minutiflora*. Para essa restauração os autores decidiram não remover as espécies plantadas por elas estarem, de alguma forma, promovendo o controle da erosão nos taludes. Projeteram uma roçada manual seletiva, a cada dois meses, visando controlar o crescimento das gramíneas, sem expor o solo à erosão. Planejaram também desramas por três anos consecutivos, até dois metros de altura em todos os indivíduos de *Pinus* que tinham mais de três metros de altura, objetivando aumentar a intensidade de luz e com isso favorecer a germinação de maior número de espécies desejáveis. A partir do quarto ou quinto ano, dependendo da evolução do trabalho de condução, sugeriram o anelamento das árvores de *Pinus*, sob as quais a regeneração estivesse ocorrendo de forma satisfatória. Dada a proximidade de um fragmento florestal, optaram, ainda, pela condução da regeneração natural sem enriquecimento. As Figuras 9 e 10 ilustram este caso.



Figuras 9 e 10. A primeira figura apresenta aspecto da área de Timbopeba (MG) quando da primeira aplicação dos tratamentos silviculturais. A outra mostra vista do local 18 meses após os tratamentos, podendo-se já constatar uma maior ocorrência da regeneração natural.

3.4 Tendências na metodologia de recuperação de áreas degradadas

As principais tendências atuais em recuperação de áreas degradadas são dirigidas para a seleção de espécies, modelos de plantio em consórcio e pesquisas para a redução de custos. Os modelos atuais são fundamentados principalmente em consórcio de espécies (Nogueira, 1977; Macedo, 1993; Jesus, 1994; Rodrigues & Gandolfi, 1998; Kageyama & Gandara, 2000; Barbosa, 2000; Joly et al., 2000). Esses modelos continuam promissores, constituindo a base da recuperação de áreas degradadas na região tropical. Outro modelo que tem sido proposto é o de "ilhas de diversidade" (Guevara et al., 1986; Kolb, 1993), que é interessante do ponto de vista de redução de custos, mas com evolução sucessional lenta, pois inicia-se pela formação de ilhas dentro das áreas degradadas que são colonizadas paulatinamente.

Uma técnica promissora, mas pouco utilizada nos trópicos, é a da semeadura direta. Vários autores têm recomendado sua utilização, dado o baixo custo e minimização dos problemas de aclimatação das espécies (FAO, 1971; Barbosa et al., 1992; Ng, 1996; Parrotta & Knowles, 1999). A principal diferença entre a recuperação de áreas degradadas por sementes e com mudas é a baixa sobrevivência na semeadura direta que, segundo Camargo et al. (2002) pode ser superada com uma quantidade maior de sementes ou de sementes mais vigorosas.

Comparando vários parâmetros

estruturais, Parrotta & Knowles (1999) demonstram que não existe diferença significativa entre a semeadura direta e o plantio consorciado de mudas de diferentes espécies na Amazônia. Em Manaus, Camargo et al. (2002) testaram a semeadura de 11 espécies arbóreas amazônicas, em quatro sítios distintos: floresta primária, floresta secundária, pasto e solo nu. As melhores germinações em solo nu foram de: *Cariniana micrantha* (70%), *Parkia pendula* (65%), *Dinizia excelsa* (59%), *Buchenavia grandis* (58%), *Simarouba amara* (63%) e *Jacaranda copaia* (20%). As maiores porcentagens de germinação foram observadas em sítios mais alterados (pasto e solo nu, com 23 e 33% de germinação, respectivamente), provavelmente por causa da menor competição, predação e herbivoria.

Na Mata Atlântica, a técnica de semeadura direta, via aérea, foi utilizada na recuperação de trechos da Serra do Mar, conforme relata o capítulo 7 deste livro. Um caso de mata ciliar é apresentado por Barbosa et al. (1992). Para superar a competição inicial e a predação pode ser necessária uma quantidade de 200.000 sementes / ha, com viabilidade superior a 50%. Experimentos com semeadura direta foram recentemente instalados em área de pesquisa com pastagem, na RNRD. Neles utilizaram-se 30 espécies arbóreas da Mata Atlântica submetidas a tratamentos com e sem herbicida, com e sem queima do pasto, com e sem capina, além da testemunha, visando determinar a sua eficiência. Mas os resultados ainda são indefinidos.

4. Considerações finais

Não se pretendeu apresentar todos os procedimentos para a restauração em diferentes situações de áreas degradadas. Procurou-se apenas ilustrar tipos e situações de áreas degradadas que podem ocorrer, para que pessoas interessadas no assunto possam, com a ajuda do bom senso, planejar e executar projetos de restauração. Assim, foram apresentadas diferentes técnicas mostrando que a diversidade de espécies já não é problema crucial, em algumas regiões.

Provavelmente, o custo de implantação será o principal entrave a ser resolvido nos próximos anos para se popularizar a prática da restauração e torná-la acessível ao pequeno produtor. No atual contexto, imaginação, disposição e ação são as palavras de ordem. A restauração, antes de ser desafio técnico-científico, é uma questão de adversidade cultural, pois em determinadas condições apenas o fazer constitui o impedimento inicial.

Referências Bibliográficas

ALCOFORADO FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Botanica Brasiliensis*, Brasília, v. 17, n. 2, p. 287-303, 2003.

ARAÚJO, E. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Composição florística e fitossociológica de três áreas de caatinga. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 55, n. 4, p. 595-607, 1995.

ARAÚJO, F. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; FERNANDES, A. G. Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente - CE. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 15-26, 1998a.

ARAÚJO, F. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.; FIGUEIREDO, M. A. Organização comunitária do componente lenhoso de três áreas de carrasco em Nova Oriente - CE. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 85-95, 1998b.

BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O banco de sementes de um trecho de floresta atlântica montana (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 319-328, 1999.

BARBOSA, J. M.; BARBOSA, L. M.; SILVA, T. S.; GATUZZO, E. H.; FREIRE, R. M. Capacidade de estabelecimento de indivíduos de espécies da sucessão secundária a partir de sementes em sub-bosque de uma mata ciliar degradada do Rio Mogi-Guaçu / SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Universidade Federal do Paraná: FUPEF, 1992. p. 400-406.

BARBOSA, L. M. Considerações gerais sobre modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.

(Ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP: FA-PESP, 2000. p. 289-312.

BARBOSA, L. M.; MARTINS, S. E. **Diversificando o reflorestamento no Estado de São Paulo**: espécies disponíveis por região e ecossistema. São Paulo: Instituto de Botânica, 2003. 64 p.

BRADSHAW, A. D. Underlying principles of restoration. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 53, n. 1, p. 3-9, 1996.

BRADSHAW, A. D. Introduction and philosophy. In: PERROW, M. R.; DAVY, A. J. (Ed.). **Handbook of ecological restoration**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. p. 3-9.

BRINKMANN, W. L. F.; VIEIRA, A. N. The effect of burning on germination of seeds at different soil depths of various tropical tree species. **Turrialba**, San Jose, v. 21, n. 1, p. 77-82, 1971.

BRITEZ, R. M.; SILVA, S. M. Avaliação da regeneração natural em reflorestamentos experimentais da Petrolix, São Mateus do Sul / PR. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná: FUPEF, 1992. p. 253-263.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional progress. **Turrialba**, San Jose, v. 15, p. 40-42, 1965.

CAIRNS, J. Increasing diversity by restoring damaged ecosystems. In: WILSON, E. O. (Ed.). **Biodiversity**.

Washington: National Academic Press, 1988. p. 333-334.

CAMARGO, J. L. P.; FERRAZ, I. D. K.; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, Malden, v. 10, n. 4, p. 636-644, 2002.

CAMPOLLO, E. F. C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 183-196.

CASTELETI, C. H. M.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Quanto ainda resta da caatinga?: uma estimativa preliminar. In: SEMINÁRIO [DE] BIODIVERSIDADE DA CAATINGA: Avaliação e Identificação de Ações Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade do Bioma Caatinga, 2000, Petrolina. **Documentos Temáticos**. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/relatorios/quanto_resta.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2003.

COCHRANE, M. A.; ALENCAR, A.; SCHULZE, M. D.; SOUZA JUNIOR, C. M.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. **Science**, Washington, v. 284, p. 1832-1835, 1999.

CONDIT, R.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Changes in tree species

abundance in a neotropical forest: impact of climate change. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, p. 231-256, 1996.

CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NA-EEM, S.; O'NEILL, R.; PARUELO, J.; RASKIN, R.; SUTTON, P.; BELT, M. van den. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, v. 387, p. 253-260, 1997.

CORRÊA, R. S. **Aspectos vegetacionais e edáficos de uma área de desaterro no cerrado sobre latossolo vermelho-escuro**. 1995. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília.

DAMBRÓS, F. A.; FREIRE, E. C. O avanço nos babaçuais nas regiões norte e extremo norte do Estado do Tocantins - Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte. **Forest 96**: volume de resumos. Rio de Janeiro: Biosfera, 1996. p. 38

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AOS RECURSOS FLORESTAIS. Áreas florestais averbadas, licenciadas, recuperadas, compromissadas e madeira escoada, Estado de São Paulo, 2002. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 6, n. 15, p. 45, 2003.

DISLICH, R.; KISSER, N.; PIVELLO, V. R. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. **Revis-**

ta Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 55-64, 2002.

DÖBEREINER, J. Nodulação e fixação de nitrogênio em leguminosas florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, s/n, p. 83-90, 1984.

DOMINGOS, M.; KLUMPP, A.; KLUMPP, G. Air pollution impact on the Atlantic forest in the Cubatão region, SP, Brazil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 50, p. 230-236, 1998.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. In: SEMINÁRIO [DE] BIODIVERSIDADE DA CAATINGA: Avaliação e Identificação de Ações Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade do Bioma Caatinga, 2000, Petrolina. **Documentos Temáticos**. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/relatorios/uso_sustentavel.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2003.

FAO. **National Forestry School, Curitiba - Brazil**: silvicultural research in the Amazon. Rome, 1971. 192 p. (FAO: SF/BRA4. Technical Report, 3).

FOX, B. J.; TAYLOR, J. F., FOX, M. D.; WILLIAMS, C. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. **Biological Conservation**, Essex, v. 82, p. 1-13, 1997.

FRANCISCO, M. R.; GALETTI, M. Aves como potenciais dispersoras de se-

mentes de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 11-17, 2002.

FRANCO, A. A.; CAMPOLLO, E. F. C.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Revegetação de áreas mineradas de bauxita em Porto Trombetas, PA, com leguminosas arbóreas noduladas e micorizadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Recuperação de Áreas Degradadas**: anais. Curitiba: FUPEF, 1994. p. 145-153.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 1995-2000: relatório final. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. 46 p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995**: relatório nacional... São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Instituto Socioambiental, 1998. 54 p.

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (Ed.). **Ecology of soil seed banks**. San Diego: Academic Press, 1989. p. 149-209.

GISLER, C. V. T. **O uso da serapi-lheira na recomposição da cobertura vegetal em áreas mineradas de**

bauxita, Poços de Caldas, MG. 147 f. 1995. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, USP, São Paulo.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, n. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. M.; VAZ, L. M. S.; AMARAL, T. M.; POGGIANI, F. Apli-cabilidade de biossólido em planta-ções florestais: II efeito na fertilida-de do solo, nutrição e crescimento das árvores. In: BETTIOL, W.; CA-MARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambi-ental do uso agrícola do lodo de es-goto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Am-biente, 2000. p. 179-195.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, E. L.; JUCKS-CH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Re-vista Saneamento Ambiental**, São Paulo, v. 37, p. 28-37, 1996.

GUEVARA, S.; PURATA, S. E.; VAN DER MAAREL, E. The role of remnant forest trees in tropical secondary suc-cession. **Vegetatio**: Acta Geobotani-ca, The Hague, v. 66, p. 77-84, 1986.

HOLL, K. D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in aban-doned pasture: seed rain, seed germi-nation, microclimate, and soil. **Bio-tropica**, Washington, v. 31, n. 2, p. 229-242, 1999.

IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília, 1990. 96 p.

INPE. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite 1998-1999. São José dos Campos, 2000. 22 p.

JESUS, R. M. Revegetação: da teoria à prática: técnicas de Implantação. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Recuperação de Áreas Degradadas:** anais. Curitiba: FUPEF, 1994. p. 123-134.

JESUS, R. M. Restauração florestal na Mata Atlântica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERACAO DE AREAS DEGRADADAS, 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SOBRADE, 1997. p. 544-557.

JESUS, R. M. Restauração de um fragmento florestal na Mata Atlântica: uma avaliação no 11º ano. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 89-104.

JESUS, R. M.; ROLIM, S. G. Diagnóstico da vegetação e indução da regeneração natural sob um plantio de pinus em Ouro Preto (MG). In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, 2002a. p. 147-149.

JESUS, R. M.; ROLIM, S. G. **Efeito do corte de cipós na estrutura de uma floresta explorada.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2002b. 85 p. Relatório Técnico para a Companhia Vale do Rio Doce. Não publicado.

JESUS, R. M.; ROLIM, S. G. **Reabilitação de áreas degradadas na RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés (MG).** Em elaboração.

JOLY, C. A.; SPIGOLON, J. R.; LIEBERG, S. A.; SALIS, S. M. de; AIDAR, M. P. M.; METZGER, J. P. W.; ZICKEL, C. S.; LOBO, P. C.; SHIMABUKURO, M. T.; MARQUES, M. C. M.; SALINO, A. Projeto Jacaré-Pepira: desenvolvimento de um modelo de recomposição da mata ciliar com base na florística regional. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2000. p. 271-287.

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

KLUMPP, A.; KLUMPP, G.; DOMINGOS, M.; SILVA, M. D. Fluoride impact on native tree species of the Atlantic Forest near Cubatão, Brazil. **Water, Air and Soil Pollution:** an International Journal of Environmental Pollution, Dordrecht, v. 87, p. 57-71, 1996.

KNAPPER, C. F. U.; BACELLAR, M. A. S.; SANTOS, F. I. Considerações preliminares sobre o efeito da aplicação de diferentes meios de cultura de *E. foetida* em áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: SOBRADE, Universidade Federal de Viçosa, 1997, p. 240-244.

KOLB, S. R. **Island of secondary vegetation in degraded pastures of Brazil: their role in reestablishing Atlantic coastal forest.** 1993. 127 f. Ph.D. Thesis - University of Georgia, Athens.

LAURANCE, W. F. A crisis in the making: responses of Amazonian forests to land use and climate change. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 13, p. 411-415, 1998.

LEWIS, R. R. Wetlands restoration/creation/enhancement terminology: suggestions for standardization. In: KUSLER, J. A.; KENTULA, M. E. (Ed.). **Wetland creation and restoration: the status of the science.** Washington: Island Press, 1990. p. 417-422.

LIEBERMAN, M.; LIEBERMAN, D.; HARTSHORN, G. S.; PERALTA, R. Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 73, p. 505-516, 1985.

LIMA, D. de A. Vegetação. In: LINS, R. C. **Bacia do Parnaíba:** aspectos fisiográficos. Recife. Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1978. p. 123-135. (Série Estudos e Pesquisas, 9).

MACEDO, A. C. **Revegetação:** matas ciliares e de proteção. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 27 p.

MACK, M. C.; D'ANTONIO, C. M. Impacts of biological invasions on disturbance regimes. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 13, p. 195-198, 1998.

MANOKARAM, N.; KOCHUMMEN, K. M. Recruitment, growth and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, p. 315-330, 1987.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; ROBLES GIL, P.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots:** earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mexico: CEMEX, 1999. 430 p.

NASCIMENTO, H. E. M.; DIAS, A. S.; TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 329-342, 1999.

NASCIMENTO, M. T.; CUNHA, C. N. da. Estrutura e composição florística e estrutural de um cambarazal no Pantanal de Poconé-MT. **Acta Botânica Brasilica**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 3-23, 1989.

NASCIMENTO, M. T.; JOSÉ, D. V. O cambarazal no Pantanal de Mato Grosso. **Boletim FBCN**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 116-123, 1986.

NEPSTAD, D. C.; UHL, C.; SERRÃO, E. A. S. Recuperation of a degraded amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. **Ambio: Journal of the Human Environment Research and Management**, Stockholm, v. 20, n. 6, p. 248-255, 1991.

NEPSTAD, D.C.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.;

LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, London, v. 398, p. 505-508, 1999.

NG, F. S. P. High quality planting stock-has research made a difference? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RECENT ADVANCES IN TROPICAL TREE SEED TECHNOLOGY AND PLANTING STOCK PRODUCTION, 1996, Saraburi. **Proceedings...** Saraburi: ASEAN Forest Tree Seed Center, 1996. p. 3-13. Editado por A. C Yapa.

NOGUEIRA, J. C. B. Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas. **Boletim Técnico. Instituto Florestal**, São Paulo, v. 24, p. 1-71, 1977.

PARROTTA, J. A.; KNOWLES, O. H. Restoration of tropical moist forests on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. **Restoration Ecology**, Malden, v. 7, p. 103-116, 1999.

PEDRALLI, G.; TEIXEIRA, M. C. B.; NUNES, Y. R. Estudos sinecológicos sobre a candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip.) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSIS-TEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte. **Forest 96**: volume de resumos. Rio de Janeiro: Biosfera, 1996. p. 117-118.

PEREIRA, A. P.; PEREIRA, M. C. Uma sugestão de manejo experimental do babaçu para o Estado do Maranhão.

Silvicultura em São Paulo, São Paulo, v. 16-A, pt. 2, p. 1168-1174, 1982.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M; LOPES, L.; BLOOMFIELD, V. K. Análise do desenvolvimento de espécies arbóreas da mata atlântica em sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas em encosta, no entorno do Parque Estadual do Desengano (RJ). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: SOBRADE, Universidade Federal de Viçosa, 1997, p. 283-291.

POGGIANI, F.; SIMÓES, J. W. Influência das espécies usadas no reflorestamento e da proximidade de um fragmento florestal na regeneração do sub-bosque em áreas degradadas pela mineração. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERI-CANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado: anais**. São Paulo: SBS: SBEF, 1993. v. 1, p. 50-54.

POMPÉIA, S. L. Efeitos da poluição atmosférica na floresta tropical e seus reflexos na conservação dos solos na Serra do Mar, em Cubatão (SP). In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos: Sociedade Brasileira de Recuperação de áreas Degradadas, 1998. p. 217-233.

PRANCE, G. T.; SCHALLER, G. B. Preliminary study of some vegetation

types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Brittonia**: a Series of Botanical Papers, New York, v. 34, n. 2, p. 228-251, 1982.

PRIMACK, R. B.; HALL, P. Biodiversity and forest change in Malaysian Borneo. **Bioscience**, Washington, v. 42, n. 11, p. 829-837, 1992.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1984. 541 p.

PUERTA, R. Regeneração arbórea em pastagens abandonadas na região de Manaus em função da distância da floresta contínua. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 32-39, 2002.

PUTZ, F. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. **Ecology**, Durham, v. 65, p. 1713-1724, 1984.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M.; MELO, A. L. Composição florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia, no município de Ibirim, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 14-29, 1999.

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

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L. E.;

MELLO, J. W. V. de (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos: Sociedade Brasileira de Recuperação de áreas Degradadas, 1998. p. 203-215.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M. Fluctuaciones temporales en la composición florística del bosque tropical atlántico. **Biotropica**, Washington, v. 33, p. 12-22, 2001.

ROLIM, S. G.; JESUS, R. M. Análise de uma floresta monodominante de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) na RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés (MG), visando a sua restauração. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 155-157.

ROSSI, L. A flora arbóreo-arbustiva da mata da Reserva da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, v. 9, p. 1-105, 1994.

SÁ, I. B.; CORRÊA, R. C.; SOUZA, R. A.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. Bioma caatinga: fatores abióticos. In: SEMINÁRIO [DE] BIODIVERSIDADE DA CAATINGA: Avaliação e Identificação de Ações Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade do Bioma Caatinga, 2000, Petrolina. **Documentos Temáticos**. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/relatorios/fatores_abioticos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2003.

SANTOS, M. F. A. V.; RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Semelhanças vegetacionais em sete solos de caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 305-314, 1992.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future of flora of the Atlantic Forest of Northeast Brazil. **Nature**, London, v. 404, p. 72-74, 2000.

SILVA, L. C.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, E. A. M.; OLIVA, M. A. Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 385-393, 2000.

SILVA FILHO, N. L. **Regeneração natural e plantio de Brachiaria brizantha (Hochst. ex A. rich.) Stapf e espécies nativas herbáceas em áreas deslizadas da Serra do Mar, Cubatão (SP)**. 1991. 183 f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Piracicaba.

SOARES, M. L. G. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 503-515, 1999.

SRIVASTAVA, P. B. L.; KEONG, G. B.; MUKTAR, A. Role of *Acrostichum* species in natural regeneration of *Rhizophora* species in Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 28, p. 274-288, 1987.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma floresta Atlan-

tica montana. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 251-261, 1999a.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo - Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 239-250, 1999b.

TILMAN, D. **Resource competition and community structure**. Princeton: Princeton University Press, 1982. 296 p. (Monographs in Population Biology, 17).

TILMAN, D.; DODD, M. E.; SILVERTOWN, J.; POULTON, P. R.; JOHNSTON, A. E.; CRAWLEY, M. J. The Park Grass experiment: insights from the most long-term ecological study. In: LEIGH, R. A.; JOHNSTON, A. E. (Ed.). **Long-term experiments in agricultural and ecological sciences**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 287-303.

TILMAN, D.; LEHMAN, C. Human-caused environmental change: impacts on plant diversity and evolution. **Proceedings of the National Academy of Science**, Washington, v. 98, n. 10, p. 5433-5440, 2001.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E. A. S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 76, p. 663-681, 1988.

UHL, C.; CLARK, H.; CLARK, K.; Maquirino, P. Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. **Biotrop-**

pica, Washington, v. 14, p. 249-254, 1982.

VASCONCELOS, A. N.; SILVA, F. J. P.; VIVALDI, L.; SCARDUA, F. P.; RAMOS, F. A.; MONTEIRO, P. P. M.; MELLO, A. S. Projeto piloto de recuperação de uma cascalheira na estação ecológica do Jardim Botânico de Brasília. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: SOBRADE, Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 105-109.

VIANA, V. M. **Tópicos em ciências florestais**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 1990. 43 p. Não publicado.

VIEIRA, C. M.; PESSOA, S. V. A. Estrutura e composição florística do estrato herbáceo-subarbustivo de um pasto abandonado na Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, RJ. **Rodriguésia**: Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 52, n. 80, p. 17-30, 2001.

VIEIRA, I. C. G.; UHL, C.; NEPSTAD, D. The role of the shrub *Cordia mul-*

tispicata as a “sucession facilitator” in an abandoned pasture in Paragominas, Amazonia. **Vegetatio**: Acta Geobotanica, The Hague, v. 115, p. 91-99, 1994.

VITOUSEK, P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, Chicago, v. 119, p. 553-770, 1982.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human domination of earth's ecosystems. **Science**, Washington, v. 277, p. 494-499, 1997.

VUONO, Y. S.; LOPES, M. I. M. S.; DOMINGOS, M. Poluição atmosférica e elementos tóxicos na Reserva Biológica do Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 149-156, 1984.

WHITMORE, T. C. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: GÓMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. (Ed.). **Tropical rain forest**: regeneration and management. New York: Blackwell Publ., 1991. p. 67-89.

Capítulo 5

A RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA NO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ: OS TRABALHOS DA SPVS

André Rocha Ferretti¹
Ricardo Miranda de Britez²

Introdução

A Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) é uma organização não-governamental brasileira, sediada em Curitiba, capital do Estado do Paraná. Fundada em 1984, tem como desafio garantir a proteção de áreas nativas, reverter processos de degradação ambiental e buscar formas de desenvolvimento econômico compatíveis com a conservação da natureza. Tem suas ações focalizadas na proteção da Floresta Atlântica, na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, no litoral do Paraná, sul do Brasil.

Juntamente com outras atividades no campo da conservação ambiental, a SPVS desenvolve na APA de Guaraqueçaba três projetos de combate ao aquecimento global. Essas iniciativas visam contribuir para o cumprimento dos objetivos de combate ao aquecimento global da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e, também, estão inseridas no contexto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) – instrumento previsto no Protocolo de Kyoto.

Previstos para desenvolvimento ao longo de 40 anos, os projetos de

¹ Engenheiro Florestal, Mestre, Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental - SPVS, Rua Gutemberg 296 Batel, 80420-030, Curitiba, PR. itaqui@spvs.org.br

² Biólogo, Doutor, Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental - SPVS, Rua Gutemberg 296 - Batel, 80420-030, Curitiba, PR. cachoeira@spvs.org.br

ação contra o aquecimento global executados pela SPVS têm como objetivo retirar carbono da atmosfera e armazená-lo em áreas de Floresta Atlântica a serem restauradas. Vissam, ainda, evitar a emissão de carbono provenientes de áreas florestais protegidas com a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), além de proteger a biodiversidade e serem modelos para alternativas de geração de renda para as comunidades que vivem na sua área de influência.

A SPVS tem como principal parceira umas das mais importantes entidades conservacionistas do mundo, a "The Nature Conservancy", que presta assessoria técnica no planejamento e execução de ações dos projetos.

As atividades de restauração ambiental iniciaram-se em 1996 com um projeto de pequena escala, de caráter experimental e demonstrativo, financiado pelo PD/A – Kfw. Ele propunha fazer experimentos com restauração da mata ciliar à margem do rio Cachoeira. Com recursos desse projeto foi construído um viveiro para produção de mudas em sacos plásticos. Em três anos foram produzidas 15 mil mudas de cerca de 70 espécies nativas. Os experimentos foram bem sucedidos e constituíram a base para a definição das espécies e o desenvolvimento das técnicas de coleta de sementes e produção de mudas no viveiro. Esse projeto contou com a parceria da *Embrapa Florestas*, IAPAR e AOPA. Com o início dos projetos de Ação Contra o Aquecimento Global, pela SPVS, as ativi-

dades de restauração foram replanejadas e intensificadas.

O programa de restauração utiliza o conhecimento das características ambientais, da área a ser trabalhada, para a definição das espécies e das técnicas de plantio. Ele tem como base os processos naturais de sucessão de cada ambiente, que são monitorados em relação ao incremento em biomassa e biodiversidade.

1. As características ambientais nas áreas da SPVS

A SPVS possui três reservas florestais no litoral do Paraná: Reserva Natural Morro da Mina; Reserva Natural do Cachoeira e Reserva Natural Serra do Itaqui, localizadas nos municípios de Antonina e Guarapuava, no Estado do Paraná. Elas abrangem uma área total de cerca de 18 mil hectares de Floresta Atlântica (Figura 1). Essas reservas estão situadas numa região que compre-

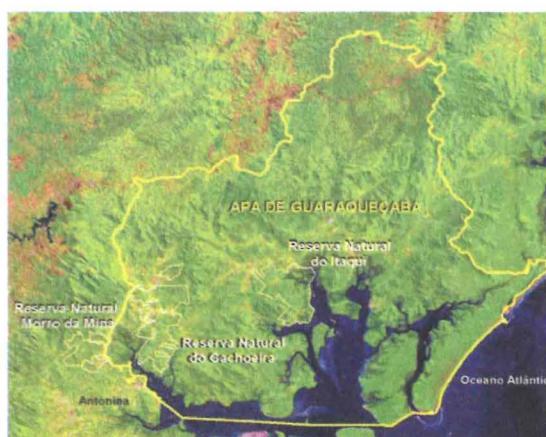


Figura 1. Imagem de satélite do litoral do Paraná, localizando a APA de Guarapuava e as três reservas da SPVS na região.

ende porção da encosta da Serra do Mar e estende-se por planícies de inundação de rios, como o Cachoeira, Borrachudo e o Tagaçaba, chegando até a baía de Paranaguá. Basicamente, as diferenças entre as formações da vegetação são ocasionadas por fatores físicos como diferentes feições geológicas, pedológicas e relevo, que interagem formando diversos compartimentos geomorfológicos.

Para melhor compreensão do ambiente e para o planejamento das atividades de manejo e restauração florestal nas reservas, procedeu-se a compartimentação das áreas em dois grandes ambientes: (I) Ambiente de Encosta, onde se encontra a Floresta Ombrófila Densa Submontana, assim como a vegetação secundária em diferentes estádios sucessionais, em Cambissolos, Argissolos e os Neossolos Litólicos; (II) Ambiente de Planície, onde se desenvolvem as Formações Pioneiras de Influência Fluviomarinha (Neossolos Flúvio-distrófico e sódico), Formações Pioneiras de Influência Fluvial (Neossolos Flúvio-distrófico e sódico, Gleissolo Háplico e Melânico e Cambissolo Gleico), Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Neossolo Fluvico distrófico e sódico), Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Cambissolo Gleico, Gleissolo Háplico e Melânico), além das formações secundárias associadas.

A vegetação nas áreas onde se realizam os trabalhos da SPVS é descrita a seguir de acordo com o sistema de classificação da vegetação brasileira adotado pelo IBGE (1992). Na

planície litorânea ocorrem as seguintes tipologias de vegetação: Formação Pioneira de Influência Flúvio-Marinha (manguezais), com comunidades herbáceas e arbóreas; Formações Pioneiras de Influência Fluvial e Marinha; Floresta Ombrófila Densa Aluvial; Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e as formações secundárias em diferentes estádios sucessionais (inicial, médio e avançado). No ambiente de encosta, dentro do sistema primário, encontra-se a Floresta Ombrófila Densa Submontana que ocupa as encostas a partir da planície litorânea numa faixa de altitude de 20 a 600 metros. No sistema secundário, também, ocorrem as formações secundárias em diferentes estádios sucessionais (inicial, médio e avançado), com composição florística e estrutura diferente das que ocorrem na planície.

No levantamento da flora das reservas, que está em andamento, foram registrados até o momento 828 espécies botânicas distribuídas em 159 famílias. Para cada uma dessas espécies registram-se as formações vegetais onde elas ocorrem. Todo o material botânico coletado é encaminhado para registro no herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná.

2. Programa de Restauração

Os trabalhos de restauração compreendem mais de 2 mil hectares de áreas degradadas (pastagens de búfalos asiáticos e formações vegetais em estádio inicial de suces-

são) situadas nas reservas da SPVS. Para a execução do programa foram definidas três estratégias básicas: plantio de mudas em áreas abertas, plantio de enriquecimento em capoeiras e acompanhamento da regeneração natural assistida em áreas plantadas e não plantadas. Nas áreas do empreendimento são avaliados o estoque e o incremento da biomassa, assim como a diversidade de espécies arbóreas da regeneração natural (áreas com plantios de mudas e assistidas).

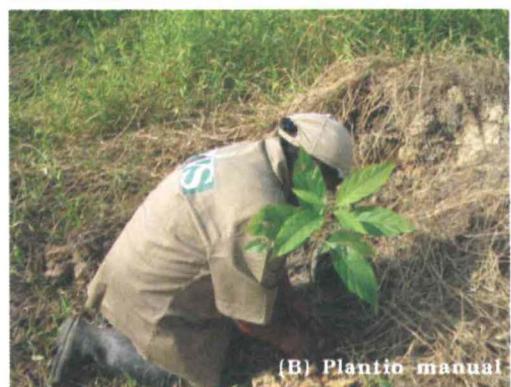
2.1 Mapeamento das áreas a serem plantadas.

A base cartográfica das áreas a serem plantadas utiliza ortofotos na escala 1:5.000 e mapa planialtimétrico de vegetação e de solos na escala 1:25.000. A partir dela são separadas todas as áreas de pastagem, delimitando-se as áreas onde serão empregados os métodos de restauração adotados. Para tanto, consideram-se aspectos como acesso, declividade do terreno, tipo de solo, presença de cursos d'água, grau de umidade do solo (período que permanece encharcado) e a regeneração natural existente. No campo, delimitam-se diretamente na ortofoto as áreas onde será feito o plantio mecanizado (Figura 2A), plantio manual (Figura 2B), ou plantio direto de estacas no campo (Figura 2C), e áreas destinadas ao estabelecimento da regeneração natural (Figura 2D).

Figura 2. Técnicas de plantio utilizadas nos empreendimentos da SPVS.



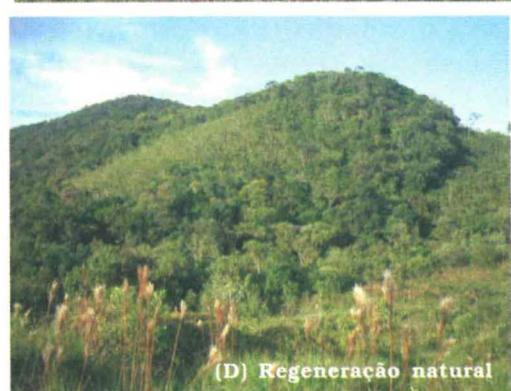
(A) Plantio mecanizado



(B) Plantio manual



(C) Plantio direto com estacas no campo



(D) Regeneração natural

As áreas a serem mecanizadas são definidas e delimitadas nas ortofotos de acordo com a possibilidade de acesso do trator à área a ser plantada (presença de estradas e pontes) e à dificuldade operacional de mecanização em locais muito íngremes. Considera-se, ainda, a susceptibilidade à erosão, a existência de regeneração natural (capoeira), o teor de umidade do solo e a infestação da espécie exótica *Brachiaria mutica* (brachiária). Essa gramínea aglomera-se nos implementos acoplados ao trator, impedindo o seu bom funcionamento.

O plantio manual é feito nas áreas sem possibilidade de mecanização, principalmente onde há a infestação com brachiária e nas encostas com maior declividade. Os solos que permanecem úmidos ou encharcados na maior parte do ano são delimitados como áreas para plantio direto de estacas. As pastagens abandonadas e onde se estabelece espontaneamente vegetação densa e com porte maior que 2 metros são destinadas à regeneração natural. Tal situação é relativa a solos que possuem uma maior resiliência e/ou maior tempo de abandono do uso da pastagem. Nas diferentes situações ambientais também são deixadas áreas testemunhas para efeito de comparação com as áreas plantadas.

As delimitações realizadas nas ortofotos são digitalizadas para a construção de um sistema de informações geográficas. Esse sistema reúne, em um banco de dados sobre a área trabalhada, informações registradas nas ortofotos e mapas. A ferramenta facilita o gerenciamento das atividades, produzindo automaticamente relatórios integrados pelo cruzamento das infor-

mações. Cada informação pode ser atualizada diariamente no sistema, gerando imediatamente novos relatórios.

2.2 Seleção de espécies para produção de mudas

Para a definição das espécies considera-se a sua ocorrência natural segundo o tipo de solo, estádio sucessional e densidade (Tabela 1). Essa informação é obtida pela análise dos dados coletados em parcelas amostrais permanentes, estabelecidas originalmente para estudos de incremento de biomassa. As parcelas são alocadas nos diferentes estádios sucessionais de cada uma das tipologias vegetais encontradas nas áreas do empreendimento. Recomendações de espécies florestais nativas para a recomposição de florestas ciliares, obtidas em Curcio et al. (2002) são, também, consideradas.

A partir desses dados são testadas as espécies promissoras que ocorrem em grande número em formações florestais em estádio sucessional inicial e médio. Também, é levado em consideração o comportamento silvicultural das espécies selecionadas, a partir de experimentos já realizados pela SPVS desde o ano de 1997, bem como a facilidade na produção de mudas em viveiro e seu desenvolvimento no campo.

Os valores elevados de densidade observados na Tabela 1 estão relacionados diretamente ao estádio sucessional e à estrutura da floresta. Nos estádios iniciais ocorrem poucas espécies, com grande número de indivíduos. No estádio sucessional médio já ocorre uma estratificação da floresta e as espécies de sub-bosque possuem alta densidade.

Tabela 1. Exemplo de dados coletados em parcelas permanentes, para a seleção de espécies, referentes a densidade (Arv/ha – número de árvores por hectare) em diferentes estádios sucessionais e tipos de solo.

Formação	Solo	Nome científico	Arv/ha
Estádio Inicial Arbóreo de Floresta Ombrófila Densa	Cambissolo	<i>Nectandra membranacea</i>	397,9
		<i>Platymiscium floribundum</i>	596,8
		<i>Tibouchina pulchra</i>	596,8
		<i>Cecropia pachystachya</i>	629,3
		<i>Myrsine venosa</i>	828,3
		<i>Casearia sylvestris</i>	4973,6
Estádio Inicial Arbóreo de Floresta Ombrófila Densa	Neossolo Litólico	<i>Matayba guianensis</i>	397,9
		<i>Psidium cattleianum</i>	397,9
		<i>Tibouchina pulchra</i>	414,1
		<i>Rollinia sericea</i>	430,4
		<i>Casearia sylvestris</i>	994,7
Estádio Médio Arbóreo de Floresta Ombrófila Densa	Cambissolo Gleico	<i>Pera glabrata</i>	1490,0
		<i>Psychotria nuda</i>	1591,5
Aluvial		<i>Casearia sylvestris</i>	1640,3
		<i>Andira anthelmintica</i>	2021,9
		<i>Rollinia sericea</i>	2038,0
		<i>Attalea dubia</i>	2387,3
		<i>Bathysa australis</i>	3000,4
Estádio Médio Arbóreo de Floresta Ombrófila Densa	Gleissolo Melânico	<i>Senna multijuga</i>	198,9
Aluvial		<i>Schizolobium parahybum</i>	206,9
		<i>Cupania oblongifolia</i>	239,4
		<i>Inga edulis</i>	263,9
		<i>Hyeronima alchorneoides</i>	312,6
		<i>Alchornea triplinervia</i>	413,8
		<i>Casearia sylvestris</i>	414,1

2.3 Produção de mudas no viveiro

A SPVS possui dois viveiros de produção de mudas de árvores nativas, com capacidade de produção anual de cerca de 310 mil mudas (Figuras 3A e 3B). Ambos estão localizados no município de Antonina – PR. O mais antigo, com capacidade para 250 mil mudas/ano, está instalado na Reserva Natural Morro da Mina. O mais recente, com produção anual de 60 mil mudas, localiza-se na Reserva Natural do Cachoeira. No segundo semestre de 1999 a produção de mudas do viveiro na Reserva Natural Morro da Mina era muito pequena, quase toda em sacos plásticos. Para suprir a maior demanda por mudas optou-se pela substituição de sacos plásticos por tubetes. Além de eles serem pequenos, leves e recicláveis, as mudas produzidas são fáceis de movimentar no viveiro e no transporte para as áreas de plantio. No mesmo local onde se produziam 10 mil mudas no sistema convencional com sacos plásticos, foi possível produzir 100 mil mudas em tubetes. O novo sistema também tornou todas as atividades de produção de mudas muito mais ágeis. Um funcionário, por exemplo, pode transportar facilmente uma bandeja de tubetes com 96 mudas.

Atualmente, cerca de 90% da produção de mudas dos viveiros é feita em tubetes de polipropileno com 50 cm³, do tipo tradicionalmente utilizado para produção de eucalipto. Para dar suporte aos tubetes são utilizadas bandejas plásticas com capacidade para 96 mudas (Figura 4). Nesse sistema as mudas são levadas para



Figura 3A. Viveiro da Reserva Natural Morro da Mina.



Figura 3B. Viveiro da Reserva Natural do Cachoeira.



Figura 4. Bandejas plásticas com capacidade para 96 tubetes de 50 cm³.

plantio no campo quando atingem altura de 20 a 30 cm. Esse tamanho é obtido em 3 a 4 meses, em média. Utiliza-se o substrato florestal que estiver disponível no mercado para produção de mudas em tubete. Cada saco de 55 litros é suficiente para o enchimento de aproximadamente 1.000 tubetes.

Uma pequena parte da produção do viveiro utiliza tubetes maiores, de 250 cm³, dispostos em bandejas metálicas com capacidade para 536 mudas. Os tubetes grandes são utilizados para semeadura direta de espécies com sementes de maior tamanho como o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*). Eles, também, permitem a produção de mudas de maior porte final (30 a 50 cm de altura), além de possibilitar a manutenção de mudas produzidas por mais tempo no viveiro.

Também é realizada a produção de mudas em sacos plásticos com as dimensões de 18 x 30 cm, visando produzir plantas de maior porte, cerca de 60 cm a 1,0 m de altura. Elas são indicadas para plantio em áreas infestadas por gramíneas agressivas como a *Brachiaria* spp.

No viveiro, utiliza-se preferencialmente a semeadura em canteiros para a maioria das espécies. A

semeadura direta nos tubetes é usada para espécies com sementes grandes e taxa de germinação elevada e regular como, por exemplo, o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e a jacaúva (*Citharexylum myrianthum*).

O canteiro de semeadura é apenas uma caixa de alvenaria com areia de granulometria média onde são semeadas, principalmente, as sementes pequenas e com taxa de germinação irregulares. A areia é utilizada como substrato por ser um material inerte, livre de contaminação por fungos e sementes de plantas invasoras. Periodicamente, a areia pode ser aquecida ao fogo para ser esterilizada. No caso de sementes muito pequenas, melhores resultados têm sido obtidos utilizando-se o mesmo tipo de substrato usado para tubetes no canteiro de semeadura. Como as sementes pequenas possuem pouca reserva nutricional, esse substrato auxilia o desenvolvimento das plântulas logo após a germinação. As plântulas produzidas em canteiro são transplantadas para tubetes após a emissão do primeiro par de folhas definitivas.

Na tabela 2 estão listadas as espécies mais utilizadas nos viveiros da SPVS, assim como informações sobre manejo das mudas no viveiro e em campo.

Tabela 2. Observações úteis sobre espécies utilizadas no programa de restauração florestal da SPVS.

NOME CIENTÍFICO	NOME REGIONAL	OBSERVAÇÕES
<i>Acnistrus arborescens</i>	Barrilheira	(1) e (2)
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá-grande	(1) e (2)
<i>Alchornea triplinervia</i>	Tapiá-miúdo	(1)
<i>Andira anthelmintica</i>	Jacarandá-lombriga	(1), desenvolvimento lento no viveiro e em campo
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata-de-vaca	(1)
<i>Campomanesia guavirova</i>	Guavirova	(1)
<i>Cecropia glaziovi</i>	Embaúba-vermelha	(1), desenvolvimento lento no viveiro mas rápido em campo
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba-branca	(1), desenvolvimento lento no viveiro mas rápido em campo
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	(1), atacado por brocas quando plantado em altas densidades
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Jacataúva	(1), (2), semeadura direta no tubete
<i>Erythrina speciosa</i>	Corticeira-do-banhado	(1) e (2)
<i>Euterpe edulis</i>	Palmiteiro-jussara	(1) e semeadura direta no campo
<i>Hyperonima alchorneoides</i>	Licurana	(1), dificuldade na germinação de sementes
<i>Inga cf. laurina</i>	Ingá-branco	(1), deve ser semeada imediatamente após a coleta
<i>Inga cf. sessilis</i>	Ingá-macaco	Idem anterior
<i>Inga edulis</i>	Ingá-vermelho	Idem anterior
<i>Inga marginata</i>	Ingá-feijão	Idem anterior, floresceu 30 meses após plantio
<i>Jacaranda puberula</i>	Caroba	(1), desenvolvimento lento em campo
<i>Jacaratia spinosa</i>	Jaracatiá	(1)
<i>Macraerium minutiflorum</i>	Sapuva	(1)
<i>Miconia cabucu</i>	Pixiricão	(1), não se desenvolve bem no viveiro
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	Jacatirão-de-copada	(1), não se desenvolve bem no viveiro

Tabela 2. Observações úteis sobre espécies utilizadas no programa de restauração florestal da SPVS. (continuação)

NOME CIENTÍFICO	NOME REGIONAL	OBSERVAÇÕES
<i>Mimosa bimucronata</i>	Marica	(1), floresceu 30 meses após plantio
<i>Myrcia insularis</i>	Jaguapiroca	(2)
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau-jacaré	(1)
<i>Psidium cattleianum</i>	Araçá-amarelo	(1), floresceu 18 meses após plantio
<i>Rapanea ferruginea</i>	Capororoca	(1), dificuldade na germinação de sementes
<i>Sapium glandulatum</i>	Leiteiro	(1) e (2), manuseio de frutos e estacas pode causar queimaduras (leite)
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu	(1), semeadura direta no tubete
<i>Senna multijuga</i>	Aleluia	(1), floresceu 30 meses após plantio
<i>Tabebuia cassinoides</i>	Caxeta	(1) e (2)

(1) Produção de mudas por sementes no viveiro.

(2) Plantio direto de estacas no campo.

2.4 Plantio de mudas

As reservas da SPVS estão inseridas no maior remanescente de Floresta Atlântica Costeira do Brasil. Apesar de ser a área de colonização mais antiga do Paraná, com uma ocupação de mais de 400 anos, é o local com maior cobertura vegetal nativa do Estado. Há poucas áreas de florestas primárias, sendo que a maior parte encontra-se nas encostas das montanhas. Geralmente, as planícies são utilizadas para atividades agropecuárias como cultivo de banana, arroz, gengibre e hortaliças, bem como para criação de búfalos asiáticos. As áreas degradadas estão concentradas, principalmente, no entorno das poucas estradas existentes e próximas a rios navegáveis.

Nesse contexto, a SPVS vem trabalhando com dois modelos diferentes de restauração descritos por Ferretti (2002): talhão facilitador com núcleos de diversidade entre ilhas de pioneiras e regeneração natural.

Protegem-se contra o fogo e o pastoreio os locais pouco degradados, com áreas até 10 hectares, próximos a fragmentos florestais. Estes irão abastecer as referidas áreas com a chuva de sementes. Assim, essas áreas deverão estar colonizadas por espécies pioneiras nativas em cerca de 10 anos. Periodicamente, é feito um monitoramento da regeneração

para avaliar a necessidade de plantios de enriquecimento em faixas ou ilhas de diversidade.

As pastagens mais extensas, degradadas e distantes de fragmentos florestais em bom estado de conservação, além de protegidas estão sendo restauradas pela implantação de talhões facilitadores com núcleo de diversidade entre ilhas de pioneiras. O método consiste no plantio de pequenas ilhas ou blocos de mudas de espécies pioneiras nativas, geralmente de 1.000 a 5.000 mudas cada, no entorno ou proximidade de um ou mais blocos chamados de núcleo de diversidade. Esse núcleo pode ser um fragmento florestal já existente na área a ser restaurada ou um bloco central plantado com mudas nativas de espécies pioneiras, secundárias e clímax, da região. Os plantios ocupam cerca de 30% da área total. O restante da área deverá ser restaurado a partir da regeneração natural, com sementes produzidas nas ilhas plantadas e dispersadas por animais e pelo vento. Esse método é detalhado por Ferretti (2002).

As operações de plantio dependendo do tipo de solo, relevo, acessos e histórico de degradação, são efetuadas manualmente ou com auxílio de máquinas e implementos. Em áreas de difícil acesso, encharcadas ou com relevo muito inclinado, onde não é possível a utilização do trator, são adotados os seguintes procedimentos para preparo do solo e plantio:

a) coroamento manual com enxada, abertura de covas com cavadeira manual e plantio de mudas de grande porte produzidas em saco plástico ou tubetes;

b) plantio direto no campo de estacas, sem roçada ou coroamento, nas áreas encharcadas.

Utilizam-se espaçamentos de 2,0 x 1,5 m; 2,0 x 2,0 m; ou 3,0 x 2,0 m. Após o plantio, são necessárias roçadas e/ou coroamento manual no entorno das mudas plantadas. A frequência dessas operações depende do ritmo de crescimento das mudas e da vegetação ao seu redor. Abandona-se a manutenção quando as gramineas e arbustos não mais competirem com a espécie plantada.

As mudas de grande porte, com cerca de 1 m de altura, produzidas em sacos grandes, são plantadas, geralmente, em áreas úmidas, mas não alagadas, com alta infestação de *Brachiaria* spp. Os primeiros plantios foram iniciados em maio de 2002. Espera-se que o método possibilite uma maior sobrevivência das mudas.

Desde meados de 2002 o plantio em áreas encharcadas e infestadas por *Brachiaria* spp. não é mais feito com mudas oriundas de sementes, mas com plantio direto de estacas no campo. Este método é restrito a poucas espécies que apresentam a particularidade de reproduzir-se vegetativamente. São utilizadas estacas com cerca de um metro de altura, para superar a densa cobertura de capim que recobre o solo. O topo deve ser chanfrado para evitar infiltração de água e apodrecimento. A estaca deve ser enterrada a uma profundidade média de 20 a 30 cm abaixo da superfície do solo.

Os plantios com estacas estão sendo feitos com as seguintes espéci-

es adaptadas a áreas inundadas: caxeta (*Tabebuia cassinoides*), barrilheira (*Acnistus arborescens*), corticeira-dobanhado (*Erythrina speciosa*), jaguapiroca (*Myrcia insularis*), tapiá-grande (*Alchornea glandulosa*) e ipê-da-várzea (*Tabebuia umbellata*). Os resultados iniciais demonstram que esse método é bastante eficaz, mas exige muita atenção na seleção das espécies, preparação das estacas e no plantio. A estaca deve ser plantada logo após seu corte.

Com o intuito de aprimorar o combate à brachiária e reduzir os custos de manutenção em áreas muito infestadas por essa gramínea, recentemente iniciou-se um teste fixando-se lona plástica medindo 50 x 50 cm ao redor das mudas, para inibir o desenvolvimento do capim (Figura 5). O sistema foi abandonado por não proporcionar uma redução significativa no custo de manutenção dos plantios. O capim crescia e rapidamente recobria a lona, abafando as mudas plantadas. Em algumas mudas foi detectado o anelamento do

colo. Entretanto, essa prática poderia ser aprimorada e testada em outros empreendimentos de restauração.

Efetua-se o plantio mecanizado nas áreas maiores que podem ser trabalhadas com o auxílio de máquinas e implementos agrícolas. São áreas de pastagem recém liberadas da presença de búfalos. Os trabalhos devem ser iniciados logo que os animais são retirados, quando o capim está baixo, não havendo necessidade de roçada ou coroamento para iniciar as operações de plantio. Utiliza-se o espaçamento de 2,5 x 1,5 m para permitir o uso do trator na roçada entre as linhas. Nessas áreas utiliza-se um dos três procedimentos relacionados a seguir:

- a) subsolagem, coveamento com cavadeira manual e plantio manual de mudas de grande porte produzidas em saquinho plástico;
- b) subsolagem, roçada com enxada rotativa, coveamento manual com chuço e plantio manual com as mudas pequenas produzidas em tubetes;
- c) roçada mecanizada, abertura de covas com perfurador mecânico de solo e plantio manual de mudas produzidas em tubete.



Figura 5. Lona plástica para controle de brachiária.

O rendimento de plantio com perfurador mecânico de solo (Figura 6) é de aproximadamente 175 mudas/homem/dia e, ainda, não se avaliou o custo dessa operação. Durante as operações de preparo de solo o equipamento gastava 2,5 litros de combustível por dia. Peças como a ponteira da broca e a engrenagem de ligação do motor com a broca estão sendo substituídas após a preparação de 2.000 a 3.000 covas, por apresentarem desgaste. Em outubro de 2002, o preço médio da ponteira da broca era de R\$ 28,00, e da engrenagem do motor, R\$ 8,00.

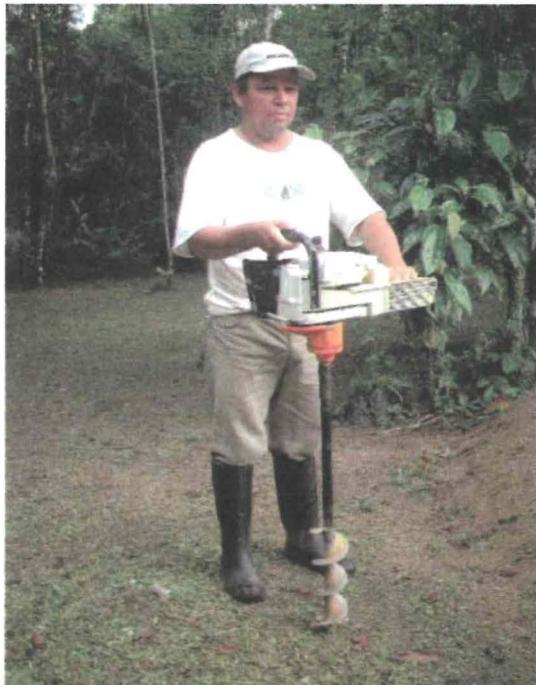


Figura 6. Perfurador mecânico de solo

As mudas produzidas em tubete geralmente são levadas a campo sem o recipiente, enroladas em uma faixa de plástico, formando o que se chama de “rocambole” de mudas. Elas podem ficar até uma semana armazenadas dessa forma, desde que regadas freqüentemente e conservadas à sombra (Figuras 7 e 8).

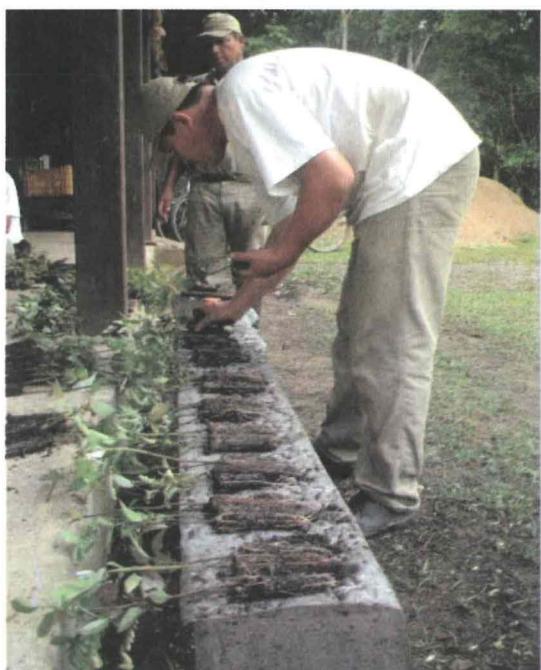


Figura 7. Preparação do “rocambole” de mudas.



Figura 8. “Rocambole de mudas” pronto para ser levado ao campo.

2.5 Registro de dados no Sistema de Informações Geográficas - SIG

Muitas informações são geradas no processo de restauração, desde o planejamento do plantio, passando pela produção de mudas, plantio, tratos culturais e monitoramento. O SIG facilita o registro dessas informações e possibilita uma análise sempre atualizada do programa de restauração.

Este sistema é constantemente realimentado por um banco de dados que reúne todas as informações sobre o plantio, tais como tipo de solo, data de plantio, espaçamento, área plantada e técnica usada, número de indivíduos plantados por espécie, mortalidade e tratos culturais como roçada, adubação e coroamento.

A informação para o banco de dados é proveniente do preenchimento de ficha de campo, que registra e georreferencia todas as atividades realizadas. Nessa ficha também constam informações sobre o rendimento, tanto em termos de mecanização como de mão de obra das diferentes atividades realizadas.

A partir do mapeamento, das estimativas de rendimento das atividades, do espaçamento do plantio e da liberação do uso das pastagens pelos búfalos, é possível definir um cronograma de plantio. Essas informações servem para estimar o número necessário de mudas das espécies que devem ser produzidas no viveiro. O sistema permite, também, delimitar as parcelas para o monitoramento do plantio e da regeneração natural. A regeneração natural é avaliada tanto nas áreas não plantadas como nas plantadas.

A ortofoto é subdividida em polígonos, conforme a técnica de plantio utilizada. Esses polígonos são cruzados com os diferentes tipo de solo, possibilitando a definição dos ambientes nas áreas a serem plantadas e deixadas para regeneração natural assistida (Figura 9).

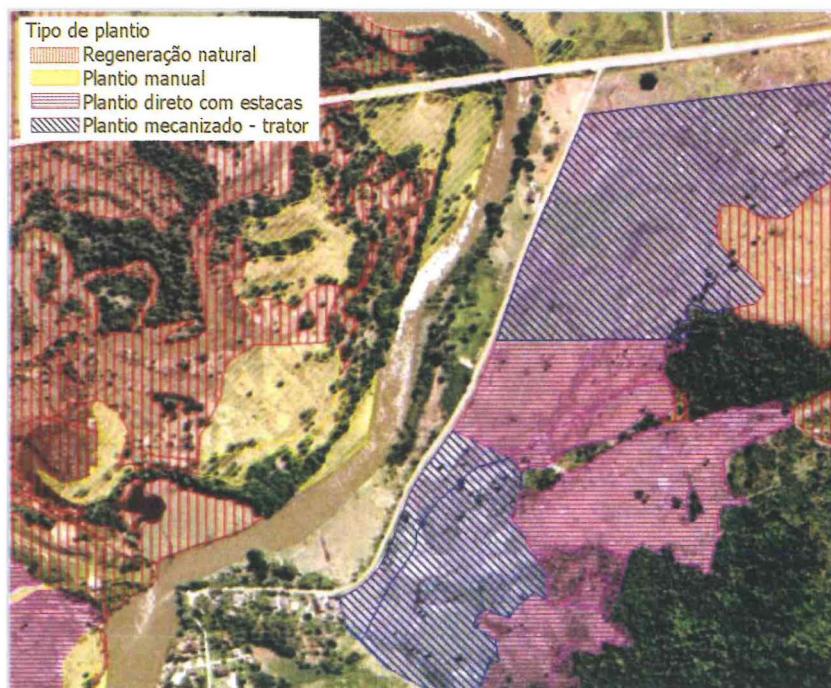


Figura 9. Ortofoto mapeada para restauração de áreas sob diferentes técnicas de plantio (Reserva Natural do Cachoeira, Antonina, PR).

Na tabela 3 é possível visualizar a área a ser restaurada em cada uma das principais classes de solo da Reserva Natural do Cachoeira, com diferentes técnicas de plantio.

2.6 Avaliação do plantio e da regeneração natural

A avaliação do plantio é feita em unidades amostrais que consideram aspectos verificados no campo, como solos, técnicas de restauração e relevo, dentre outros. As parcelas permanentes medem 30 m x 20 m. O incremento da biomassa é medido com o uso de variáveis como diâmetro (medido no colo ou à altura do peito) e altura de cada espécie plantada ou que tenha surgido por regeneração natural.

O monitoramento das áreas sob regime de regeneração natural assistida, onde não foram realizados

plantios, é realizado em parcelas de 1 m x 2 m. Na locação das parcelas considera-se o tipo de solo, estádio sucessional (pasto limpo, pasto sujo e vegetação secundária inicial pioneira) além de variáveis como micro-relevo. Serão avaliadas as mesmas variáveis utilizadas no monitoramento das áreas plantadas.

3. Conclusões e Recomendações

Para definição das estratégias de restauração florestal é fundamental conhecer profundamente o ambiente onde se está trabalhando. Além das áreas degradadas a serem restauradas deve-se percorrer áreas ainda conservadas para se conhecer a vegetação natural predominante naquele bioma e região. Quando possível, deve-se utilizar ferramentas como sistema de informação geográfica, mapas de solo e vegetação, levantamentos florísticos e fitosociológicos.

Tabela 3. Classes de solo e áreas das diferentes técnicas de restauração na Reserva Natural do Cachoeira.

Classes de Solo	Técnicas de restauração e áreas de plantio em hectares				
	Regen. Natural	Manual com Mudas	Manual com Estaca	Mecanizado com Mudas	Total
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	62,1	1,0	0,0	9,4	72,5
NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico	83,1	31,1	8,9	18,3	141,4
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	188,6	30,4	32,2	159,4	410,6
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico gleico	29,7	0,0	1,5	6,7	37,9
GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico	58,5	2,8	4,6	4,8	70,7
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico flúvico	72,7	0,0	0,0	40,1	112,8
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e AMARELO	62,6	11,8	0,0	54,2	128,6
Total	557,3	77,1	47,2	292,9	974,5
%	57,19	7,91	4,84	30,06	100,00

A observação criteriosa dos processos naturais de sucessão secundária, o bom conhecimento do meio físico (solos, hidrografia, relevo e estradas) e do histórico de degradação da área, assim como a utilização de sementes de espécies florestais nativas da região de entorno do local a ser restaurado, são elementos decisivos para o sucesso do empreendimento.

O planejamento das atividades é uma etapa fundamental para o bom andamento de um projeto de restauração florestal. Todas as informações disponíveis devem ser utilizadas para o estabelecimento do cronograma de trabalho, definição dos locais e tamanho das áreas a serem restauradas, seleção de espécies para plantio, produção de mudas e estabelecimento da metodologia de plantio. Em seguida deve-se elaborar um plano de monitoramento das atividades e do desenvolvimento da área restaurada. Assim é possível ajustar-se procedimentos e avaliar-se o rendimento e eficiência de cada atividade.

4. Referências Bibliográficas

CURCIO, G. R.; BRITÉZ, R. M.; TIE-POLO, G.; RACHWAL, M. F. G.; WIS-NIEWSKI, C.; RADOMSKI, M. I.; CATAPAN, M. I. S. Recomendações de espécies florestais nativas para a recomposição, por tipo de solo, das florestas ciliares do rio Cachoeira IN: NEGRELLE, R. R. B.; LIMA, R. E. de (Org.). **Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná**: subsídios à ação. Curitiba: UFPR, NIMAD, 2002. p. 135-154.

FERRETTI, A. R. Modelos de plantio para a restauração. IN: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. de S. (Ed.). **A restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. p. 35-43.

GALVÃO, A. P.; MEDEIROS, A. C. de S. **A restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 134 p.

IBGE. Diretoria de Geociências. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 93 p. (Serie Manuais Técnicos em Geociências, 1).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas American Electric Power, General Motors e ChevronTexaco, que financiam os projetos de ação contra o aquecimento global, desenvolvidos pela SPVS em parceria com a "The Nature Conservancy", no litoral norte do Estado do Paraná. Agradecem, também, a todos os funcionários da SPVS, em especial aos da Reserva Natural Serra do Itaqui, Reserva Natural do Cachoeira e Reserva Natural do Morro da Mina, pela dedicação e execução dos trabalhos.

Capítulo 6

RESTAURAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM REGIÃO DE DOMÍNIO DO CERRADO

Giselda Durigan¹

Introdução

A região de domínio de Cerrado abrange uma área nuclear no Planalto Central do Brasil e várias expansões e manchas periféricas, ocupando cerca de 20% do território nacional. Toda essa região, até algumas décadas atrás, foi considerada como um obstáculo ao desenvolvimento econômico, porque os solos nela existentes eram tidos como de baixíssima produtividade para a pecuária e imprestáveis para a agricultura.

As únicas atividades geradoras de receitas em áreas de cerrado eram a pecuária extensiva, baseada no uso do fogo para renovação das pastagens, e a extração de lenha para car-

voarias. Essas formas de exploração não causavam impacto capaz de impedir a renitente rebrota das plantas de cerrado. Assim, a intensidade e a freqüência dos distúrbios resultavam principalmente em modificação das fisionomias da vegetação. Áreas muito perturbadas mantinham-se como campo sujo ou campo cerrado, enquanto áreas mais protegidas adensavam-se, até atingir o limite de biomassa que as condições de fertilidade e umidade do solo permitiam, formando, freqüentemente, os cerradões com seu aspecto de floresta seca.

Porém a evolução tecnológica da agricultura, silvicultura e pecuária

¹ Engenheira Florestal, Doutora, Pesquisadora, Instituto Florestal, SMA – SP, Floresta Estadual de Assis, Caixa Postal 104, 19800-000, Assis, SP. giselda@femanet.com.br

transformou completamente aquele cenário nas últimas décadas. A vegetação rala constituída de árvores pequenas e tortuosas e o gado pouco numeroso foram cedendo espaço para extensas florestas de *Pinus* e *Eucalyptus*, vastas lavouras de soja e pastos de *Brachiaria* povoados por grandes rebanhos bovinos.

Felizmente, ao mesmo tempo em que a atividade produtiva avançava sobre os domínios do Cerrado, voltavam-se também para este bioma os movimentos conservacionistas, até então preocupados apenas com as florestas. Embora as leis ambientais vigentes no Brasil ainda privilegiem ecossistemas florestais, o cerrado tem sido freqüentemente objeto de discussões e foi recentemente incluído na lista dos ecossistemas de maior diversidade e dos mais ameaçados no mundo (Myers et al., 2000).

Diante da vasta extensão das áreas já devastadas e do ritmo acelerado da destruição, já não basta pensar em conservação do cerrado apenas em áreas protegidas na forma de unidades de conservação. Da mesma forma que para as florestas, são necessárias providências para estabelecer limites ao desmatamento e também para a restauração da vegetação de cerrado em áreas de Reserva Legal, de Preservação Permanente ou em quaisquer outras onde seja obrigatório ou desejável fazê-lo.

Se, por um lado, a pesquisa visando a restauração da cobertura vegetal avançou para ecossistemas florestais, para o cerrado ela ainda é

incipiente. Até o momento pouco se pode fazer para reverter essa situação em regiões de cerrado, além de aguardar que a natureza traga de volta a vegetação nativa.

Neste capítulo são relatadas as experiências conduzidas pelo Instituto Florestal, na região de Assis, SP, visando recuperar a cobertura vegetal em regiões originalmente ocupadas por vegetação de cerrado. A maioria dos estudos e experimentos faz parte do projeto Pesquisas em Conservação de Florestas e do Meio Ambiente desenvolvido em cooperação técnica entre o Instituto Florestal e a Japan International Cooperation Agency (JICA), a partir de 1993. Reunindo êxitos e fracassos, o aprendizado com essas experiências poderá orientar novas pesquisas e empreendimentos visando a restauração da cobertura vegetal em regiões de cerrado.

1. Localização das áreas experimentais

As áreas que foram objeto de estudo encontram-se principalmente em duas unidades do Instituto Florestal de São Paulo, originalmente cobertas por vegetação de cerrado, localizadas no município de Assis. Na Estação Ecológica de Assis, que é uma unidade de conservação de uso indireto, foram realizados estudos visando a compreensão do ecossistema. Na Floresta Estadual de Assis, unidade de conservação de uso direto, instalou-se a maioria dos experimentos para restauração.

Essas unidades situam-se na região denominada Médio Paranapanema, em sua vertente paulista, localizadas pelas coordenadas 22° 35' S e 50° 22'W, entre 500 e 600 m de altitude. A vegetação original da região era um mosaico formado por manchas de cerrado e floresta estacional semidecidual, mosaico este estreitamente relacionado com as características edáficas.

O Médio Paranapanema encontra-se justamente sobre a transição entre dois tipos climáticos, segundo a classificação de Köppen: Cwa, tropical, com inverno seco, e Cfa, quente, sem estação seca. A região caracteriza-se por verões quentes, tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, precipitação anual ao redor de 1.400 mm e geadas severas pouco freqüentes, com período de recorrência em torno de 25 anos (Brando & Durigan, submetido). A vegetação de cerrado ocorre geralmente sobre Latosolo Vermelho distrófico álico, com manchas menores de outros tipos de solo. Na zona ripária, por exemplo, é comum a ocorrência de areia quartzosa hidromórfica.

2. Estudos e Experimentos Realizados

Foram realizados estudos em áreas naturais remanescentes, visando conhecer a flora, a estrutura e processos de regeneração da vegetação de cerrado e instalados diversos experimentos com o objetivo de encontrar soluções para os problemas relacionados com a restauração da

cobertura vegetal em áreas alteradas. Os resultados são apresentados a seguir.

2.1. Estrutura e composição florística da vegetação original

O ponto de partida para qualquer projeto de restauração é conhecer o ecossistema que se quer restaurar. Com esse objetivo foram efetuados diversos levantamentos florísticos, fitossociológicos e de dinâmica nos fragmentos da vegetação natural da região (Durigan et al. 1987; Durigan & Leitão Filho, 1995; Durigan et al., 1999a). Para a vegetação de cerrado têm sido amostradas as diferentes fisionomias presentes no oeste paulista. Nessa região predomina o cerradão, embora existam ainda pequenas manchas de cerrado típico. Dentro da diversidade de tipos de vegetação existentes na área de domínio do cerrado estudou-se também a vegetação ripária, isto é, mata de brejo, campo úmido, mata ciliar e a vegetação de transição entre o cerrado e a floresta estacional semidecidual.

Os resultados dessas pesquisas mostram que:

- há um gradiente de biomassa crescente do cerrado até a floresta estacional semidecidual, estreitamente relacionado com a disponibilidade de nutrientes no solo. Enquanto o cerrado típico tem área basal ao redor de 10 m²/ha com altura do dossel por volta de 6 m, o cerradão tem em torno de 20 m²/ha com altura ao redor de 12 m e a floresta estacional

nessa região tem cerca de 30 m²/ha de área basal e altura do dossel ao redor de 20 m;

- considerando-se árvores acima de 5 cm de DAP, para o cerrado típico a densidade é de cerca de 1200 indivíduos/ha. Entre as fisionomias florestais há um gradiente de densidade que é inversamente proporcional à biomassa. Assim, o cerradão tem cerca de 2000 indivíduos/ha e a floresta estacional tem aproximadamente 1000 indivíduos/ha. Essas informações são importantes para orientar o espaçamento de plantios. Enquanto na região de cerrado a densidade é alta e a vegetação é formada por árvores pequenas, na floresta a densidade é baixa, mas as árvores são bem maiores;
- há um gradiente florístico associado ao gradiente fisionômico. Embora exista um grupo de espécies que ocorrem em todas as fisionomias de cerrado (por exemplo *Copaifera langsdorffii* e *Anadenanthera falcata*), há grupos exclusivos das fisionomias campestres (arbustos e árvores pequenas intolerantes à sombra, tais como *Campomanesia adamantium* e *Erythroxylum suberosum*). Há, também, espécies exclusivas do cerradão, que toleram sombreamento parcial e às vezes se regeneram à sombra, mas não se desenvolvem nas condições extremas de pobreza do solo nas áreas campestres (*Ocotea corymbosa* e *Zeyheria tuberculosa*, entre outras);
- há muitas espécies lenhosas ar-

bustivas e subarbustivas que ocorrem nas formas campestres de cerrado, as quais precisam ser incluídas nos programas de restauração (p. ex. *Jacaranda decurrens* e *Anemopaegma arvense*, entre outras);

- a vegetação ripária natural em regiões de cerrado é muito diferente de regiões florestais em flora e estrutura. Pode ser florestal (mata do brejo ou mata ciliar), composta por muitas espécies exclusivas dessa condição ambiental (*Xylopia emarginata*, *Styrax polhii* e *Cedrela odorata* var. *xerogeiiton*), ou pode ser simplesmente um campo úmido desprovido de árvores. A restauração precisa respeitar as características originais da vegetação;
- o número de espécies lenhosas por hectare (árvores e arbustos) gira em torno de 60, sendo naturalmente maior se houver diversidade ambiental ou de fisionomias.

2.2 Regeneração natural da vegetação de cerrado

O potencial de regeneração natural da vegetação de cerrado é geralmente elevado, especialmente se comparado com ecossistemas florestais submetidos ao mesmo impacto. Todavia, a rapidez do processo de revegetação, a diversidade e a densidade da regeneração são determinadas pela intensidade e duração do impacto.

As pesquisas realizadas pelo Instituto Florestal, em Assis, trataram da dinâmica de regeneração da

vegetação danificada pela geada (Brando & Durigan, submetido), do sub-bosque da floresta de eucalipto (Durigan et al., 1997), da recobertura de área utilizada como pastagem (Durigan et al., 1998) e ainda da regeneração natural da mata ciliar sob *Pinus* e do cerrado sob diferentes tipos de floresta (dados não publicados). Estudos anteriores sobre a dinâmica da cobertura vegetal (Durigan et al., 1987) e o crescimento das árvores em experimento de manejo sustentável (Durigan et al., 1993), também, forneceram subsídios para a compreensão dos processos de regeneração natural da vegetação de cerrado, que podem ser sintetizados nas seguintes observações:

- após desmatamento, a vegetação de cerrado leva cerca de 30 anos para atingir a biomassa original (observação válida para cerradão);
- o incremento em área basal por hectare para o cerradão em regeneração natural após desmatamento é de aproximadamente 0,50 m²/ha/ano;

- a vegetação de cerrado regenera-se facilmente sob florestas de *Pinus* e *Eucalyptus*, sendo capaz de atingir a riqueza e a diversidade que possuía antes do desmatamento (Tabela 1);
- a vegetação de cerrado, porém, sofre com a competição. Por isso, a eliminação das árvores exóticas acelera a regeneração;
- em áreas ocupadas com pastagem por períodos longos o potencial de regeneração natural do cerrado é reduzido especialmente em diversidade, mas também em densidade e cobertura das copas;
- de todas as tentativas experimentais de acelerar a regeneração natural em área de pastagem, incluindo revolvimento do solo, uso de exóticas como pioneiras e fertilização, entre outras, concluiu-se que o controle da *Bromchiaria* com uso de herbicida de amplo espectro (glifosato) foi a única técnica que proporcionou resultados superiores à regeneração natural em áreas sem

Tabela 1. Parâmetros estruturais e florísticos da vegetação de cerradão e do sub-bosque de eucalipto, em Assis, SP (extraído de Durigan et al., 1997b)

Parâmetro	Cerradão	Sub-bosque
Densidade de árvores (ind/ha)	1515	1375
Árvores mortas (%)	10,2	0
Número de espécies (DAP ≥ 5 cm)	41	25
Número total de espécies amostradas (incluindo sub-bosque)	56	56
Área basal do estrato arbóreo (m ² /ha)	22,1	6,0

qualquer tratamento. Na Tabela 2 são apresentados resultados de um dos experimentos que demonstram esse fato.

- resultados experimentais preliminares e observações de campo indicam que o manejo do gado visando a redução da biomassa do capim pode, também, acelerar a regeneração das plantas lenhosas do cerrado;
 - interferências na estrutura e nas características químicas do solo de cerrado, tais como subsolagem, aração, gradagem ou aplicação de calcário, prejudicam o processo de regeneração natural da vegetação;
 - a chuva de sementes tem menor importância do que a rebrota de estruturas subterrâneas no processo de recobertura de áreas de cerrado;
 - não se verifica, nas áreas de cerrado, um processo cronológico de substituição de espécies como o que se observa em biomas florestais, que se inicia com as pionei-
- ras colonizando áreas perturbadas e sendo gradualmente substituídas por espécies secundárias ou climácticas;
- o modelo descrito para a sucessão secundária em ecossistemas florestais não se adequa ao cerrado. Aliás, é praticamente impossível enquadrar as espécies de cerrado nas categorias sucessionais clássicas;
 - as árvores típicas de cerrado são todas heliófitas e geralmente de crescimento lento. Com exceção do cerradão, onde há espécies arbóreas que se regeneram à sombra, como, por exemplo, *Alibertia edulis*, *Siparuna guianensis* e *Ocotea corymbosa*, as quais poderiam ser consideradas climácticas, quase todas as outras poderiam ser enquadradas na categoria de secundárias. O cerrado típico não possui banco de sementes de espécies arbóreas de rápido crescimento, que seriam pioneiras típicas, suficiente para recolonizar áreas perturbadas;

Tabela 2. Densidade e cobertura das espécies de cerrado em regeneração em área de pastagem de *Brachiaria decumbens* (Assis, SP), em resposta a diferentes tipos de intervenção (fonte: Durigan et al., 1998).

Tratamento	Densidade (ind/ha)	Cobertura (%)
Testemunha	580	2,20
Subsolagem	417	1,48
Preparo convencional + calagem	201	0,32
Aplicação de herbicida de amplo espectro	698	3,25
Aplicação de graminicida	517	2,03
Prep. Convencional + herbicida pré-emergente	396	0,73

- embora não existam dados experimentais, observações de campo indicam que a vegetação de cerrado em áreas que foram ocupadas por agricultura e que tenham sido, portanto, submetidas a fertilização, calagem e revolvimento constante do solo, não se regenera naturalmente, mesmo se houver remanescentes próximos produzindo sementes;
- a geada afeta significativamente a estrutura da vegetação de cerrado, reduzindo a altura e a cobertura de muitas espécies altamente suscetíveis. Porém a eliminação de espécies da comunidade foi observada apenas em área de cerradão onde o sombreamento impediu a rebrota das árvores que tiveram a parte aérea totalmente destruída pela geada;
- a recobertura do terreno após a geada é muito rápida, levando cerca de um ano para geada severa (Figura 1). Porém os processos reprodutivos de muitas espécies são prejudicados temporariamente e há considerável acúmulo de biomassa seca que aumenta o risco de incêndios e danos subsequentes.

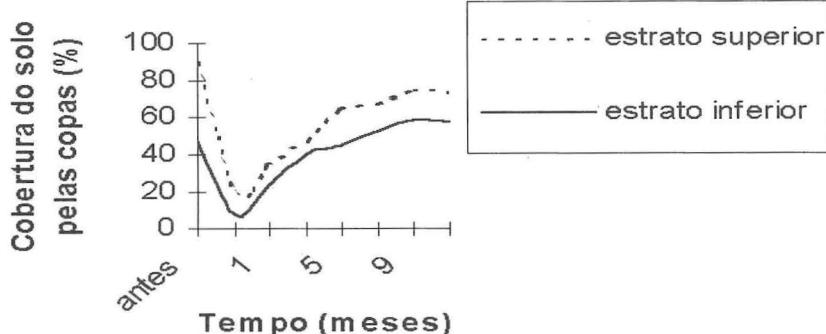


Figura 1. Cobertura do solo pelas copas da vegetação de cerrado antes e durante 11 meses após a geada, em Assis, SP (adaptado de Brando & Durigan, submetido)

2.3 Plantios de enriquecimento

Algumas tentativas de acelerar a recuperação da vegetação de cerrado com plantios de enriquecimento foram feitas na Floresta Estadual de Assis, em condições ambientais distintas. Espécies com potencial de exploração econômica foram plantadas em linha nas ruas abertas para retirada de madeira em talhão de

eucalipto com sub-bosque bastante desenvolvido. Esperava-se que as mudas plantadas acelerassem o fechamento das ruas e tivessem a forma e o crescimento favorecidos pelo sombreamento lateral. Resultados parciais desses experimentos foram publicados em Durigan et al., (1997a) e podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3.

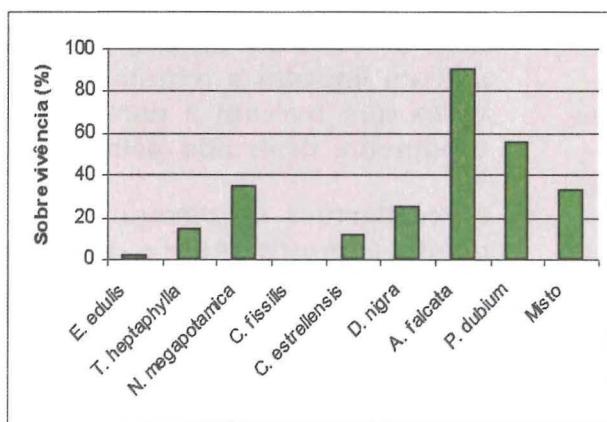


Figura 2. Sobrevivência das espécies em plantio de enriquecimento em área de cerradão, Assis, SP (fonte: Durigan et al., 1997a).

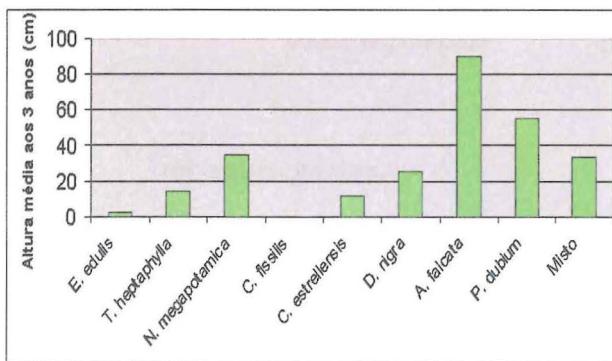


Figura 3. Altura das mudas em plantio de enriquecimento em área de cerradão, Assis, SP (fonte: Durigan et al., 1997a).

Todavia, os resultados foram frustrantes. A mortalidade foi muito elevada, chegando a 100% para algumas espécies, o crescimento muito lento, se comparado com plantios convencionais e, ainda, observou-se ataque intenso de formigas cortadeiras. Além disso, surgiu um novo inimigo: a lebre européia que roía a base de boa parte das mudas, especialmente de leguminosas, que morriam ou rebrotavam com a forma totalmente comprometida.

Em outra área, utilizada como pastagem por longo tempo, com algumas árvores em regeneração, efe-

tuou-se plantio aleatório planejado para restabelecer a densidade e a fitossociologia do cerradão. Após 17 anos verificou-se que houve incremento em densidade e diversidade. Contudo, a braquiária persistia impedindo a recuperação do estrato herbáceo-arbustivo e muitas espécies plantadas não se desenvolveram. Foram melhor sucedidas as leguminosas de ciclo de vida longo como *Plathymenia reticulata*, *Copaifera langsdorffii* e *Platypodium elegans*.

Tem sido efetuado, também, sem delineamento experimental, o plantio de espécies nativas sob flo-

resta de *Pinus*, com a retirada gradual da espécie exótica à medida que as nativas crescem. Os resultados são promissores, especialmente na zona ripária, onde não ocorre déficit hídrico. O palmito branco, *Euterpe edulis*, tem sido uma das espécies mais bem sucedidas em plantio sob floresta de *Pinus* e, também, sob mata ciliar nativa. É curioso observar que essa espécie teve 100% de mortalidade em todas as outras tentativas de cultivo em solos de cerrado, tanto no enriquecimento em linhas (solo seco), quanto no plantio convencional da mata ciliar (à plena luz).

Resumindo, as conclusões obtidas nos plantios de enriquecimento são:

- em áreas usadas como pastagem por longos períodos é possível aumentar a densidade e a diversidade da vegetação de cerrado com plantios de enriquecimento. Mas, o custo de plantio e de manutenção das mudas é elevado, exigindo operações totalmente manuais, controle de formigas cortadeiras e coroamento frequente, até o estabelecimento das mudas, e
- em áreas onde há espécies de cerrado regenerando-se em alta densidade não é recomendado o plantio de enriquecimento, nem mesmo para aumentar a diversidade. O crescimento das mudas plantadas é mais lento que a rebrota do cerrado, o controle de pragas é difícil e a mortalidade muito alta.

2.4 Plantios convencionais para restauração da vegetação

Os primeiros plantios de essências nativas efetuados na Floresta Estadual de Assis não eram destinados à restauração, mas à produção de madeira de espécies de valor comercial (Garrido, 1975, Garrido, 1981; Nogueira et al., 1982; Garrido & Souza, 1982; Garrido et al., 1990, Durigan et al., 1999b). Assim, foram utilizadas nos primeiros plantios muitas espécies oriundas de ecossistemas florestais que podem até ocorrer ocasionalmente em cerrado ou cerradão. Apesar de visarem inicialmente a produção de madeira, os resultados daqueles primeiros experimentos têm sido importantes para direcionar novas pesquisas visando a restauração.

2.4.1. Recuperação da mata ciliar

A margem dos rios em região de domínio do cerrado nem sempre é coberta por vegetação arbórea. Esse fato nem sempre é observado e muitas vezes tenta-se plantar árvores em áreas originalmente cobertas por campo úmido ou vereda, por exemplo. Esses plantios, além de constituir grave erro ecológico, geralmente, resultam em fracasso silvicultural.

Com exceção de espécies de *Pinus*, as experiências de plantio de árvores em solos permanentemente úmidos na região de Assis (SP) resultaram em altíssima mortalidade e crescimento reduzido. Porém plantios na zona ripária em região de cerrado, além da zona de encharcamento

to permanente, têm sido bem sucedidos (Durigan, 1990; Durigan & Silveira, 1999) e as conclusões obtidas até o momento são as seguintes:

- espécies do gênero *Pinus* apresentam melhor sobrevivência e crescimento na zona ripária em solos de cerrado do que todas as espécies nativas testadas até o mo-

mento (Tabela 3). Por isso, mesmo que não favoreça a restauração da diversidade, considera-se que o plantio de *Pinus* pode ser a melhor alternativa para proteção inicial rápida ao solo e aos recursos hídricos em áreas muito degradadas como áreas de empréstimo, solos erodidos e aterros, entre outras;

Tabela 3. Crescimento e sobrevivência das espécies arbóreas aos nove anos, em plantio de recuperação da mata ciliar em domínio de cerrado (fonte: Durigan & Silveira, 1999).

Espécie	Sobrevivência (%)	DAP médio (cm)	Altura média (m)	IMA (m)
<i>Pinus elliottii</i> var. <i>densa</i>	94,02	15,4	11,3	1,23
<i>Anadenanthera falcata</i>	79,85	6,59	5,00	0,53
<i>Hevea brasiliensis</i>	66,07	2,66*	4,65*	0,49*
<i>Tapirira guianensis</i>	55,88	7,38	5,84	0,62
<i>Calophyllum brasiliense</i>	50,00	5,5	4,34	0,45
<i>Tabebuia avellanedae</i>	41,03	0,93	2,10	0,21
<i>Peltophorum dubium</i>	40,00	-	1,08	0,09
<i>Prunus myrtifolia</i>	30,00	3,5	3,57	0,37
<i>Genipa american</i>	17,65	1,17	2,02	0,20
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	16,70	1,00	1,52	0,14
<i>Sebastiania commersoniana</i>	14,30	3,00	3,50	0,36
<i>Centrolobium tomentosum</i>	1,90	-	0,50	0,03
<i>Solanum inaequale</i>	0,0	-	-	-
<i>Euterpe edulis</i>	0,0	-	-	-
<i>Cedrela odorata</i> var. <i>xerogeiton</i>	0,0	-	-	-
<i>Bauhinia bongardii</i>	0,0	-	-	-
<i>Lonchocarpus muebergianus</i>	0,0	-	-	-
<i>Citharexyllum myrianthum</i>	0,0	-	-	-
<i>Cariniana estrelensis</i>	0,0	-	-	-
<i>Poecilanthe parviflora</i>	0,0	-	-	-

* as árvores tiveram a parte aérea totalmente destruída pela geada aos cinco anos, rebrotando em seguida.

- nos primeiros anos após o plantio na zona ripária, árvores de *Pinus* não prejudicam a regeneração natural das espécies nativas, podendo funcionar como pioneiras (não há estudos de longo prazo sobre o assunto);
- quando entrarem em fase reprodutiva, porém, as árvores de *Pinus* podem gerar um problema ecológico, pois as sementes, disseminadas pelo vento, tenderão a invadir ecossistemas naturais, especialmente em locais ou regiões que não apresentam déficit hídrico;
- plantios com essências nativas em áreas de cerrado devem contemplar espécies oriundas desse bioma. Embora exista um grupo de espécies que ocorre em mais de um bioma, espécies exclusivamente florestais não sobrevivem em solo de cerrado. Por outro lado, muitas espécies de cerrado sobrevivem se plantadas em solos florestais, embora sejam posteriormente eliminadas pela competição por luz;
- plantios de mata ciliar em solos de cerrado devem ter o dobro da densidade dos plantios em regiões florestais. As árvores crescem lentamente e são menores quando adultas.

2.4.2. Recuperação do cerrado

As pesquisas sobre a recuperação da vegetação de cerrado na Floresta Estadual de Assis incluem estudos relativos à produção de mudas (Brando & Durigan, 2001), técnicas

de plantio, sobrevivência e crescimento das espécies no campo, em áreas que foram utilizadas para agricultura, pastagem ou reflorestamento. Os resultados preliminares da maior parte desses experimentos encontram-se em Durigan et al., 1997 (relatório não publicado), e estão sendo analisados para publicação ao término da cooperação IF-JICA (abril/2004). Entre as informações geradas por essas pesquisas, as seguintes merecem destaque:

- as sementes de muitas espécies de cerrado não germinam em condições de viveiro (Figura 4). São necessários estudos da germinação e de tratamentos para quebra de dormência da maioria das espécies;

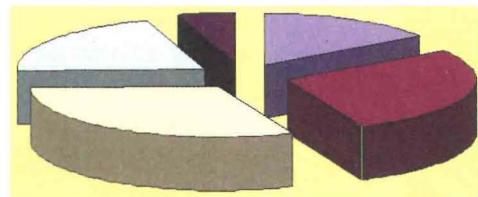


Figura 4. Classes de germinação de sementes de 39 espécies de cerrado em condições de viveiro (fonte: Brando & Durigan, 2001).

- as sementes de muitas espécies germinam, mas não sobrevivem em condições de viveiros florestais. São necessárias pesquisas para definir embalagem, substrato, técnicas de irrigação e manejo e até micorrizas que possam viabilizar a formação de mudas de plantas do cerrado. O crescimento desproporcional do sistema ra-

- dicular em relação a parte aérea e a intolerância ao excesso de umidade, entre outras características, são peculiaridades das plantas de cerrado que exigem adaptações nas técnicas usuais de viveiro;
- o crescimento das mudas em viveiro é proporcional ao volume da embalagem (mudas em embalagens maiores crescem mais rapidamente do que aquelas em embalagens menores). Porém, essas diferenças, no campo, resumem-se em maior sobrevivência inicial das mudas maiores. Três anos após o plantio, as diferenças de tamanho desaparecem entre mudas da mesma idade produzidas em embalagens diferentes;
 - o início da estação chuvosa é a época ideal de plantio. O plantio nesse período proporciona o rápido crescimento do sistema radicular que poderá buscar água nas camadas mais profundas do solo, aumentando as possibilidades de as mudas sobreviverem na estação seca;
 - espécies pioneiras, de crescimento rápido e ciclo curto, como *Trema micrantha*, *Croton floribundus* e *Croton urucurana*, que ocorrem eventualmente em áreas de cerrado, não são recomendadas para plantios de restauração, nem mesmo em áreas de cerradão. Em solos de cerrado essas espécies têm o ciclo de vida muito reduzido, com mortalidade quase total em menos de cinco anos após o plantio;
 - o uso de fertilização, orgânica e mineral, acelera o crescimento inicial das mudas de algumas espécies. Porém, se aplicado em toda a área aumenta consideravelmente a biomassa das gramíneas invasoras, prejudicando as mudas. Resultados experimentais preliminares indicam que a fertilização na cova é benéfica em plantios de restauração, mas não se sabe se esses efeitos se mantêm em longo prazo;
 - dentre as técnicas de preparo do terreno para plantio são preferíveis as que exigem menos revolvimento do solo;
 - o uso de herbicida (glifosato) para controle da braquiária tem sido a técnica mais eficaz e barata para manter limpas as áreas de plantio, favorecendo o crescimento das mudas plantadas e a brotação de outras plantas de cerrado que freqüentemente surgem nas entrelinhas, além de evitar o revolvimento do solo, que pode facilitar os processos erosivos.

3. Principais obstáculos à recuperação da cobertura vegetal em regiões de cerrado

Muitos têm sido os problemas enfrentados nas tentativas de recuperar a vegetação em regiões de cerrado, especialmente nas áreas onde já não é possível ocorrer regeneração natural. Além das dificuldades decorrentes da escassez de informações científicas sobre a biologia reprodutiva e a ecologia das espécies,

assim como sobre os processos naturais de sucessão secundária em áreas perturbadas, existem obstáculos de ordem prática que fazem da restauração do cerrado um desafio maior do que recuperar florestas. Entre esses obstáculos, são de grande importância as gramíneas, o fogo, as formigas cortadeiras e a lebre europeia.

3.1 Gramíneas exóticas

Grande parte das áreas naturais remanescentes de cerrado está sendo invadida por gramíneas que formam grande biomassa, obstruem a regeneração e o crescimento das plantas de cerrado, competem por recursos do meio (água, luz, nutrientes) e aumentam consideravelmente os riscos e a dimensão dos danos por incêndio. A principal invasora tem sido a *Brachiaria decumbens*, mas há outras espécies exóticas que merecem atenção.

Até agora o uso de herbicida tem se mostrado como a melhor solução para enfrentar esse problema em áreas de plantio ou de regeneração natural. O glifosato não afeta as plantas de cerrado e tem uso autorizado para controle de *Brachiaria decumbens* e outras gramíneas invasoras (Compendio de Defensivos Agrícolas, 1993). Comparativamente, roçadas em áreas de plantio têm o grande inconveniente de eliminar, junto com as gramíneas, plântulas do cerrado em regeneração.

O manejo do gado nessas áreas tem se mostrado uma solução promissora. Verifica-se que, com a re-

dução da biomassa das gramíneas, as plantas lenhosas do cerrado crescem mais rapidamente, apesar de haver um impacto negativo resultante do pisoteio e da disseminação de sementes das plantas invasoras. Eventualmente o gado pode também comer algumas plantas de cerrado. É visível o benefício de reduzir os riscos de incêndio e os danos causados pelo fogo. São necessários, porém, estudos científicos nos quais benefícios e prejuízos sejam avaliados conjuntamente para que se possa recomendar com segurança o pastoreio visando a restauração do cerrado.

3.2 Fogo

Na Floresta Estadual de Assis dois incêndios em anos consecutivos atingiram áreas em restauração, prejudicando fortemente a vegetação e chegando a inviabilizar experimentos. Embora as plantas de cerrado, na sua maioria, estejam adaptadas para sobreviver ao fogo, incêndios muito freqüentes modificam a estrutura e reduzem a diversidade da vegetação. Como já mencionado, são muito mais intensos e danosos os incêndios em áreas com o piso ocupado por gramíneas exóticas. Por isso, em projetos de restauração, são necessários investimentos e esforços permanentes para prevenir incêndios.

3.3 Formigas cortadeiras

Formigas cortadeiras são um problema antigo na maior parte do Brasil, onde quer que se tente plantar árvores. Em toda a região de domínio de cerrado ocorrem formigas cortadeiras, que acabam por destruir

as mudas plantadas em ataques sucessivos. Não existe, até hoje, uma solução definitiva para esse problema, que é mais grave no cerrado, onde o crescimento das mudas é lento, exigindo manutenção em longo prazo. Na Floresta Estadual de Assis o controle tem sido feito principalmente com o uso de iscas, mas todas as alternativas disponíveis no mercado têm sido testadas.

3.4 Lebre européia

Esse é um problema recente que passou a ser detectado em plantios efetuados na região de Assis, a partir de meados da década de 90. A lebre mata ou deforma as mudas, roendo a casca junto ao colo. Aparentemente, o animal tem preferência por leguminosas, mas foi constatado ataque também em plantio de ipê-roxo.

Problemas semelhantes de predação de árvores por animais de grande porte são enfrentados em países europeus e no Japão, entre outros. A solução encontrada naqueles países tem sido o controle populacional dos animais (caça controlada) e a proteção individual das mudas com tubos ou telas, que encarece consideravelmente o custo da restauração.

4. Recomendações

As pesquisas visando a restauração da vegetação de cerrado na região de Assis são recentes e seus resultados não devem ser extrapolados para toda a região ocupada pelo bioma, que apresenta grande número de condições ambientais distintas.

Novas pesquisas são necessárias e recomenda-se estudar prioritariamente:

- a) a produção de mudas das plantas lenhosas típicas do cerrado;
- b) os processos naturais de regeneração;
- c) o controle de gramíneas invasoras, que prejudicam o equilíbrio das poucas áreas naturais remanescentes e tornam muito difícil a restauração com plantios.

5. Referências Bibliográficas

ANDREI, E. **Compendio de defensivos agrícolas**: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 4. ed. São Paulo: Organização Andrei, 1993. 448 p.

BRANDO, P. M.; DURIGAN, G. Changes in cerrado vegetation after disturbance by frosts. **Plant Ecology**, Dordrecht. Submetido para publicação.

BRANDO, P. M.; DURIGAN, G. Época de maturação dos frutos, benefício e germinação de sementes lenhosas do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 8, p. 78-90, 2001.

DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 197-239, 1995.

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

DURIGAN, G. Taxa de sobrevivência e crescimento inicial das espécies em plantio de recomposição da mata ciliar. **Acta Botânica Brasílica**, v. 4, n. 2, p. 35-40, 1990.

DURIGAN, G.; BACIC, M. C.; FRANCO, G. A. D. C.; SIQUEIRA, M. F. Inventário florístico do cerrado na Estação Ecológica de Assis. **Hoehnea**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 149-172, 1999a.

DURIGAN, G.; CONTIÉRI, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O.. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis, SP. **Acta Botânica Brasílica**, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998.

DURIGAN, G.; CONTIÉRI, W. A.; GARRIDO, M. A. de O.; KARABATA, M. Restoration of cerrado vegetation in degraded áreas of southeastern Brazil. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 11., 1997, Antalya, Turkey. **Proceedings**. Ankara: Ministry of Forest, 1997. p.

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**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 19-36, 1997b.

DURIGAN, G.; GURGEL GARRIDO, L. M. do A.; GARRIDO, M. A. de O. Manejo silvicultural do cerrado em Assis, SP. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Floresta para o Desenvolvimento: Política, Ambiente, Tecnologia e Mercado**: anais. São Paulo: SBS; [S.I.]: SBEF, 1993. v. 1, p. 374-377.

DURIGAN, G.; GURGEL GARRIDO, L. M. do A.; GARRIDO, M. A. de O. Desenvolvimento de *Plathymenia reticulata* Benth. em plantio puro e em consorciação cm espécies de diferentes estádios sucessionais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 131-136, 1999b.

DURIGAN, G.; SARAIVA, I. R.; GURGEL GARRIDO, L. M. do A.; GARRIDO, M. A. de O.; PECHÉ FILHO, A. Fitossociologia e evolução da densidade de vegetação do cerrado. Assis-SP. **Boletim Técnico IF**, São Paulo, n. 41, p. 59-78, 1987.

GARRIDO, M. A. de O.; SOUZA, A. C. Manejo científico de povoamentos florestais de espécies indígenas. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 60-63, jan./fev. 1983. Edição dos Anais do IV Congresso Florestal Brasileiro, 1982, Belo Horizonte.

GARRIDO, M. A. de O. Características silviculturais de algumas espécies indígenas sob povoamentos puros e mistos. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, n. 9, p. 63-71, 1975.

GARRIDO, M. A. de O. **Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folhedo de alguns povoados puros e mistos de espécies nativas.** Piracicaba, ESALQ, 1981. 105 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal apresentada a ESALQ, Piracicaba.

GARRIDO, M. A. de O.; DOMINGOS, P. R.; GARRIDO, L. M. do A.; DURIGAN, G. Pesquisa e experimentação com cinco espécies nativas. **Silvicultura**, São Paulo, v. 3, n. 42, p. 602-610, 1990.

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

NOGUEIRA, J. C. B.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; GARRIDO, M. A. de O.; GURGEL GARRIDO, L. M. do A.; ROSA, P. R. F.; MORAES, J. L.; ZANDARIN, M. A.; GURGEL FILHO, O. A. Ensaio de competição de algumas essências nativas em diferentes regiões do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16A, n. 2, p. 1051-1063, 1982.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao Instituto Florestal e à Japan International Cooperation Agency (JICA), que tornaram possível o desenvolvimento das pesquisas relatadas, e a todos os colegas e funcionários da Floresta Estadual de Assis (muitos já aposentados), que cooperaram, cada um à sua maneira, para a realização das pesquisas que permitiram gerar as informações apresentadas.

Capítulo 7

RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO DA SERRA DO MAR EM ÁREAS AFETADAS PELA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DE CUBATÃO: UMA ANÁLISE HISTÓRICA

Sérgio Pompéia ¹

Introdução

A região de Cubatão, na Baixada Santista, litoral do Estado de São Paulo, abriga o maior pólo industrial do continente. Ele está instalado entre o estuário de Santos e as escarpas da Serra do Mar. As indústrias de base petroquímica, siderúrgica, química e de fertilizantes, todas de elevado potencial poluidor, instalaram-se a partir da década de 50 quando o país seguia a máxima do “desenvolvimento a qualquer custo”, sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas locais. As emissões atmosféricas acima de padrões de qualidade, o lançamento de efluentes líquidos contaminados e a disposição de resíduos tóxicos sobre o solo durante mais de duas déca-

das resultaram na deterioração da Mata Atlântica, dos manguezais e dos recursos hídricos da região (Silva et al., 1994).

No cenário descrito, a poluição do ar provocou situações de extrema gravidade, que sobrepujaram os sérios problemas de saúde pública observados na década de 70. No auge do processo de degradação, a morte de árvores em mais de 60 km² de Mata Atlântica, a maior parte no interior do Parque Estadual da Serra do Mar, elevou a níveis críticos os riscos de deslizamentos de terra, ameaçando a infra-estrutura urbana e industrial (Marino, 1990). Nos dias 26 e 27 de janeiro de 1985 o proces-

¹ Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Diretor da Consultoria Paulista de Estudos Ambientais, Rua Purpurina, 155, cj. 33, São Paulo, SP, CEP 05435-030.
sergiopompeia@consultoriapaulista.com.br

so de instabilidade das escarpas culminou com “escorregamentos múltiplos, após dois dias de chuvas excepcionais sobre o chão já supersaturado” (Ab’Saber, 1987), com a ocorrência generalizada de desmoronamentos, corridas de lama e inundações que atingiram áreas industriais e urbanas de Cubatão. Esse episódio teve grande repercussão no país, despertando as autoridades para a fragilidade dos ecossistemas da região e para a necessidade de uma ação profunda e urgente para solucionar os problemas ambientais de Cubatão. O escorregamento mostrado na figura 1 ilustra esses fatos.

A pressão da sociedade civil organizada e da opinião pública nacional e os trabalhos de técnicos e pesquisadores envolvidos com a problemática de Cubatão levaram o governo do Estado de São Paulo e as indústrias da região a implementar um conjunto de medidas visando o controle da poluição, a proteção da infra-estrutura com obras emergenciais, a organização da comunidade local para a prevenção de acidentes ambientais, a mudança da população residente em áreas de risco e/ou insalubres e, por fim, a recuperação da Serra do Mar (Cetesb, 1985).



Figura 1 . Trecho da Mata Atlântica em Cubatão, degradado pela poluição atmosférica, apresentando escorregamento de solo nas encostas.

A recuperação ambiental da Serra do Mar em Cubatão deu-se em três vertentes que se complementavam:

1. controle da causa da degradação, ou seja, a redução da poluição atmosférica;
2. intervenções para reduzir a erosão e o risco dos escorregamentos de solo e suas consequências;
3. medidas visando o restabelecimento da cobertura vegetal nas escarpas como forma de restabelecer, a médio e longo prazo, o equilíbrio das escarpas da Serra do Mar, pela ação mecânica das raízes e a regularização do balanço hídrico no solo.

A partir de meados da década de 80 foram implementados projetos de recuperação das florestas degradadas que envolveram quatro estratégias metodológicas diferentes:

1. plantio de gramíneas em ravinas² para o controle da erosão do solo exposto;
2. abertura de sulcos em nível nas ravinas seguido de plantio manual de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas existentes na própria área de intervenção, incluindo mudas e sementes diversas;
3. semeadura aérea de ravinas e áreas apresentando cobertura vegetal degradada (herbácea/arbustiva), com espécies pioneiras tolerantes à poluição;
4. plantio de mudas formadas de es-

pécies arbóreas da Mata Atlântica, pertencentes a estágios sucessionais mais avançados.

Este capítulo apresenta um resumo dos principais projetos de recuperação da cobertura vegetal no trecho de Mata Atlântica degradado pela ação dos poluentes atmosféricos emitidos em Cubatão, analisa criticamente os procedimentos metodológicos adotados e os resultados conseguidos.

1. Principais fatores interferentes na regeneração das florestas em Cubatão

O relevo escarpado da Serra do Mar e sua litologia (rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino) condicionam a existência de solos ora mais profundos (Latossolo Vermelho Amarelo), ora mais rasos e sub-rochosos (Litossolos), ambos com textura variável, acidez elevada, baixa saturação em bases e reduzidos teores de nitrogênio e fósforo. O estoque de nutrientes concentra-se na biomassa, na serapilheira e no horizonte superficial dos solos. O clima é quente, com um gradiente térmico inverso ao gradiente de altitude. Ocorrem chuvas em mais de 50% dos dias de verão, enquanto no inverno chove em 33% dos dias, em média. As áreas mais chuvosas estão localizadas nas bordas das escarpas da serra, com pluviosidade média anual em torno de 4.000 mm, e as menos chuvosas, com cerca de 2.500 mm, estão na base das encostas (Oliveira, 1985). Além das chuvas, a neblina contribui para a eleva-

² Cicatrizes de escorregamento de solo em áreas inclinadas.

da umidade durante todo ano, sendo um dos principais fatores condicionantes da floresta existente.

Os condicionantes físicos do ambiente são muito favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento da floresta pluvial tropical. No entanto, a qualidade do ar de Cubatão, comprometida pela emissão de poluentes fitotóxicos de caráter ácido, provocou a degradação e a morte da vegetação, assim como a acidificação do solo superficial, afetando o ecossistema como um todo (Ab'Saber, 1987 & Marino, 1990). A drástica redução da densidade da cobertura arbórea provocou alterações no ciclo hidrológico, especialmente no escoamento e infiltração da água no solo e na resistência mecânica das raízes, aumentando significativamente a probabilidade de ocorrência de escorregamentos, que fazem parte da dinâmica natural das escarpas (Augusto Filho, 1989). A poluição do ar e a degradação do solo passaram a ser determinantes no estabelecimento e no crescimento da vegetação, alterando profundamente a bio-

massa e a composição das comunidades florestais.

O maior impacto sobre a vegetação e o solo da Serra do Mar em Cubatão foi resultante da ação dos poluentes atmosféricos, destacando-se os fluoretos gasosos (o mais fitotóxico), o dióxido de enxofre (SO_2), os óxidos de nitrogênio (NO_x), a amônia (NH_3), os hidrocarbonetos (HC) e diversos materiais particulados (poeiras). A Tabela 1 apresenta a quantidade anual estimada de poluentes lançados na atmosfera pelas indústrias, antes e depois da implantação do programa de controle das fontes de emissão, isto é, em período anterior a julho de 1984 e em 1990 (Alonso & Godinho, 1992).

É possível inferir o impacto que tal volume de poluentes acarreta sobre a vegetação principalmente numa área onde a circulação atmosférica transportava os gases e partículas para as encostas da Serra do Mar. Os danos à vegetação provocados pelos poluentes fitotóxicos manifestavam-se como redução do crescimen-

Tabela 1. Redução da emissão de poluentes atmosféricos em toneladas/ano pelas indústrias de Cubatão (baseado em Alonso & Godinho, 1992).

Poluente	Emissão em 1984	Emissão em 1990	Redução da Emissão (%)
Material particulado	114.416,4	31.737,7	72
Hidrocarbonetos	32.806,2	4.000,5	88
Dióxido de enxofre	28.599,1	18.077,6	37
Óxidos de nitrogênio	22.296,3	17.360,0	22
Amônia	3.188,6	74,8	98
Fluoretos	956,2	73,1	92

to e por sintomas foliares como bronzeamento, amarelecimento (cloroses) e queima (necroses), freqüentemente resultando na queda de folhas e morte de indivíduos. Por outro lado, a poluição remanescente ainda representa um importante fator de estresse para a vegetação, interferindo na regeneração da floresta e nos plantios efetuados para a recuperação da vegetação (Pompéia & Adiar, 1988; Pompéia et al. 1988b; Pompéia, 1990c).

2. Plantio de gramíneas em ravinas

Logo após o acidente de 1985 a paisagem das escarpas encontrava-se dominada por "paliteiros" (troncos de árvores mortas pela poluição) e pelo solo nu nas cicatrizes dos escoregamentos (ravinas). Em face da exposição de horizontes sub-superficiais do solo às chuvas, agravando a erosão, e considerando que à época não se dispunha de mudas adequadas e suficientes para uma rápida recomposição da cobertura vegetal, as indústrias locais tomaram a iniciativa de realizar um plantio de gramíneas com o objetivo principal de recobrir rapidamente o solo exposto, protegendo-o da ação erosiva das chuvas.

A espécie escolhida foi a *Brachiaria decumbens*, de origem africana e de alta produtividade em solos tropicais. O plantio foi realizado entre maio e julho de 1985, com o lançamento manual de sementes comerciais, diretamente sobre o solo nu. A área semeada restringia-se a alguns hectares de ravinas situadas nas proximidades das indústrias de fertilizantes, geralmente em cotas mais baixas da serra. Essa iniciativa, que consistiu no primeiro projeto de recuperação da vegetação em Cubatão, causou uma grande polêmica nos meios científicos e acadêmicos, pelo risco de a espécie tornar-se invasora das áreas florestadas, propiciar a ocorrência de fogo e prejudicar a regeneração natural da floresta.

Uma avaliação do plantio, realizada pelo Instituto de Botânica de São Paulo em janeiro de 1986, seis meses após o plantio da gramínea, mostrou que ela havia crescido em cerca de 40% da área semeada e encontrava-se frutificando e produzindo sementes. Seu desenvolvimento era considerado normal e não se observavam sintomas de poluição. Uma segunda avaliação, em dezembro de 1987, cerca de dois anos após o plantio, permitiu verificar que a braquiária apresentava boa produção de massa verde e recobria totalmente o solo. Em ravinas estreitas, de até 2 metros de largura, observava-se, em meio às gramíneas, a regeneração de algumas espécies herbáceas pioneiras dos gêneros *Tibouchina* e *Begonia* além de pteridófitas, plantas típicas dos estágios iniciais de sucessão. No entanto, em áreas mais extensas, havia o completo domínio da *Brachiaria*, que não permitia o restabelecimento da vegetação original (Bononi, 1989).

Entre 1989 e 1991 foram monitorados trechos ocupados por *Brachiaria*, verificando-se que, passados 6 anos do plantio praticamente não ocorriam plântulas ou indivíduos juvenis

de outras espécies. Isso indicava um atraso no processo de sucessão secundária nesses locais (Pompéia, 1995). Observações realizadas durante os anos 90 confirmaram o efeito de retardamento da colonização por espécies arbóreas nos espaços ocupados por *Brachiaria*. O avanço da floresta ocorria lentamente a partir das bordas, graças ao sombreamento, que provocava a perda da capacidade competitiva da braquiária, reduzindo sua densidade sobre o solo e permitindo o estabelecimento de alguns arbustos e árvores. Em sobrevôo realizado em 2002 ainda era possível observar manchas homogêneas de braquiária, especialmente em trechos das escarpas próximas às indústrias de fertilizantes. A Figura 2 ilustra os resultados do plantio de braquiária na área poluída de Cubatão.

Em que pese o efeito do plantio de braquiária sobre a regeneração natural da floresta não se confirmaram as previsões de invasão da gramineia ao interior das matas secundárias e de favorecimento a incêndios nas áreas de plantio.

3. Plantio de espécies nativas em ravinas

Entre agosto de 1985 e dezembro de 1986 o Instituto de Botânica de São Paulo desenvolveu um projeto de revegetação das ravinas existentes numa área de aproximadamente 20 km² (Silva Filho, 1988; Bononi, 1989). O trabalho foi realizado por um grupo de 20 mateiros com a supervisão direta da equipe técnica do instituto, sendo utilizados seis acampamentos espalhados pela re-



Figura 2. Braquiária aos quatro anos de plantio em cicatriz de escorregamento em Cubatão.

gião. O objetivo principal era o de recobrir o solo exposto das ravinas para controlar a erosão e induzir a regeneração natural nas áreas degradadas. O projeto envolveu também a derrubada de “paliteiros” existentes nas escarpas, pois verificou-se que a queda das árvores mortas desencadeava deslizamentos à medida que os troncos funcionavam como alavancas, erguendo o sistema radicu-

lar e criando áreas de infiltração de água e instabilização do solo.

Nas ravinas, a primeira providência foi a abertura de sulcos em curvas de nível perpendiculares ao fluxo de água. A drenagem era reorganizada de forma a dissipar a energia das águas pluviais e evitar o aprofundamento dos sulcos de erosão. Os troncos cortados nas imediações das ravinas eram colocados deitados transversalmente para conter o solo e as águas. O plantio foi realizado utilizando-se sementes, mudas e estruturas de propagação vegetativa de plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas, sendo que a maior parte do material utilizado era coletada nas áreas circundantes às ravinas. A Figura 3 mostra o plantio de espécies nativas em cicatriz de escorregamento (ravina).

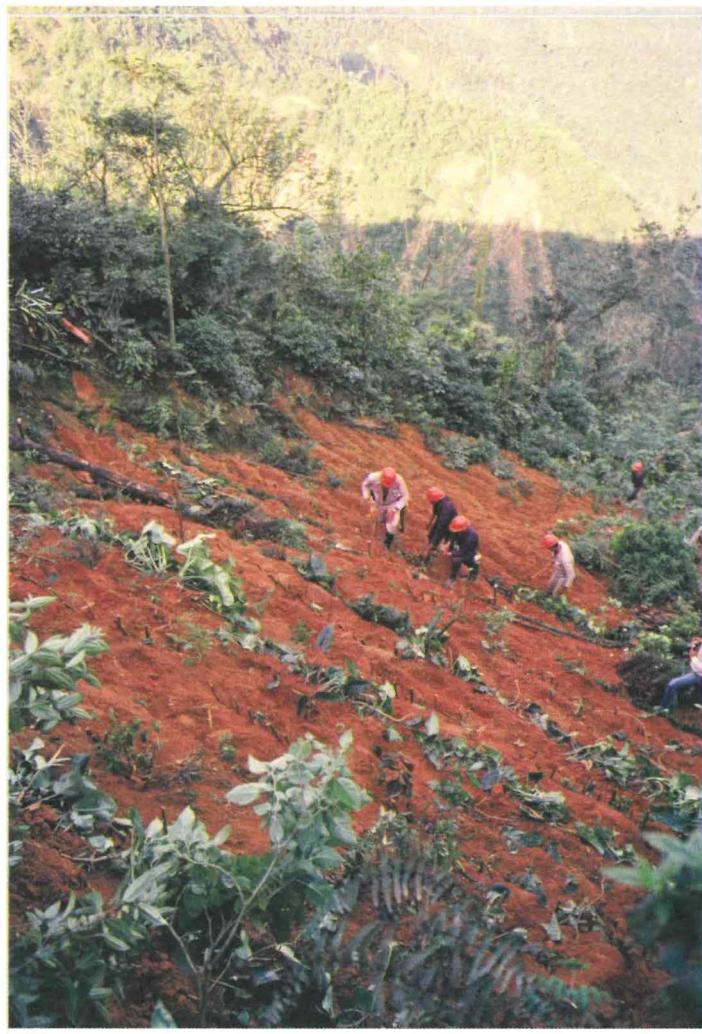


Figura 3. Plantio manual de mudas em cicatriz de escorregamento.

Dentre o material vegetal coletado no local destacam-se: a) estacas de plantas herbáceas, especialmente dos gêneros *Mikania* (Asteraceae), *Piper* (Piperaceae) e *Philodendron* e *Anthurium* (Araceae); b) estacas de *Ficus* (Moraceae); c) rizomas de *Heliconia* (Heliconiaceae), *Costus* (Costaceae) e de diversas marantáceas (*Calathea*, *Maranta* e *Saranthe*); d) mudas de diversas pteridófitas, bromeliáceas

(*Nidularium*), *Scleria* (Cyperaceae); e e mudas de espécies arbustivas e arbóreas do entorno das ravinas (*Cordia ecalyculata*, *Miconia theaezans*, *Heteropteris nítida*, *Rapanea umbelatta*, *Posoqueria acutifolia*). No plantio também foram utilizados cerca de 550 quilos de sementes de espécies arbóreas, entre as quais o palmiteiro (*Euterpe edulis*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), pau-jacaré (*Piptadenia communis*), canudo-de-pito (*Senna bicapsularis*), ingá (*Inga edulis*); canela (*Ocotea porosa*), quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) e jequitibá (*Cariniana estrellensis*), entre outras. A título de experimentação, numa das áreas de plantio foram utilizadas sementes de leucena (*Leucaena leucocephala*), leguminosa exótica de rápido crescimento. Mudas de espécies arbóreas como o ipê (*Tabebuia*) e frutíferas como jambolão (espécie exótica) e grumixama (*Eugenia brasiliiana*) foram utilizadas, embora em quantidades relativamente reduzidas em decorrência da dificuldade de transporte para as áreas de plantio.

Para acelerar o desenvolvimento das plantas em solos de baixa fertilidade foram realizados vários tratamentos de adubação, variando-se as dosagens de nitrogênio, fósforo e potássio. Os resultados da adubação demonstraram que o crescimento das plantas respondia diretamente à presença de fósforo no tratamento, não sendo detectados efeitos significativos para o nitrogênio e o potássio (Silva Filho, 1988; Bononi, 1989).

Os resultados do plantio demonstraram que a utilização de mate-

rial vegetativo e de mudas coletadas em torno das ravinas apresentam boa sobrevivência e proporcionam a rápida cobertura do solo. A leucena apresentou uma boa germinação, mas não sobreviveu às condições do local de plantio. As ravinas replantadas, após dez meses do plantio inicial, apresentaram uma massa vegetal que recobria totalmente o solo com plantas rasteiras, com uma altura de aproximadamente 50 cm. Passados dois anos do plantio, essa vegetação apresentava cerca de 2 a 3 metros de altura e já não era possível identificar seus limites com a área externa. Nas áreas em que ocorreu a exposição da rocha alterada o crescimento foi prejudicado, com as plantas apresentando uma fisionomia herbáceo-arbustiva.

A regeneração natural nas ravinas, plantadas ou não, apresentou resultados bastante satisfatórios nos locais onde foram executadas obras de contenção da erosão como sulcos, drenagem e proteção por troncos. Isso demonstra que a melhoria das condições para a retenção de água e matéria orgânica do solo, assim como de sementes, poderia induzir, por si só, a recuperação da cobertura vegetal. As espécies envolvidas nesse processo de colonização foram as mesmas presentes nas imediações dos escorregamentos e utilizadas no plantio, ocorrendo diversas outras espécies, com predomínio de plantas herbáceas (compostas e gramíneas) e arbustivas (melastomatáceas). Informações mais detalhadas sobre o plantio realizado nas ravinas podem ser obtidas em Silva Filho (1988, 1991) e em Bononi (1989).

Em sobrevôos realizados nas áreas de plantio durante a década de 90, foi possível verificar que a vegetação das ravinas e áreas circunvizinhas formou uma cobertura contínua. A vegetação formada assemelha-se, na fase inicial, a um carrascal, onde a vegetação herbácea e arbustiva formava um emaranhado denso com algumas espécies de lianas. A regeneração de indivíduos arbóreos ocorreu mais lentamente. Somente nos últimos sobrevôos, a partir de 1999, foi possível verificar a formação de capoeiras na maior parte das áreas beneficiadas pelo projeto. Restaram, ainda que em pequeno número, ravinas cobertas com vegetação rasteira, possivelmente por causa do afloramento de rocha ou dos solos rasos desses locais.

4. Semeadura aérea de espécies pioneiras

O projeto da semeadura aérea de espécies pioneiras da Mata Atlântica nasceu de observações do processo de regeneração natural da floresta em áreas poluídas de Cubatão (Pompéia & Adiar, 1988; Pompéia et al., 1988b; Pompéia, 1990c) e teve por base teórica os modelos de sucessão secundária de florestas pluviais tropicais desenvolvidos durante as décadas de 70 e 80 (Gomez Pompa & Vasquez Yanes, 1979), especialmente no México, Costa Rica e Brasil. Como fruto de quatro anos de pesquisas (1985-1989), realizadas pela Cetesb e Instituto de Botânica, foi desenvolvido um modelo de recuperação da floresta inteiramente fundamentado na sucessão ecológica do próprio ecossistema degradado (Figura 4). Os trabalhos de recuperação

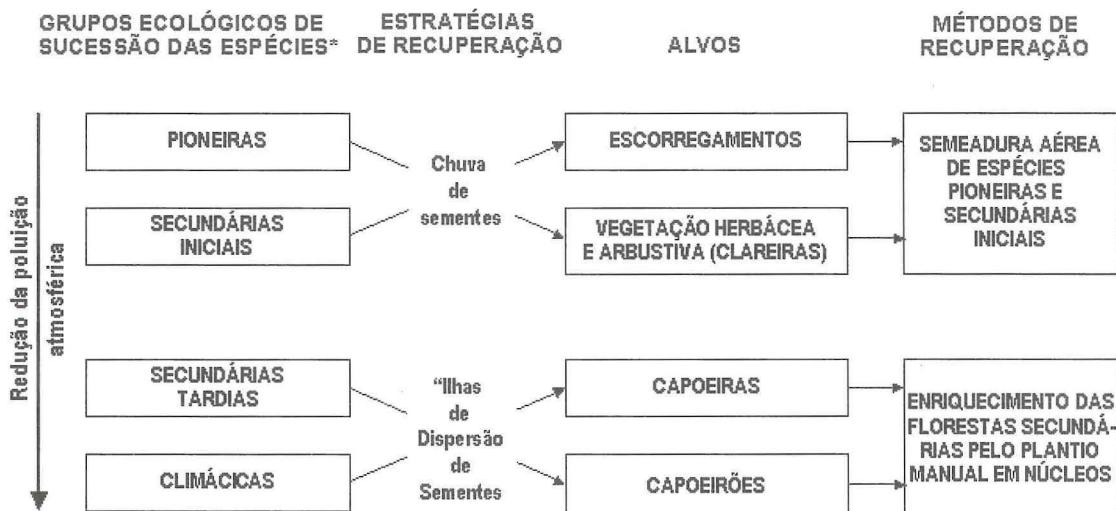


Figura 4. Modelo de recuperação da cobertura vegetal da Serra do Mar.

foram iniciados em 1989 com um plantio de sementes de espécies pioneiros tolerantes à poluição atmosférica. Nessa operação, inédita no Brasil, foi utilizado o processo de semeadura aérea nas escarpas da Serra do Mar, inspirado na estratégia de regeneração por chuva de sementes (Pompéia et al., 1988a, 1989; Pompéia, 1990a e 1990b).

A semeadura aérea de espécies arbóreas constitui uma alternativa tecnológica de reflorestamento que surgiu de forma empírica nos anos 20 e expandiu-se consideravelmente em diversos países do Hemisfério Norte a partir da década de 60. Mais recentemente, ela tem sido empregada em áreas tropicais, envolvendo diversas espécies, entre elas *Sesbania grandiflora*, *Leucaena leucocephala* e *Acacia auriculiformis* (National Academy of Sciences, 1981).

Os primeiros registros de implantação de florestas por semeadura aérea datam de 1926 no Havaí e início dos anos 30 no Canadá. Entretanto, somente a partir de 1956 é que essa prática foi racionalizada e passou a ser empregada em larga escala no plantio de *Pinus* no sudeste dos Estados Unidos. A experiência americana envolveu o reflorestamento de mais de um milhão de hectares de florestas de *Pinus* por via aérea, com sucesso em 90% das tentativas. Os locais que melhor responderam à semeadura foram as terras devastadas por incêndios, por insetos ou por tornados, as áreas de mineração e as áreas de difícil acesso.

Na década de 60, o plantio aéreo de espécies arbóreas passou a ser prática corrente no Canadá e no Japão, especialmente em áreas montanhosas. O mesmo vem ocorrendo na Austrália e na Nova Zelândia, que acumulam experiências neste sentido há mais de 20 anos (National Academy of Sciences, 1981; Akiyama & Mori, 1990).

A experiência em regiões tropicais, embora mais recente, já apresenta resultados positivos na Índia, na Indonésia e no Havaí. Essa técnica também expandiu-se para a recuperação de manguezais nos Estados Unidos (Teas, 1979) e na Índia (Lahiri, 1991), com resultados bastante satisfatórios. Na Índia, obteve-se sucesso com plantios aéreos em dunas de areia utilizando-se a espécie *Prosopis juliflora* (National Academy of Sciences, 1981).

Entre as vantagens do processo de semeadura aérea destacam-se o baixo custo de implantação das florestas e a possibilidade de recuperar áreas de difícil acesso ou muito extensas. Entre as desvantagens do método estão a desuniformidade do stand de plantio, a elevada perda de sementes, as restrições de natureza meteorológica (especialmente longos períodos de seca), a predação de propágulos e as limitações relativas à obtenção de sementes para plantio.

Especialistas em semeadura aérea, em reunião promovida pelo National Research Council dos Estados Unidos, em 1979, recomendaram a aplicação dessa técnica em regiões tropicais com acelerada

destruição de florestas, citando entre outras a Amazônia e o litoral do Brasil (National Academy of Sciences, 1981). Entre as recomendações para pesquisa, em países interessados no desenvolvimento da técnica de semeadura aérea, sobressaem-se:

1. o estudo das características biológicas das espécies arbóreas potencialmente aptas, quanto aos aspectos ligados à germinação de sementes e estabelecimento de plântulas;
2. a identificação de áreas e épocas de plantio mais adequadas;
3. a pesquisa em produção e tecnologia de sementes;
4. a seleção de técnicas para o preparo do terreno a ser semeado;
5. a melhoria dos equipamentos de lançamento aéreo de sementes e
6. a utilização de microrganismos benéficos associados às sementes (p. ex., micorrizas e bactérias fixadoras de nitrogênio).

Para a semeadura aérea da Serra do Mar em Cubatão a seleção de espécies baseou-se em quatro critérios: 1º) pertencer à Mata Atlântica; 2º) possuir caráter pioneiro (heliófilas de rápido crescimento); 3º) ser tolerante à poluição de Cubatão e 4º) produzir sementes (ou esporos) em grandes quantidades. Foram selecionadas cinco espécies de samambaias, quinze espécies arbóreas e doze arbustivas (Pompéia et al., 1989; Pompéia, 1990a, 1995).

Dentre as espécies arbóreas selecionadas destacam-se as melastomáceas (*Tibouchina*, *Miconia*), as figueiras (*Ficus*) e as embaúbas (*Cecropia*) entre outras, todas pioneiras e com sementes de tamanho pequeno. Para contornar as limitações advindas do reduzido peso das sementes empregadas (inferior a 0,1 mg) e evitar sua dispersão pelo vento e a retenção pela vegetação herbácea e arbustiva existente, aplicou-se a técnica de peletização em gel hidrofílico para aumentar o peso e o volume das sementes e permitir seu lançamento por via aérea (Pradella et al., 1992; Pompéia et al. 1989).

O processo de peletização (Figura 5), desenvolvido juntamente com o Agrupamento de Biotecnologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), é conseguido a partir do gotejamento de uma solução de alginato de sódio comercial, contendo sementes em suspensão, em uma solução de cloreto de cálcio (geleificação), e resulta em estruturas gelatinosas esféricas, com aproximadamente 4 mm de diâmetro, contendo diásporos de tamanhos reduzidos (inferiores a 3 mm de diâmetro). A Figura 6 mostra o equipamento desenvolvido pelo IPT e a Cetesb, capaz de produzir 400 kg/dia de pelotas (pellets) de gelatina contendo sementes de espécies pioneiras da Mata Atlântica. O produto obtido é transparente e facilita a germinação de sementes fotoblásticas positivas (caso da *Tibouchina* e de outras espécies pioneiras) e o desenvolvimento inicial das plântulas em seu interior. O gel permite as trocas gasosas, a retenção de água e nutrientes e a proteção mecânica das estruturas de reprodução.

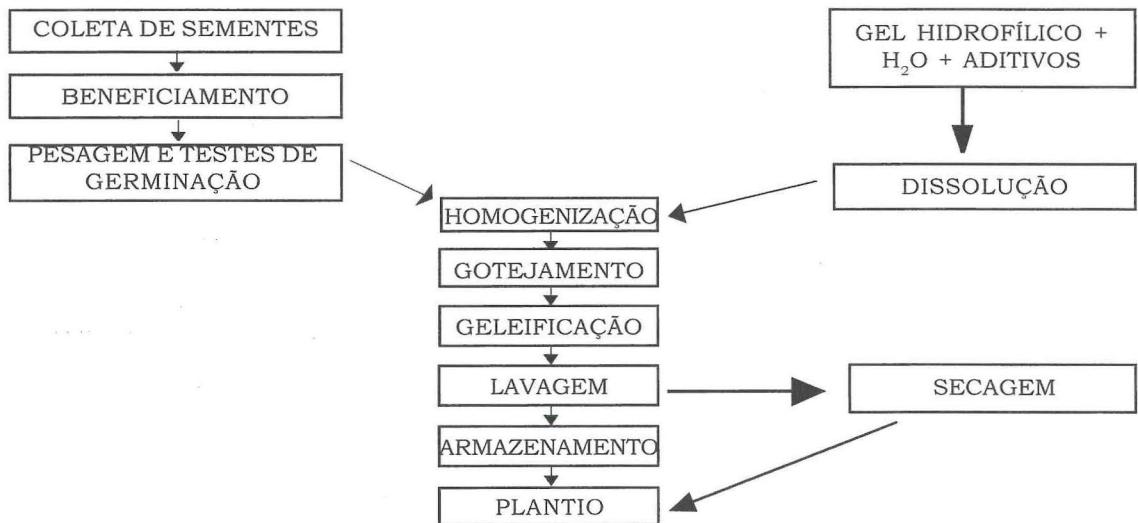


Figura 5. Técnica de peletização de sementes em gel hidrofilico.

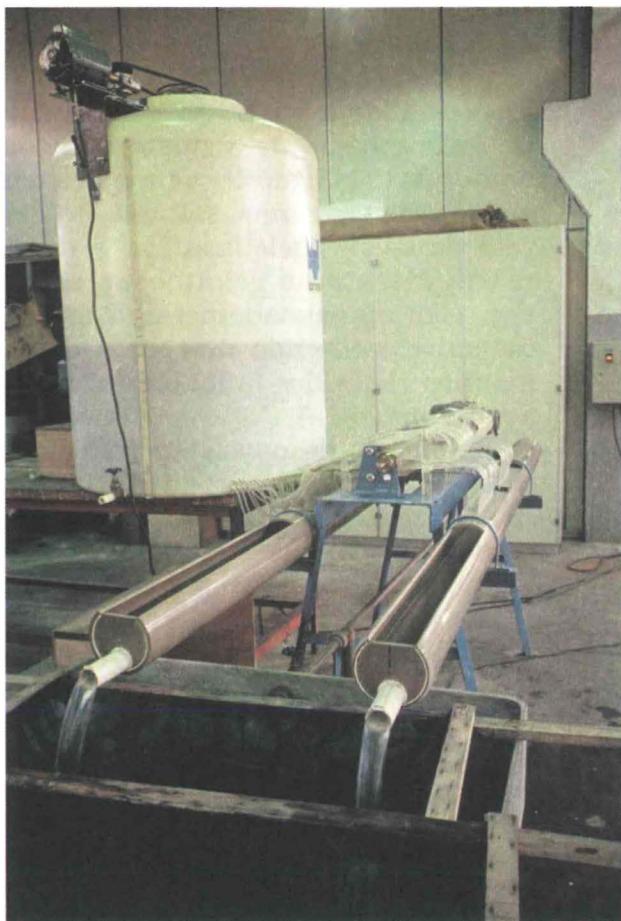


Figura 6. Detalhe do equipamento desenvolvido para a peletização de sementes de espécies pioneiros para semeadura aérea de áreas degradadas da Serra do Mar, Cubatão.

A peletização em gel hidrofílico confere maior eficácia à semeadura aérea de sementes de tamanho reduzido, mas apresenta uma forte restrição em relação à umidade do solo na área de plantio: o dessecamento do *pellet* entre a germinação da semente e o enraizamento da radícula, pode resultar em morte de plântulas. O método, no entanto, foi adequado às condições da Serra do Mar, onde a umidade é elevada e constante.

As sementes peletizadas foram destinadas ao plantio em escorregamentos, com solo nu ou em fase de colonização por espécies invasoras, e ao replantio das demais áreas desprovistas de vegetação arbórea, especialmente nas escarpas mais atingidas pelas emissões de poluentes.

A coleta de sementes foi realizada por uma equipe de dez mateiros, no período de setembro de 1988 a março de 1989, sendo coletados cerca de 750 milhões de sementes viáveis de árvores e arbustos, dos quais 383 milhões de sementes correspondiam aos manacás-da-serra (*Tibouchina pulchra* e *T. mutabilis*) - principais espécies pioneiras da

Mata Atlântica em Cubatão. Foram, ainda, adicionados cerca de 40 kg de esporos de pteridófitas externamente às sementes peletizadas.

A primeira semeadura aérea foi efetuada no período chuvoso de 1988/89 em diversas áreas degradadas distribuídas em cerca de 15 km² da Serra do Mar, consideradas como de maior risco de escorregamentos com base em estudos geotécnicos elaborados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (Budowski, 1965). A superfície efetivamente semeada foi de aproximadamente 70 ha: 59 ha de capoeiras fortemente degradadas com baixo potencial de regeneração natural, e 11 ha representados por 104 escorregamentos. Destes, 53 apresentavam solo nu, 5 tinham braquiária e em 46 ocorria vegetação de porte herbáceo em início de regeneração (Figura 7).

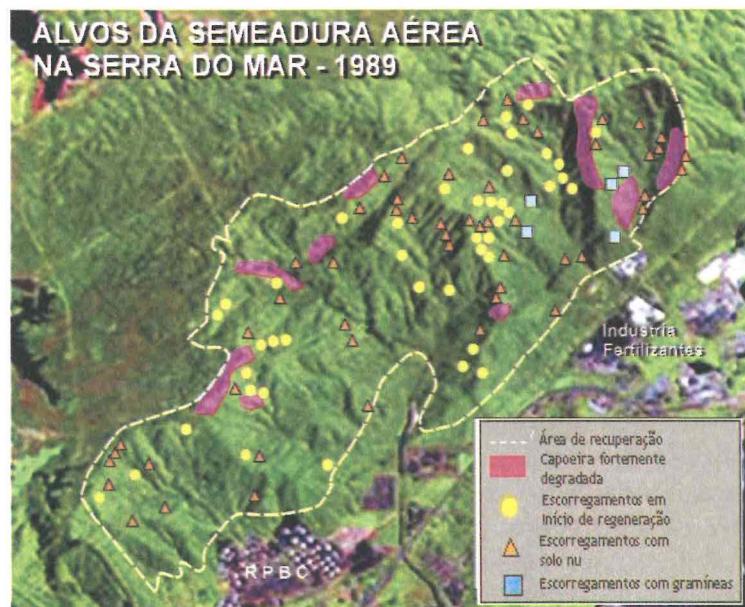


Figura 7. Localização dos alvos de plantio da semeadura aérea realizada em Cubatão em 1989.

A semeadura do ano de 1989 foi realizada em duas etapas. Na primeira, com duração total de dez horas de vôo, nos dias 15 e 16 de fevereiro, foram utilizados helicópteros do tipo Esquilo, da FAB - Força Aérea Brasileira. Na segunda etapa com duração de seis horas, nos dias 13, 14 e 18 de abril, foi utilizado um avião agrícola Ipanema equipado com semeador Tetraer. A uniformidade, a versatilidade e a rapidez da semeadura por aviões agrícolas e os consequentes reflexos no custo da operação indicam que eles são mais eficientes para a semeadura aérea. Os helicópteros, de custo mais elevado, são mais adequados para alvos pontuais de plantio ou para locais muito distantes de pistas de pouso, onde o emprego de aviões agrícolas torna-se inviável (Pompéia, 1995). A Figura 8 mostra *pellets* com sementes em processo de germinação.

Para a estimativa do número de sementes germinadas até 45 dias após a semeadura aérea, *pellets* foram recolhidos das áreas semeadas e avaliados em laboratório. Utilizando o número médio de sementes germinadas por *pellet* recolhido e o número total de *pellets* semeados, a estimativa, baseada na premissa da existência de condições favoráveis à germinação tais como as existentes nos testes em laboratório, foi de 122 milhões de sementes germinadas, correspondendo a cerca de 13% do total de sementes lançadas por via aérea. Esse número é uma estimativa baseada na premissa da existência de condições favoráveis à germinação, como as existentes nos testes de laboratório. Em campo, esse

valor pode ser sensivelmente reduzido por causa das condições físicas inadequadas do sítio exato de fixação de cada *pellet* e, posteriormente, da alta mortalidade esperada na fase inicial de estabelecimento da plântula, principalmente, quando ocorre a dessecação do local semeado.

Os dados do estabelecimento das plântulas após seis meses da semeadura aérea encontram-se na Tabela 2. Observa-se uma alta variabilidade no estabelecimento de plântulas de acordo com a cobertura vegetal, com a declividade e demais características do local de monitoramento (exposição de vertentes e solos). Esse comportamento reflete a variabilidade esperada para as condições bastante heterogêneas, como as encontradas na Serra do Mar em Cubatão. Entretanto, a densidade média do conjunto de todas as parcelas, cerca de 1,1 plântula/m², foi considerada satisfatória, sendo superior à densidade de mudas de espécies arbóreas empregadas em plantios convencionais que, em geral, são inferiores a 0,5/m² (uma planta para dois metros quadrados que equivale a um espaçamento de 2,0 m x 1,0 m).



Figura 8. *Pellets* com sementes germinando.

Nas áreas sob linhas de transmissão de energia de alta tensão, ocupadas por arbustos do gênero *Tetrapteryx* (Malpighiaceae) (parcela 21) não foi observado nenhum sinal de germinação de sementes (semeadas ou não), podendo ter havido uma inibição por excesso de sombreamento ou por substâncias alelopáticas. Entretanto, essas áreas são insignificantes, representando menos de 1% da superfície total semeada. Nas áreas plantadas com gramíneas do gênero braquiária ocorreu a germinação das sementes, mas por causa da competição resultante do adensamento dessas gramíneas não houve ou foi reduzido

o estabelecimento de plantas semeadas (parcelas 11 e 12).

Nas áreas de capoeira degradada (sem deslizamentos), que representam mais de 84% da área semeada (parcelas 16 a 20), o estabelecimento de plântulas foi, em média, de 1,3 plântulas/m². Em escorregamentos com regeneração natural da vegetação (parcelas 13, 14 e 15), obteve-se cerca de 0,33 plântula/m².

A Tabela 2 permite ainda verificar que nos escorregamentos com solo nu (parcelas 1 a 10) a densidade média de plântulas oscilou de 0,5 a 2,1 plântulas/m², atingindo 4,9

Tabela 2. Densidade de plântulas nas parcelas de monitoramento após seis meses da semeadura aérea.

Tipologia das áreas semeadas	Parcela de monitoramento	Densidade (plântulas/m ²)	
		Total*	Tibouchina**
Cicatrizes de escorregamentos recentes (com solo nu)	1	1,7	0,8
	2	2,15	0,8
	3	0,5	0,4
	4	0,8	0,6
	5	0,6	0,4
	6	0,7	0,4
	7	0,8	0,5
	8	0,5	0,2
	9	0,7	0,3
Sopé de escorregamento	10	4,9	2,6
Escorregamentos com braquiária plantada	11	0,0	0,0
	12	0,6	0,1
Escorregamentos antigos em regeneração natural	13	0,2	0,1
	14	0,4	0,2
	15	1,5	0,7
Capoeiras degradadas	16	1,8	0,4
	17	1,1	0,2
	18	1,5	0,2
	19	2,0	2,0
	20	0,9	0,9
Área com <i>Tetrapteryx</i>	21	0,0	0,0

* Refere-se ao conjunto de espécies semeadas

** Refere-se a plântulas de manacá-da-serra (*T. pulchra* e *T. mutabilis*)

plântulas/m² na base de um escorregamento monitorado (parcela 10). Essa concentração de plântulas na base (sopé) deve-se tanto ao carreamento de *pellets*, proporcionado pela declividade durante a semeadura e posteriormente pelas águas de chuva, como às condições de maior umidade e nutrientes do solo favorecendo a germinação e o estabelecimento das plantas. Observa-se cerca de

cinco vezes mais plântulas no sopé do que na porção central dos escorregamentos com solo nu. Mesmo com esse transporte, não foram observados valores inferiores a 0,5 plântula/m² no centro dos deslizamentos, valor que pode ser considerado satisfatório para a finalidade do reflorestamento. As Figuras 9 e 10 mostram os resultados monitorados da semeadura aérea em Cubatão.



Figura 9. Plântula de *Cecropia* spp. resultante de semeadura aérea, desenvolvendo-se em Ravina de Cubatão

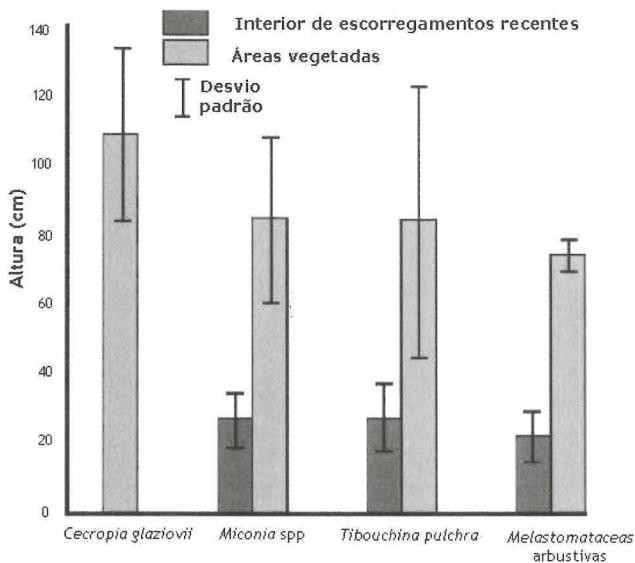


Figura 10. Crescimento em altura de espécies semeadas por via aérea na Serra do Mar em Cubatão, dezoito meses após o plantio.

Após cerca de 18 meses do plantio realizou-se uma avaliação do crescimento em altura de algumas espécies representativas da semeadura, em três condições distintas de plantio (Figura 10). Os resultados indicam que a resposta de crescimento está diretamente relacionada às condições de solo da área semeada, ocorrendo uma diferença significativa entre o interior de escorregamentos com solo nu e as demais áreas onde o teor de nutrientes e a capacidade de retenção da água são maiores.

Em virtude da reduzida área amostrada durante o monitoramento não foi possível uma análise mais profunda sobre o estabelecimento e desenvolvimento das diversas espécies semeadas. As precárias condições de acesso e a necessidade de se realizar o monitoramento com equipamentos de segurança limitaram o número de parcelas monitoradas. A obtenção de uma quantidade suficiente de dados para permitir uma análise estatística mais confiável do crescimento e mortalidade só foi possível em plantas de manacás-da-serra, por representarem mais de 50% das sementes lançadas, tendo sido observadas em praticamente todas as parcelas de monitoramento (Pompéia et al., 1992b).

Em sobrevôos realizados em 1994 e 1999 foi constatada a cobertura do solo por indivíduos arbóreos em praticamente todas as áreas semeadas. A permanência de um estrato herbáceo-arbustivo foi observada apenas nos locais situados em locais de relevo escarpado, possivelmente por causa das limitações impostas ao estabelecimento de indivíduos arbóreos pelo solo excessivamente raso. Levantamento expedido de campo, realizado dez anos após a semeadura aérea, indicou a formação de uma capoeira com franco predomínio de *Tibouchina*, com um estrato arbóreo contínuo de aproximadamente 6 metros de altura, em escorregamentos desprovidos de vegetação à época da semeadura. Verificou-se também a colonização por espécies arbóreas no sub-bosque, indicando o prosseguimento da sucessão secundária. A Figura 11 ilustra resultados de semeadura por via aérea em Cubatão, mostrando área de ravina com arboretas de manacá-da-terra (*Tibouchina pulchra*).



Figura 11. Ravina após três anos de semeadura por via aérea.

O custo do plantio de um hectare por via aérea em Cubatão, equivalente a US\$ 386,00/ha, foi cerca de um terço do custo do plantio homogêneo de eucaliptos em larga escala, que se aproxima de US\$ 1.000,00/ha em algumas áreas do Estado de São Paulo. Na Nova Zelândia, a relação de custo entre semeadura aérea e o plantio manual chegava a ser de um para dez (National Academy of Sciences, 1981). Para avaliar a relação custo-benefício desse projeto utilizou-se também a relação existente entre o custo de produção por via aérea de uma planta de 50 cm de altura e o custo de uma muda similar de espécie nativa produzida em viveiros convencionais. No primeiro procedimento o custo foi de aproximadamente US\$ 0,05 (cinco centavos de dólar) por planta, enquanto que o preço de mercado de uma muda similar é cerca de US\$ 0,50, isto é, dez vezes superior. Essa relação seria mais favorável à semeadura aérea se fossem computados os custos de plantio das mudas nas condições da Serra do Mar.

5. Plantio de mudas de espécies arbórea

Na segunda fase do modelo de recuperação (Figura 4), cujo objetivo era restaurar a biodiversidade característica da floresta pluvial tropical, previu-se a implantação de bosques (núcleos ou "ilhas") de vegetação arbórea com alta diversidade, reintroduzindo as espécies secundárias tardias e climáticas da Mata Atlântica (Cetesb, 1985; Pompéia, 1990a; Pompéia et al., 1992a; Mendonça et al.,

1994). A localização e o dimensionamento dos bosques seguiram critérios estratégicos quanto ao acesso à manutenção e principalmente quanto ao potencial de dispersão das sementes produzidas para as áreas vizinhas (Japan International Cooperation Agency, 1991). Por envolver um grupo de espécies mais raras e de características auto-ecológicas pouco conhecidas, optou-se por realizar o plantio manual com mudas produzidas em viveiros. A Figura 12 ilustra o plantio de enriquecimento de caopeiras em áreas degradadas de Cubatão.



Figura 12. Plantio de enriquecimento com espécies arbóreas de estágios avançados de regeneração natural.

Assim, em 1993, foram implantados três bosques experimentais, de um total de 20 previstos inicialmente pelo projeto. As áreas escolhidas representavam duas diferentes situações de poluição do ar e uma área-controle. Foram plantadas 430 mudas por bosque pertencentes a 35 espécies arbóreas da Mata Atlântica. As mudas, produzidas em sacos plásticos, com mais de seis meses de idade, apresentavam alturas variando de 0,30 a 1,50 m. O plantio foi realizado no interior das capoeiras existentes à época. As mudas foram distribuídas em 16 linhas de 100 metros de comprimento, com uma faixa de 6 metros entre si e um espaçamento de 4 metros entre mudas. O plantio foi monitorado entre 1993 e 1999. Os resultados obtidos com uma avaliação detalhada do comportamento de cada espécie estudada quanto ao crescimento, mortalidade e presença de injúrias decorrentes da poluição do ar encontram-se em Machado et al. (2000). O maior crescimento das espécies utilizadas não ultrapassou a altura média de 3,0 metros, tendo sido registrado para a população de *Cordia superba* plantada em área poluída, próxima às indústrias de fertilizantes. As demais apresentaram crescimento em geral bastante inferior, especialmente na área-controle, que era mais sombreada.

O plantio de espécies arbóreas não pioneiras, visando ao enriquecimento das capoeiras formadas na Serra do Mar em Cubatão, resultou no desenvolvimento reduzido das árvores reintroduzidas, mesmo considerando que são espécies de crescimento lento. Este comportamento

pode ser atribuído à pouca luz existente no interior das capoeiras. Assim, as mudas introduzidas na área-controle, sem poluição e mais sombreada, geralmente apresentaram menor crescimento que em áreas poluídas. Nos locais poluídos, embora se observem sintomas de efeitos tóxicos da poluição em algumas das espécies plantadas, o dossel é mais aberto, possibilitando melhor iluminação das plantas e seu maior desenvolvimento. Portanto, a avaliação dos resultados obtidos nesses plantios não permite uma conclusão estatisticamente válida sobre o efeito direto da poluição no desenvolvimento das espécies arbóreas.

Entretanto, pode-se concluir que a contribuição do enriquecimento relatado para a melhoria das condições do solo e dos aspectos hidrológicos da floresta é inexpressivo se comparado com o plantio das ravinas e à semeadura aérea. Isso pelo fato de a biomassa produzida ser muito pequena após seis anos do plantio. A contribuição do enriquecimento com espécies arbóreas de estágios mais avançados para o ecossistema florestal só poderá ser avaliada em longo prazo, quando ocorrer a frutificação e a dispersão das sementes, e ao se analisar o potencial de regeneração natural delas no interior das florestas secundárias.

6. Considerações finais e recomendações

- À época, o custo de produção por semeadura aérea de uma planta de 50 cm de altura foi 10 vezes

menor do que o custo de um muda similar produzida em viveiro convencional.

A região da Mata Atlântica de Cubatão degradada por poluição atmosférica foi, e ainda é, um importante laboratório para a avaliação de tecnologia de recuperação ambiental e dos efeitos da poluição sobre espécies e ecossistemas de floresta pluvial tropical.

As experiências apresentadas neste capítulo, todas inéditas e controvertidas, representam, com seus erros e acertos, uma contribuição importante para a restauração da cobertura vegetal em áreas degradadas.

A inclusão de um componente de pesquisa com delineamento estatístico nos projetos executados possibilitaria a análise experimental dos dados gerados e tornaria possível conclusões melhor fundamentadas científicamente. O grande número de variáveis ambientais da região de Cubatão e o pragmatismo que norteou as ações de recuperação ambiental contribuíram para a escolha da estratégia adotada.

Recomenda-se a inclusão de um componente de pesquisa, com delineamentos estatísticos, em empreendimentos em grande escala de recuperação florestal para o melhor aproveitamento da oportunidade de obter informações científicas.

7. Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. A Serra do Mar na região de Cubatão: avalanches de janeiro de 1985 a ruptura do equilíbrio ecológico da Serra de Paranapiacaba e a poluição industrial. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1987, Cananéia. **Anais...** São Paulo: ACIESP, 1987. v. 2, p. 74-116.

AGUIAR, L. S. J.; SANTOS, R. P. Análise morfodinâmica da Serra do Mar na região de Cubatão. SP. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA, 1991, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 1991. v.1.

AGUIAR, L. S. J.; SANTOS, R. P. **Carta morfodinâmica da Serra do Mar na região de Cubatão - Sp.** São Paulo: CETESB, 1987. 37 p.

AGUIAR, I. S. J.; SANTOS, R. P.; MODESTO, R. P. Carta da cobertura vegetal das escarpas da Serra do Mar atingidas por poluentes atmosféricos na região de Cubatão. In: CONGRESO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais.** [S.1.]: INPE, 1993, v. 2.

AIDAR, M. P. M.; POMPÉIA, S. L.; CHI-MELO, J. P. Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis a poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 39., 1988, Belém. **Resumos...** Belém: Sociedade Botânica do Brasil, 1988. p. 428.

AIDAR, M. P. M.; POMPÉIA, S. L.; CHI-MELO, J. P. **Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis à poluição**

atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão. São Paulo: CETESB, 1989. 121 p.

AKIYAMA, T.; MORI, Y. **Yomigaere:** Ashio doosan no kiokun to ryoka sakucen. Tokio: [s.n.], 1990. 144 p.

ALONSO, C. D.; GODINHO, R. A evolução da qualidade do ar em Cubatão. **Química Nova**, v. 15, n. 2, p. 125-136, 1992.

ATALA, F. Histórico. In: CENTRO DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. **Floresta da Tijuca.** Rio de Janeiro, 1966. p. 11-59.

AUGUSTO FILHO, O. Mass movement risk zoning: priority areas to reforestation of Serra do Mar slopes at the Cubatão area, São Paulo. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON GEOENGINEERING, 1989, Torino. **Anais...** Torino: [s.n.], 1989. v. 1, p. 17-24.

BARBOSA, J. M.; VERONESE, S. A.; BARBOSA, L. M.; SILVA, T. S. da; ANDREANI JUNIOR, R. Gramíneas pioneiras ocorrentes em áreas degradadas da Serra do Mar: produção de sementes e capacidade de ocupação das espécies. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 15, p. 64-73, out. 1990.

BONONI, V. L. R. (Coord.). **Recomposição da vegetação da Serra do Mar, em Cubatão, São Paulo, Brasil.** São Paulo: Instituto de Botânica, 1989. 68 p. (IBt. Série Pesquisa).

BRAGANÇA, C. F.; KONO, E. C.; AGUIAR, L. S. J.; SANTOS, R. P. Avaliação da degradação da Serra do Mar. **Ambiente**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 77-87, 1987.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species of successional processes. **Turrialba**, San José, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

CETESB. **Ações para recuperação da Serra do Mar.** São Paulo, 1985. 24 p.

CLAUDIO, C. F. B. R.; BRAGA, C. Z. F.; VALERIANO, D. de M. **Mapeamento do uso do solo, das cicatrizes: de escorregamento e caracterização preliminar da estrutura vegetal da Serra; do Mar em Cubatão - SP.** São Paulo: CETESB, 1987. 85 p.

CUBATÃO. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 13, p. 80-86, 1984.

CUBATÃO: uma tragédia ecológica. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 10-24, 1992.

DOMINGOS, M. **Aspectos da ciclagem de nutrientes na reserva biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes aéreos do complexo industrial de Cubatão.** São Paulo: USP, 1987. 166 p. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da USP para obtenção do título de Mestre.

EITEN, G. A vegetação do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, v. 7, 1970.

FLORESTAR ESTATÍSTICO. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. v. 1.

GAETTA, M. M.; POMPÉIA, S. L.; MARTINS, S. E.; MENDONÇA, R. R.; SINISGALLI, P. A. A. Aspectos fitossociológicos da vegetação da Serra do Mar degradada pela poluição atmosférica de Cubatão - SP. In: CONGRESSO

NACIONAL DE BOTÂNICA, 38., 1987, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil, 1987. p. 226. Resumo.

GAETA LEMOS, M. M.; SINISGALLI, P. A. de A.; MENDONÇA, R. R. **Aspectos fitossociológicos da vegetação da Serra do Mar degradada pela poluição atmosférica de Cubatão - SP.** São Paulo: CETESB, 1989. 50 p.

GOMEZ POMPA, A.; AMO R., S. (Ed.). **Investigaciones sobre la regeneración de Selvas Altas en Veracruz.** México: INIREB, 1985. 667 p.

GOMEZ POMPA, A.; VAZQUEZ YANES, C. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones calido-húmedas de México. In: GOMEZ POMPA, A.; AMO R., S. (Ed.). **Investigaciones sobre la regeneración de Selvas Altas en Veracruz.** México: INIREB, 1985. v. 2, p. 1-25.

GOMEZ POMPA, A.; VASQUEZ YANES, C. Estudios sobre sucesión secundaria en 105 tropicos calido-húmedos: el ciclo de vida de las especies secundarias. In: GOMEZ POMPA, A.; AMO R., S. (Ed.). **Investigaciones sobre la regeneración de Selvas Altas en Vera Cruz, México.** México: Continental, 1979. p. 579-590.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **The study on the disaster prevention and restoration project in Serra do Mar, Cubatão region, State of São Paulo.** São Paulo, 1991. 423 p.

JOLY, C. A; LEITÃO FILHO, H. F.; SILVA, S. M. O patrimônio florístico: the

floristic heritage. In: CÂMARA, I. G. (Coord.). **Mata Atlântica: Atlantic Rain Forest.** São Paulo: Index: Fundação SOS Mata Atlântica, 1991. 188 p.

KAGEYAMA, P. Y. (Coord.). **Estudos para implantação de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passa Cinco visando à utilização para abastecimento público:** projeto piloto. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. 237 p. Mapa.

KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C.; PALERMO, A. J. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: CONGRESO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS: SBEF, 1990. v. 1, p. 109-113.

KELLMAN, M. C. Geographic patterning in tropical weed communities and early secondary successions. **Biotropica**, v. 12, n. 12, supl., p. 34-39, 1980.

KLEIN, R. M. **Contribuição ao conhecimento da flora e da Reserva do Vale do Itajaí, Santa Catarina.** 1978. 412 p. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da USP para obtenção do título de Doutor.

LAHIRI, A. K. Aerial seeding in mangrove swamps. **Indian Forester**, Dehra Dun, v. 113, n. 3, p. 159-161, 1991.

LANG, A. L. A Consideraciones sobre el potencial alelopático de la vegetación secundaria. In: GOMEZ POMPA, A. **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Vera Cruz, México.** México: Continental, 1979. p. 448-466.

LOFGREEN, A. Ensaio para uma distribuição dos vegetais nos diversos grupos florísticos no Estado de São Paulo. **Boletim da Comissão Geographica e Geologica de São Paulo**, São Paulo, v. 11, p. 1-50, 1898.

MACHADO, S. P.; SOUSA, J. B. de; DINIZ, K. M.; LOPES, M. R.; PACIÊNCIA, M. L. B.; BATISTA, E. R.; SANTI-
NI, R. G. M. R.; FIALHO, R. C. **Moni-
toramento do desenvolvimento das
espécies da Mata Atlântica introduzi-
das em três bosques experimentais em Cubatão - SP**. São Paulo: CETESB, 2000. 102 p. Relatório Técnico.

MARINO, M. C. (Coord.). **A Serra do Mar**: degradação e recuperação. São Paulo: SMA: CETESB, 1990. 56 p. (Serie Documentos).

MARTINS, S. E.; POMPÉIA, S. L.; FI-
ALHO, R. C. Longevidade de seme-
tes de espécies pioneiras da Mata
Atlântica. In: CONGRESSO NACIO-
NAL DE BOTÂNICA, 41., 1990, For-
taleza. **Resumos...** Fortaleza: Univer-
sidade Federal do Ceará, 1990. p. 452.

MARTINS, S. S.; TAKAHASHI, L. Y.;
BORGES, R. C. G. Desenvolvimento
de algumas espécies florestais nati-
vas em plantio de enriquecimento.
In: CONGRESSO FLORESTAL BRA-
SILEIRO, 6., 1990, Campos do Jor-
dão. **Anais...** São Paulo: SBS: SBEF,
1990. v. 3, p. 329-342.

MENDONÇA, R. R.; PAULICS, J. P.;
POMPÉIA, S. L. Enriquecimento de
florestas secundárias afetadas por
poluição em Cubatão, SP, Brasil: im-
plantação e resultados preliminares.
In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO e
SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECU-

PERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS,
9., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Cu-
ritiba: FUPEF, 1994. p. 439-452.

MENDONÇA, R. R.; POMPÉIA, S. L.;
MARTINS, S. E. A sucessão secun-
dária da Mata Atlântica na região de
Cubatão - SP. **Revista do Instituto
Florestal**, São Paulo, v. 4, pt. 1, p.
131-138, 1992. Edição dos Anais do
Congresso Nacional sobre Essências
Nativas, 2., 1992, São Paulo.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES.
Sowing forests from the air. Wash-
ington: National Academy Press, 1981.
56 p. OLIVA, A.; DINIZ, K. M.; PRA-
DELLA, D. Z. A.; POMPÉIA, S. L. Ger-
minação de espécies pioneiras da
Mata Atlântica. In: SIMPÓSIO INTER-
NACIONAL DE ESTUDOS AMBIEN-
TAIS SOBRE ECOSISTEMAS FLO-
RESTAIS, 3., 1994, Porto Alegre. **For-
est/94**: resumos. Porto Alegre:
[s.n.], 1994, p. 1-13.

OLIVEIRA, S. (Coord.): **Caracteriza-
ção meteorológica e aplicação de
modelos de dispersão**. São Paulo:
CETESB, 1985. 98 p.

OLIVER, N. **Floresta da Tijuca e Cer-
canias**. Rio de Janeiro: INoEX, 1991.
150 p.

POMPÉIA, S. L. Recuperação do ecos-
istema Mata Atlântica de encosta.
In: CONGRESSO FLORESTAL BRA-
SILEIRO, 6., 1990, Campos do Jor-
dão. **Anais...** São Paulo: SBS: SBEF,
1990a, v.1. p. 145-155.

POMPÉIA, S. L. **Relatório da semea-
dura aérea**. [S.l: s.n.], 1995.

POMPÉIA, S. L. Successional process
and restoration of tropical rain fo-
rest escarpments. In: FOREST 90,

1990, Manaus. **Resumos...** Manaus: [s.n.], 1990b. p. 50.

POMPÉIA, S. L. Tropical rain forest degradation by air pollutants in Cubatão, SP, Brazil. In: FOREST 90, 1990, Manaus. **Resumos...** Manaus: [s.n.], 1990c. p. 54.

POMPÉIA, S. L.; AIDAR, M. P. M. Alterações na comunidade vegetal da Serra do Mar em Cubatão - SP decorrentes da poluição atmosférica. In: REUNIÃO ANUAL SBPC, 15., 1988, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, 1988. p. 670.

POMPÉIA, S. L.; AIDAR, M. P. M.; ABRAHÃO, D.Z.; SANTOS, R. C.; MARTINS, S. E. Modelo de recuperação da cobertura vegetal em áreas degradadas da Serra do Mar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 40., 1988, São Paulo. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBPC, 1988a, p. 670.

POMPÉIA, S. L.; AIDAR, M. P. M.; SINISGALLI, P. A. A. **Levantamento de espécies vegetais resistentes à poluição atmosférica de Cubatão.** São Paulo: CETESB, 1988b. 18 p.

POMPÉIA, S. L.; AIDAR, M. P. M.; SUGIYAMA, M.; KIRIZAWA, M.; LOPES, E. A.; CHIEA, S. A. C.; VITAL, D. M.; GAETA, M. M.; MENDONÇA, R. R.; SINISGALLI, P. A.A. Plantas da Serra do Mar resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão. In: CONGRESO NACIONAL DE BOTÂNICA, 38., 1987, São Paulo, **Resumos...** São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil, 1987. p. 229.

POMPÉIA, S. L. MENDONÇA, R. R.; MARTINS, S. E. **Recuperação da biodiversidade da Mata Atlântica em Cubatão:** levantamento de espécies vegetais resistentes à poluição atmosférica de Cubatão. São Paulo: CETESB, 1992a. 21 p.

POMPÉIA, S. L.; PRADELLA, D. Z. A.; DINIZ, K. M.; SANTOS, R. P. dos. Comportamento dos Manacás-da-serra (TIBOUCHINA sp) semeados por via aérea em Cubatão. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, pt. 2, p. 506-512, 1992b. Edição dos Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1992, São Paulo.

POMPÉIA, S. L.; PRADELLA, D. Z. A.; MARTINS, S. E.; SANTOS, R. P.; DINIZ, K. M. A semeadura aérea na Serra do Mar em Cubatão. **Ambiente:** Revista CETESB de Tecnologia, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 13-19, 1989.

PRADELLA, D. Z. A.; POMPÉIA, S. L.; MARTINS, S. E.; DINIZ, K. M. **Avaliação do poder germinativo de sementes de espécies nativas destinadas à recuperação da cobertura vegetal da Serra do Mar em Cubatão.** São Paulo: CETESB, 1989. 17 p.

PRADELLA, D. Z. A.; POMPÉIA, S. L.; MARTINS, S. E.; DINIZ, K. M.; PRADELLA, J. G. da C. Pelletização de sementes em gel hidrofilico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 11, n. 1-3, p. 43-52, 1992. PROJETO Floram: uma plataforma. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 4, n. 9, p. 1280, 1990.

ROSS, J. L. S. A participação da geomorfologia nos diagnósticos ambientais. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 3., 1989, Rio de Janeiro. **Simpósio...** Nova Friburgo: UFRJ, 1989. v. 1, p.175-188.

SANTARELLI, E. G. Comportamento de algumas espécies vegetais na recomposição de matas nativas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS: SBEF, 1990. v. 3, p. 323-325.

SANTOS, R. P.; MODESTO, R. P.; AGUIAR, L. S. J. Mata Atlantica's alterations due to atmospherical pollutant action emitted by Cubatão industrial park, SP, Brasil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RESOURCE AND ENVIRONMENTAL MONITORING, 1994, Rio de Janeiro. **Abstracts.** Rio de Janeiro: ISPRS; São Jose dos Campos, 1994.

SILVA, L. X.; MORAES, R. P.; SANTOS, R. P.; POMPÉIA, S. L.; MARTINS, S. E. Avaliação do estado de degradação dos ecossistemas da Baixada Santista, SP. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA: Subsídios a um Gerenciamento Ambiental, 3., 1993, Serra Negra. **Anais...** São Paulo: ACIESP, 1994. v. 1, p. 30-38.

SILVA FILHO, N. L. **Recomposição da cobertura vegetal de um trecho degradado da Serra do Mar, Cubatão SP.** Campinas: Fundação Cargil, 1988. 53 p.

SILVA FILHO, N. L. **Regeneração natural e plantio de Brachiaria sp e espécies nativas herbáceas em áreas deslizadas da Serra do Mar, Cubatão - SP.** 1991. 148 p. Dissertação apresentada à ESALQ - USP para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

SILVERTOWN, J. W. The demography of some plant populations. In: SILVERTOWN, J. W. **Introduction to population ecology.** 2. ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1987. p. 105.

TEAS, H. J; JUNGENS, W. Aerial planting of Rhizophora mangle propagules in Florida. In: ANUAL CONFERENCE RESTORATION COASTAL VEGETATION, 5, 1978, Florida. **Proceedings.** Flórida: Hillsborough Community College, 1979. 1.1.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE, 1977. 97 p.

VIANA, V. M. Ecologia de populações florestais colonizadoras e recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1987, São Paulo. **Síntese dos conhecimentos...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. v. 1, p. 29-39.

"O primeiro dever do humanista e a tarefa fundamental da inteligência é assegurar o conhecimento e o entendimento entre todos os homens". Este pensamento, do poeta chileno Pablo Neruda, ganhador do Prêmio Nobel de Literatura, resume o esforço que deve ser feito por toda sociedade e especialmente pelos gestores públicos para melhorar as condições de vida das pessoas e promover a proteção e o uso sustentável dos recursos naturais.

O Programa Nacional de Florestas (PNF) tem como missão contribuir para o desenvolvimento sustentável através da promoção da conservação e manejo das florestas brasileiras. Para tanto, concentra suas ações em duas grandes vertentes: a expansão da base de florestas naturais manejadas de maneira sustentável, aliada à proteção de áreas de alto valor para conservação; e a expansão da área de floresta plantada, aliada a recuperação de áreas degradadas.

A implementação dessas e de outras ações do Programa exige o esforço conjunto de diversas instituições. Por isso, a parceria com a **Embrapa-Florestas** tem sido fundamental, tanto pela abrangência de seu notório trabalho em pesquisa florestal como pela sua grande permeabilidade às diferentes realidades do território brasileiro. Assim, as palavras de ordem são unir, compartilhar e garantir a sobrevivência das parcerias, para que as tarefas estabelecidas sejam otimizadas e os resultados alcançados duradouros.

Este livro consolida anos de experiências em recuperação de áreas degradadas, apresentando aspectos conceituais e um número significativo de estudos de caso realizados em várias regiões do País. Portanto, espera-se que ele sirva de inspiração para que novas experiências de recuperação florestal se multipliquem no Brasil.

Em um contexto de forte pressão sobre os recursos florestais e de altas taxas de desmatamento, levando o País conviver com uma ameaça real de apagão florestal, é fundamental a união de esforços para a execução de reflorestamentos ecológicos e econômicos. Direta e indiretamente, tais ações ajudam a proteger os recursos naturais, em especial o solo, água e biodiversidade, além de atender à crescente demanda de produtos e subprodutos florestais de origem sustentável.

Então, consultem este livro e mãos à obra, pois, o PNF continuará estimulando as parcerias e a divulgação de conhecimentos sobre Silvicultura e Recuperação Florestal, promovendo a inclusão do tema no debate político e econômico, nacional e internacional.

Tasso Rezende de Azevedo
Engenheiro Florestal
Diretor do Programa Nacional de Florestas

Patrocínio**Apoio**

Ministério do
Meio Ambiente

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

