



# RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Pedro H. S. Brancalion  
Sergius Gandolfi  
Ricardo Ribeiro Rodrigues

oficina de textos

# RESTAURAÇÃO FLORESTAL



---

Pedro H. S. Brancalion  
Sergius Gandolfi  
Ricardo Ribeiro Rodrigues

Copyright © 2015 Oficina de Textos

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

**Conselho editorial** Arthur Pinto Chaves; Cylon Gonçalves da Silva; Doris C. C. K. Kowaltowski; José Galizia Tundisi; Luis Enrique Sánchez; Paulo Helene; Rozely Ferreira dos Santos; Teresa Gallotti Florenzano.

**Capa e projeto gráfico** Malu Vallim

**Diagramação** Alexandre Babadobulos

**Preparação de figuras** Letícia Schneiater e Alexandre Babadobulos

**Preparação de textos** Pâmela de Moura Falarara

**Revisão de textos** Hélio Hideki Iraha

**Impressão e acabamento** Intergraf

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

---

Brançalion, Pedro Henrique Santin  
Restauração florestal / Pedro Henrique Santin  
Brançalion, Sergius Gandolfi, Ricardo Ribeiro  
Rodrigues. -- São Paulo : Oficina de Textos, 2015.

ISBN 978-85-7975-019-9

1. Ecologia 2. Florestas - Conservação 3. Meio ambiente 4. Reflorestamento I. Rodrigues, Ricardo Ribeiro. II. Gandolfi, Sergius. III. Título.

15-05850

CDD-634.956

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Restauração florestal : Ciências florestais  
634.956

Todos os direitos reservados à Editora Oficina de Textos

Rua Cubatão, 959

CEP 04013-043 São Paulo SP

tel. (11) 3085 7933 fax (11) 3083 0849

www.ofitexto.com.br atend@ofitexto.com.br

## RECUPERANDO O QUE SE PERDEU

Prezado(a) leitor(a),

A manutenção dos biomas é um grande desafio, principalmente para um país de proporções continentais como o nosso. O desflorestamento ilegal precisa ser combatido permanentemente.

Por outro lado, o compartilhamento das melhores técnicas de manejo, o engajamento de comunidades e governos locais e a divulgação das pesquisas e dos conhecimentos que permitem a valoração da floresta nativa podem ajudar a modificar radicalmente um cenário de degradação que temos testemunhado.

Graças aos esforços de diversos pesquisadores, acadêmicos, ONGs e entusiastas da questão ambiental, esses temas têm ganhado destaque e aos poucos vêm conscientizando a sociedade sobre a necessidade de proteger remanescentes e, principalmente, restaurar a dinâmica da natureza.

Iniciativas importantes surgiram no âmbito mundial, como as conferências promovidas pela ONU relacionadas à biodiversidade e os pactos setoriais entre a iniciativa privada e o terceiro setor. Cada vez mais as empresas reconhecem a dependência de seus negócios e da sociedade em relação aos serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas, e tal situação possibilitou a criação e a ampliação de programas de conservação.

Esses esforços são possíveis graças à persistência de pesquisadores que, enfrentando as mais diversas dificuldades, são comprometidos com o desenvolvimento e a disseminação de técnicas que promovam a restauração dos ecossistemas – tão importantes para todos nós, seja do ponto de vista puramente científico, seja por sua beleza cênica, pelo uso de seus produtos ou simplesmente pela perpetuação de nossa própria espécie.

A Votorantim tem a honra de contribuir para que essa crença seja amplamente disseminada. Temos orgulho de apoiar esta publicação, que, entre outros ensinamentos, compartilha o conhecimento sobre metodologias de restauração.

Esperamos que apreciem a leitura e que ela inspire o compartilhamento desse aprendizado.



*David Canassa*  
Gerente Geral de  
Sustentabilidade Votorantim

*Frineia Rezende*  
Gerente de Sustentabilidade Votorantim &  
Legado das Águas – Reserva Votorantim

Agosto de 2015

# DEDICATÓRIA

Dedicamos esta obra em conjunto ao Professor Dr. Paulo Yoshio Kageyama (Esalq/USP), pelo pioneirismo na inserção do conhecimento científico na prática da restauração florestal no Brasil, ao Dr. André Gustavo Nave (Bioflora - Tecnologia da Restauração), pelo companheirismo no enfrentamento dos desafios da restauração e principalmente pela liderança no desenvolvimento de tecnologias inovadoras de restauração florestal no Brasil, e ao Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, por termos contribuído nessa nobre iniciativa e por hoje ser nossa casa, nossa escola e principalmente nossa inspiração e estímulo.

E, de forma particular, dedicamos:

A minha filha, Liz, e a minha esposa, Carol, meus eternos amores

*Pedro H.S. Brancalion*

A minha mulher, Sandra, com muito amor, e ao Caião e à Florinha, alegria total de nossas vidas

*Sergius Gandolfi*

A meus filhos maravilhosos Iasmim, Maíra e João Ricardo, a Dona Lourdes, minha mãe linda e amiga de sempre, e a Carlota, que me suporta e inspira muito

*Ricardo R. Rodrigues*

# PREFÁCIO

A restauração florestal é uma atividade emergente no Brasil e no mundo e que muito rapidamente tem deixado de ser apenas um campo de investigação da Ecologia Aplicada para se tornar uma atividade profissional e econômica. Nesse contexto, a capacitação de recursos humanos para atuar na restauração florestal é necessária e premente. No entanto, por ser uma atividade multidisciplinar e transdisciplinar por excelência, ela traz grandes desafios para que seus profissionais consigam conciliar conhecimentos sobre Ecologia, Botânica, Silvicultura, Ciência do Solo, Economia e Ciências Sociais, entre outros. Em face desse desafio, constata-se grande escassez de obras didáticas que deem suporte para as iniciativas de capacitação de restauradores no cenário brasileiro, tanto na academia como na extensão universitária.

Diante desse contexto, os principais objetivos deste livro são 1) fornecer informações básicas para que estudantes e profissionais interessados ou já atuantes na restauração florestal possam compreender o histórico e as bases conceituais que sustentam essa atividade no Brasil, 2) aplicar esse conhecimento teórico e a experiência prática acumulada na escolha adequada e consciente dos melhores métodos de restauração para cada situação de degradação devidamente diagnosticada no campo, 3) orientar a forma mais eficiente de implantação desses métodos no campo, tanto em termos ecológicos como de operacionalidade e de custos, com uma definição adequada e devidamente planejada das ações de restauração, e, ainda, 4) monitorar, com base nos resultados obtidos, a efetividade da escolha dos métodos e da aplicação das ações de restauração, permitindo diagnosticar se a trajetória de restauração está adequada ou se são necessárias ações corretivas ou de manejo adaptativo.

Embora tenha sido escrito por três cientistas, professores e pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), este não é um livro caracteristicamente científico, mas sim um livro técnico, prático, sempre preocupado em sustentar as ações de restauração em fundamentos científicos. Buscou-se neste trabalho fazer reflexões e propor orientações gerais para a restauração florestal no Brasil, sempre atentando para o cumprimento da legislação ambiental, para a sustentabilidade da atividade agropecuária e para o bem-estar da sociedade em geral. Essas reflexões e orientações foram sustentadas na literatura científica e sobretudo na própria experiência prática e visão de mundo dos autores.

Os capítulos são ricamente ilustrados, usando imagens do amplo acervo dos autores, acumulado nos seus muitos anos de experiência de campo, implantando, visitando e colaborando com projetos de restauração florestal em todo o Brasil. A intenção dessa ilustração farta foi facilitar a compreensão de conceitos e dos exemplos apresentados, além

de tornar o livro mais atrativo para estudantes de graduação e pós-graduação e para profissionais do setor, que são o principal público-alvo deste trabalho. Sendo assim, esta obra se baseou no uso da linguagem mais didática possível, sem fazer a apresentação de inúmeras citações de artigos científicos ao longo do texto, mas recomendando algumas leituras complementares no final de cada capítulo, com o intuito de permitir a complementação e a continuidade do aprendizado dos seus leitores. Em cada capítulo, foram também incluídas duas caixas de texto na versão impressa e disponibilizadas outras tantas em versão *on-line* (em [www.ofitexto.com.br](http://www.ofitexto.com.br), na página do livro), visando discutir, complementar e ilustrar o conteúdo desses capítulos com base no conhecimento das principais lideranças brasileiras e mundiais em restauração florestal. A valiosa colaboração dessas lideranças certamente constitui um dos principais diferenciais desta obra, pois visa permitir uma aproximação dos leitores com as experiências práticas dessas lideranças, ampliando os horizontes de conhecimento e até de parcerias.

Mas, apesar da contribuição pretendida com este livro, há que se fazer algumas ressalvas. Embora a restauração ecológica possa ser aplicada na recuperação de diferentes tipos de vegetação, o enfoque deste trabalho foi o da restauração de florestas tropicais e subtropicais brasileiras e, portanto, as informações apresentadas nele se referem às florestas, e não às demais vegetações não florestais presentes no Brasil. Para restaurar vegetações que não são florestais, é preciso conhecer muito sobre a dinâmica dessas formações, e, ainda que alguns aspectos aqui discutidos possam se aplicar a outras vegetações, será sempre necessário buscar outras informações, diferentes das que foram apresentadas neste livro, para que se possa construir a base científica necessária que permita pensar e executar adequadamente a restauração ecológica desses outros tipos vegetacionais.

Adicionalmente, a experiência acumulada pelos autores em muitos anos de prática da restauração florestal, expressa na construção desta obra, foi obtida sobretudo em paisagens agrícolas muito fragmentadas, principalmente do Sudeste e do Nordeste brasileiros, que apresentam particularidades e limitações para a expressão da regeneração natural de florestas biodiversas. Diante disso, é provável que haja um viés contextual nas orientações apresentadas, que devem ser sempre refletidas e devidamente contextualizadas na realidade do restaurador antes de serem implementadas. Nesse sentido, esta obra não deve ser entendida como um livro de receitas prontas e acabadas para a restauração de florestas tropicais brasileiras, mas sim como um guia conceitual e prático para a identificação dos processos que definem o sucesso ou o insucesso das iniciativas de restauração florestal e para a orientação, mas não a prescrição, da busca de caminhos mais promissores, que levem a resultados mais satisfatórios.

Por fim, espera-se que este livro contribua com a formação e a atualização acadêmica e profissional dos restauradores florestais atuais e futuros, colaborando assim com o avanço, em quantidade e qualidade, da restauração florestal no Brasil.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>RESTAURAÇÃO FLORESTAL: CONCEITO E MOTIVAÇÕES.....</b>	<b>11</b>
1.1	Restauração ecológica e sua aplicação.....	16
1.2	Por que restaurar?.....	21
1.3	Conclusão.....	38
<b>2</b>	<b>HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL .....</b>	<b>41</b>
2.1	Aspectos legais associados ao avanço da restauração ecológica no Brasil.....	49
2.2	Fases conceituais da restauração florestal no Brasil.....	51
2.3	Conclusão.....	68
<b>3</b>	<b>ECOSSISTEMAS DE REFERÊNCIA PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....</b>	<b>71</b>
3.1	Atributos de ecossistemas restaurados .....	74
3.2	Escolha de remanescentes de vegetação natural da região para uso como ecossistema de referência .....	78
3.3	Levantamentos em ecossistemas de referência.....	83
3.4	Uso de ecossistemas em processo de restauração como metas intermediárias ..	89
3.5	Listas funcionais de espécies para a restauração florestal .....	90
3.6	Conclusão.....	100
<b>4</b>	<b>BASES CONCEITUAIS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL: PROCESSOS ECOLÓGICOS REGULADORES DE COMUNIDADES VEGETAIS.....</b>	<b>103</b>
4.1	Formação e organização de comunidades vegetais.....	105
4.2	Ecologia da regeneração e sua aplicação à restauração.....	111
4.3	Considerações finais.....	132
<b>5</b>	<b>BASES CONCEITUAIS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL: SUCESSÃO ECOLÓGICA E UM MODELO DE FASES .....</b>	<b>135</b>
5.1	Sucessão ecológica .....	137
5.2	A dinâmica de clareiras.....	146
5.3	Proposição de um modelo de fases sobre o processo de restauração florestal..	150
5.4	Considerações finais.....	160
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO E ZONEAMENTO AMBIENTAL DE UNIDADES ESPACIAIS PARA FINS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....</b>	<b>161</b>
6.1	A prática do diagnóstico ambiental para fins de restauração florestal.....	164
6.2	Conclusão.....	187

<b>7</b>	<b>MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL: ÁREAS QUE POSSIBILITAM O APROVEITAMENTO INICIAL DA REGENERAÇÃO NATURAL .....</b>	<b>189</b>
7.1	Fatores que afetam a possibilidade de aproveitamento inicial da regeneração natural na restauração florestal .....	191
7.2	Avaliação da regeneração natural .....	203
7.3	Condução da regeneração natural .....	204
7.4	Metodologias de facilitação da expressão da regeneração natural .....	213
7.5	Conclusão.....	218
<b>8</b>	<b>MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL: ÁREAS QUE NÃO POSSIBILITAM O APROVEITAMENTO INICIAL DA REGENERAÇÃO NATURAL .....</b>	<b>219</b>
8.1	Plantio de mudas em área total .....	225
8.2	Semeadura direta .....	233
8.3	Transposição de solo florestal superficial .....	242
8.4	Conclusão.....	249
<b>9</b>	<b>PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....</b>	<b>251</b>
9.1	Procedimentos operacionais de restauração.....	253
9.2	Manutenção.....	269
9.3	Equipamentos, insumos, rendimentos operacionais e custos de restauração.....	279
9.4	Conclusão.....	285
<b>10</b>	<b>AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....</b>	<b>287</b>
10.1	Conceitos aplicados à avaliação e ao monitoramento.....	290
10.2	Indicadores para avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração.....	296
10.3	Exemplo de um protocolo de monitoramento da restauração florestal.....	304
10.4	Conclusão.....	315
<b>11</b>	<b>PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS PARA FINS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....</b>	<b>317</b>
11.1	Onde colher sementes de espécies nativas regionais? .....	320
11.2	De quantas árvores se devem colher sementes de espécies nativas regionais?.....	322
11.3	Marcação de matrizes para a colheita de sementes de espécies nativas regionais .....	326
11.4	Quando colher os frutos para a obtenção das sementes? .....	327
11.5	Como colher os frutos?.....	329
11.6	Como beneficiar as sementes? .....	331
11.7	Como armazenar as sementes?.....	337
11.8	Considerações finais.....	342

<b>12</b>	<b>PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS PARA FINS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....</b>	<b>343</b>
12.1	Instalação do viveiro.....	344
12.2	Estratégias para aumentar a diversidade florística e genética das mudas.....	347
12.3	Planejamento das metas de produção de mudas .....	350
12.4	Semeadura.....	352
12.5	Recipiente.....	361
12.6	Preparo do substrato.....	364
12.7	Estabelecimento de plântulas.....	365
12.8	Crescimento de mudas.....	367
12.9	Rustificação.....	372
12.10	Expedição.....	373
12.11	Resumo do processo de produção de mudas de espécies nativas .....	373
12.12	Considerações finais.....	373
<b>13</b>	<b>GERAÇÃO DE RENDA PELA RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM LARGA ESCALA NO CONTEXTO DA ADEQUAÇÃO AMBIENTAL E AGRÍCOLA DE PROPRIEDADES RURAIS .....</b>	<b>377</b>
13.1	Geração de trabalho .....	385
13.2	Geração de renda .....	387
13.3	Considerações finais.....	412
	<b>ANEXO: CHAVE PARA ESCOLHA DE MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....</b>	<b>415</b>
	Diagnóstico.....	415
	Ações de restauração.....	418
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>423</b>
	<b>LISTA DE AUTORES DOS BOXES .....</b>	<b>429</b>

Os boxes *on-line* estão disponíveis na página do livro  
no site da editora ([www.ofitexto.com.br](http://www.ofitexto.com.br))

# 1

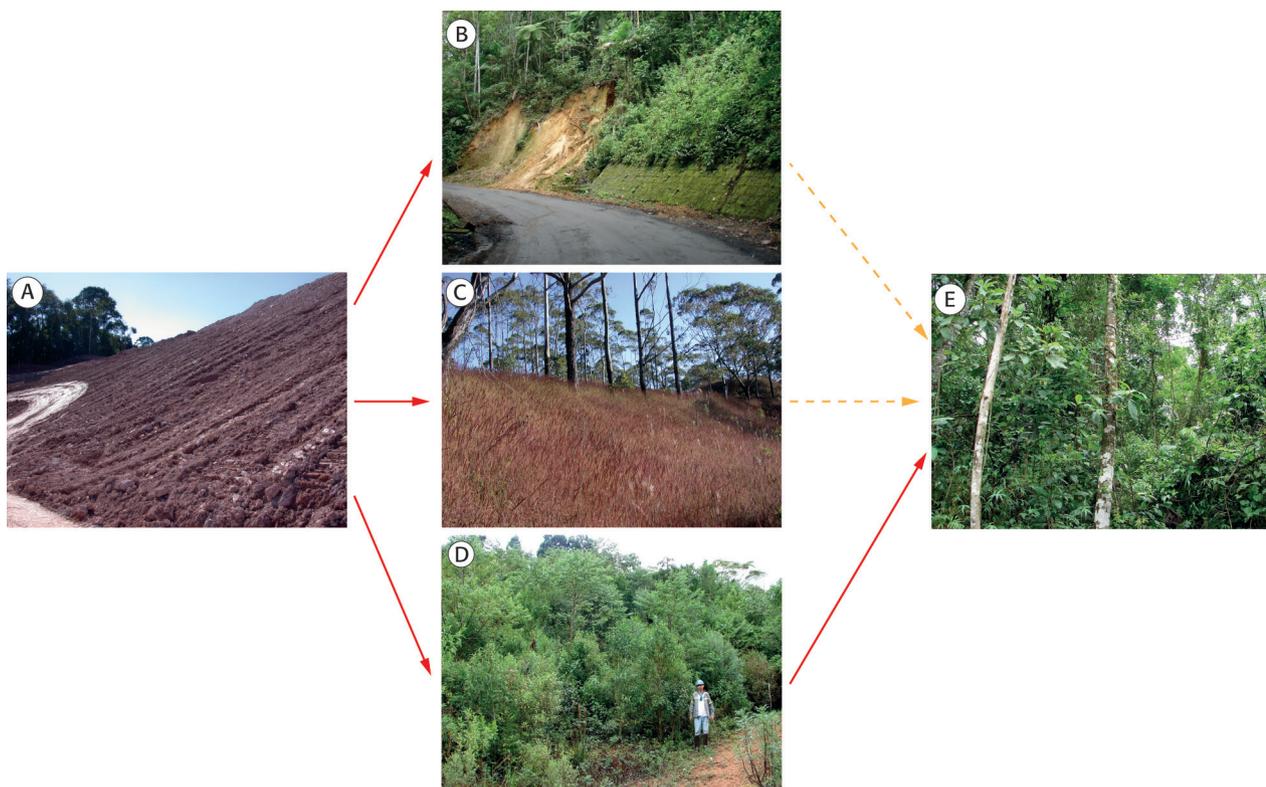
## RESTAURAÇÃO FLORESTAL: CONCEITO E MOTIVAÇÕES



estrutura e funcionamento (Fig. 1.1E). Já quando são utilizados métodos de restauração ecológica, esse restabelecimento passa a ser possível, mas nem sempre é garantido. Assim, diferentes resultados podem ser atingidos para uma mesma situação inicial de degradação, cabendo ao profissional responsável pelo projeto a escolha dos métodos mais apropriados, dependendo dos objetivos inicialmente propostos.

No entanto, algumas dessas estratégias podem fazer parte da restauração ecológica como etapas intermediárias do processo. Por exemplo, nas situações em que o substrato local encontra-se muito alterado devido ao seu uso anterior, muitas das técnicas tradicionais de restauração ecológica poderiam não ser bem-sucedidas, pois a maioria das espécies nativas não vai conseguir se estabelecer e se desenvolver nas condições presentes de degradação. Nesse tipo de situação, pode ser necessária a adoção

inicial de medidas de reabilitação ecológica, que vão ter um tempo determinado de atuação, visando modificar o ambiente para permitir a implantação posterior das ações de restauração. Nessa primeira fase de reabilitação, geralmente não se almeja restabelecer um conjunto relevante de espécies nativas, já que o objetivo maior dessa fase é superar a primeira limitação, que é ter as condições mínimas do substrato para expressão da restauração. Quando e se as condições ambientais locais estiverem mais propícias para dar suporte ao ecossistema nativo que se pretende restaurar, pode-se recorrer à adoção das ações de restauração ecológica, redirecionando a trajetória do ecossistema degradado rumo à restauração (Fig. 1.2). Assim, quando a meta é a restauração ecológica, não basta simplesmente melhorar as condições ambientais da área degradada dentro de níveis previamente estabelecidos como aceitáveis. É



**Fig. 1.1** Estratégias de recuperação de áreas degradadas em relevo acidentado e com subsolo exposto: (A) exemplo de área degradada por mineração ou erosão; (B) aplicação de técnicas de engenharia ambiental para estabilização de encostas; (C) reabilitação ecológica por meio da sementeira de gramíneas forrageiras e plantio de espécies arbóreas exóticas; (D) restauração ecológica, resultado da transposição de solo florestal superficial e plantio adensado de mudas de espécies arbóreas tardias da sucessão; (E) ecossistema nativo restabelecido

para outra, empurrando mais e mais as fronteiras agrícolas para áreas distantes e sem infraestrutura, que acabam por agravar a destruição da vegetação natural ainda existente.

Portanto, tão importante quanto restaurar áreas já degradadas é atuar para impedir que a expansão da fronteira agrícola continue a ser feita como nos últimos séculos, queimando-se indiscriminadamente toda a vegetação natural presente na propriedade sem nenhum critério de zoneamento agrícola e ambiental. Por outro lado, já há uma imensidão de áreas degradadas em todas as



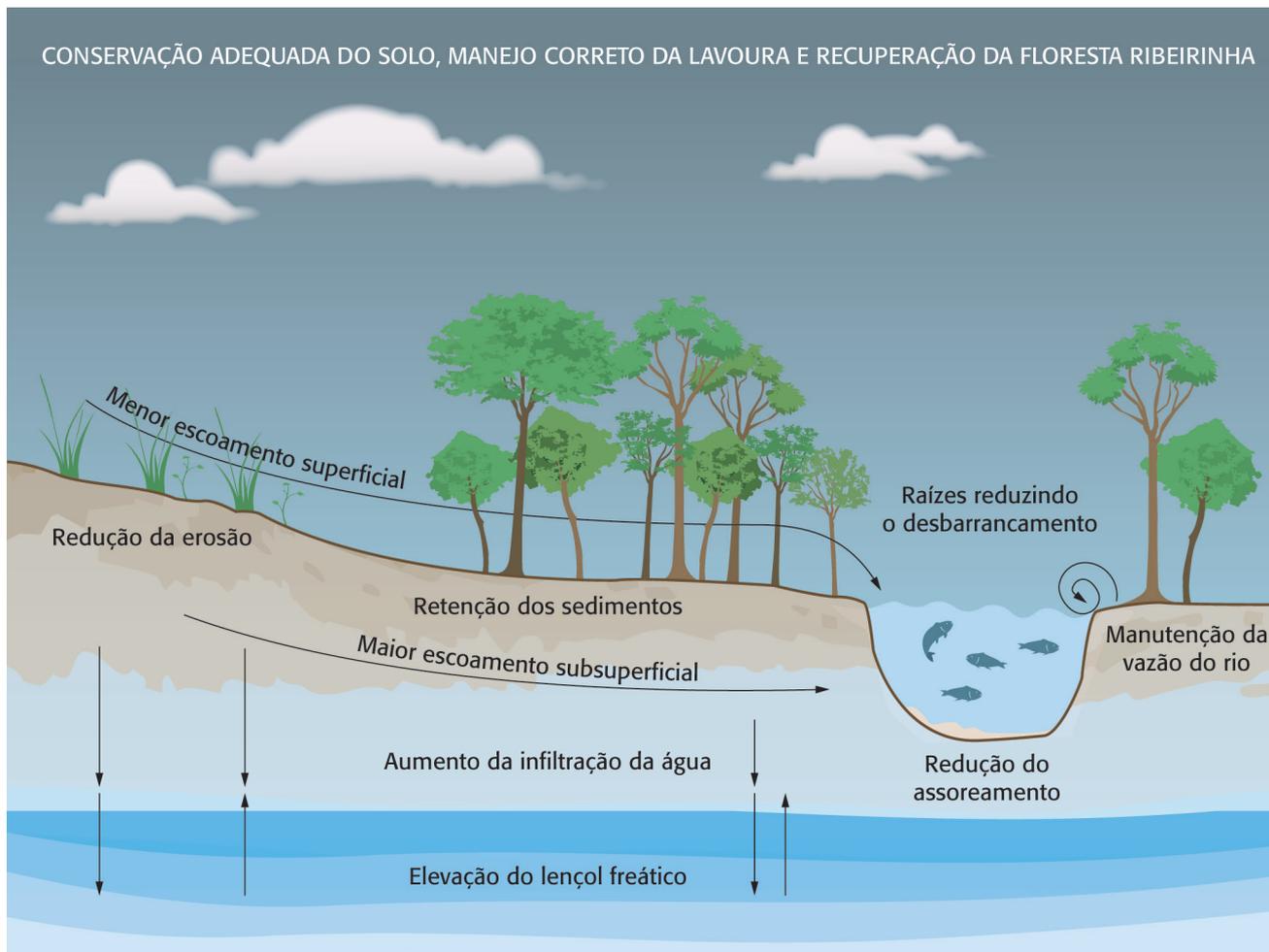
**Fig. 1.5** Exemplos de propriedades rurais em que o manejo inadequado do solo na condução de pastagens (A) e de culturas agrícolas (B) resultou em danos ambientais de grande magnitude. Com base nessas situações, é evidente que a restauração de apenas alguns trechos dessas propriedades, sem interromper a degradação das áreas em uso no entorno, será pouco efetiva para a conservação da biodiversidade e a proteção dos recursos naturais

regiões do Brasil, inclusive nascentes e margens de rios, à espera de ações efetivas de restauração, com métodos ecologicamente eficazes, tecnicamente corretos e economicamente viáveis. É evidente que uma postura mais efetiva de governos, empresas e proprietários rurais para a restauração de ecossistemas degradados é urgentemente necessária no Brasil e no mundo para enfrentar os desafios impostos pelo crescimento da população e da economia, ambos extremamente dependentes de um capital natural que vem se esgotando rapidamente e que, se não protegido e restaurado, pode inviabilizar o crescimento econômico e o bem-estar social nos próximos anos.

### 1.2.2 Por que restaurar as margens dos cursos d'água e nascentes?

As populações humanas sempre estiveram próximas à água pela necessidade de sobreviver. Assim, quanto mais elas abandonaram a condição nômade, mais tenderam a construir casas e povoados nas proximidades das nascentes e rios, buscando garantir um adequado e facilitado suprimento de água às suas vidas e às dos animais de criação usados em seu sustento. Dessa forma, à medida que essas populações se fixaram junto às fontes de água, cresceu a pressão sobre os recursos hídricos e, muitas vezes, o uso intensivo e desordenado das áreas ripárias levou à degradação desse recurso essencial. Quanto mais a dependência humana do recurso hídrico foi assumida e a sua fragilidade percebida, mais iniciativas de proteção das águas foram implantadas e gradualmente incorporadas nos códigos sociais e na regulamentação legal de quase todos os povos. Por exemplo, a Lei das Águas foi estabelecida no Brasil já em 1934.

A explosão do crescimento populacional e a consequente intensificação da industrialização, da urbanização e da agricultura no século XX ampliaram a percepção de que o uso inadequado desse recurso poderia degradar não apenas as águas superficiais próximas dos povoados, mas também os estoques subsuperficiais, como os aquíferos, e os corpos d'água situados a grande distância das habitações humanas, das indústrias ou de áreas cultivadas. Aprendeu-se na prática que a descarga de esgotos urbanos e de



**Fig. 1.8** Esquema mostrando as diferenças observadas em um curso d'água protegido por mata ciliar em contraste com a Fig. 1.6

razão da terra lançada no canal (Fig. 1.9). Após esse desbarrancamento, a estabilidade geológica das margens dos cursos d'água fica muito comprometida, favorecendo novos processos erosivos e o incremento do processo de assoreamento e reduzindo, assim, a capacidade de armazenamento de água dessa calha, já que parte dela recebeu grandes volumes de solo.

As florestas nativas situadas naturalmente sobre solos permanentemente encharcados são também muito importantes por protegerem os afloramentos de água na superfície, que são chamados de nascentes ou olhos-d'água. Esse nome de nascente se deve ao fato de aí se iniciarem ou “nascerem” os pequenos fluxos superficiais de água que, ao se juntarem, dão origem aos córregos, ribeirões e rios. A destruição dessas matas sobre nascentes, em

geral, faz com que muitas nascentes desapareçam pelo soterramento ou mesmo pelo rebaixamento do lençol freático, reduzindo o fluxo superficial de água naquele ponto. Em contrapartida, a recuperação dessas florestas sobre nascentes faz com que a água volte a brotar no local com o tempo, sendo esse um relato muito comum de produtores rurais que restauraram suas florestas ciliares em áreas antes ocupadas por pastagem ou mesmo agricultura. Essas florestas sobre nascentes são chamadas de florestas de brejo (com exceção das florestas de brejo no Nordeste, que são florestas dos topos de morros), de florestas de várzea, de florestas paludosas ou paludícolas, de pindaíba e outras variações regionais.

Devido a esse contato íntimo que se estabelece entre a água vinda das áreas agrícolas do entorno e a superfície dos solos florestados, essas florestas

# 2

## HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL



enfrentado para o avanço da restauração florestal no Brasil e no mundo.

Os primeiros trabalhos técnico-científicos em restauração ecológica no Brasil foram conduzidos por pesquisadores contratados na área de Ecologia Vegetal e Sistemática Vegetal nas universidades e instituições de pesquisa. Muitos desses pesquisadores migraram progressivamente para a restauração florestal por interesse pessoal, estabelecendo a restauração como suas principais linhas de pesquisa, o que resultou na fundação dos primeiros laboratórios dedicados ao tema a partir da década de 1990. O mesmo processo ocorreu em outros países do mundo, já que a Ecologia da Restauração é muito recente. Por exemplo, a Sociedade Internacional para a restauração ecológica foi criada em 1987 e o primeiro número da revista *Restoration Ecology* foi publicado em 1993. A Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas (Sobrade), a Rede Brasileira de Restauração Ecológica (Rebre) e a Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (Sobre), que abrangem os principais profissionais ligados à restauração florestal no Brasil, surgiram também apenas nas últimas décadas.

Esses pesquisadores da área de Ecologia Vegetal, por sua vez, começaram a orientar alunos e a ministrar disciplinas de pós-graduação em restauração ecológica, dando uma grande contribuição para o estabelecimento e progresso da ciência e prática de restaurar ecossistemas no Brasil. Contudo, a flexibilidade e agilidade no meio acadêmico para definir temas de pesquisa e criar novas disciplinas de pós-graduação não é a mesma que uma possível reforma da grade curricular de cursos de graduação. Normalmente, novas áreas do conhecimento são incorporadas com muito atraso nos cursos de graduação e, por limitações na estrutura de universidades públicas, o ensino de novas disciplinas nesses cursos depende da contratação de novos professores, o que geralmente é um processo muito moroso, principalmente quando associado à aposentadoria de outro professor do mesmo departamento. Como consequência, a restauração ecológica tem sido incorporada apenas recentemente no programa pedagógico de cursos de graduação em Engenharia Florestal, Engenharia Agrônoma, Biologia, Ecologia,

Gestão Ambiental, Engenharia Ambiental e outros relacionados ao manejo dos recursos naturais. Isso faz com que a maioria dos profissionais formados até o momento nesses cursos não tenha capacitação adequada em restauração ecológica, embora o mercado para restauradores e mesmo para consultores nessa área esteja se expandindo.

## 2.1 ASPECTOS LEGAIS ASSOCIADOS AO AVANÇO DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO BRASIL

Conforme discutido no item anterior, as ações de restauração florestal se iniciaram no Brasil no século XIX e meados do século XX, como forma de reverter danos ambientais que afligiam a sociedade ou como resultado do idealismo dos responsáveis por essas ações, sem que ainda houvesse uma imposição legal. No entanto, nesse último século, o aumento da demanda pela restauração de ecossistemas florestais degradados esteve intimamente ligado à elaboração e aplicação de instrumentos legais voltados para a compensação e reparação de danos ambientais autorizados ou não pelo poder público. Com base nesses instrumentos legais, projetos passaram a ser implantados com maior frequência e amplitude, colaborando para que a restauração florestal se desenvolvesse fortemente no Brasil nessas últimas décadas e viesse a se consolidar como nova atividade profissional e linha de pesquisa. Assim, resgatar o processo de surgimento e modificação de instrumentos legais que influenciaram a prática da restauração florestal no Brasil é um importante exercício para que se possa visualizar como essa atividade cresceu e ganhou forma com os anos.

Conforme revisado por Durigan e Melo (2011), o uso da restauração ecológica para a compensação de danos ambientais previstos nos empreendimentos foi principalmente resultante da instituição da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981, quando a restauração ecológica foi incluída como uma das medidas compensatórias e/ou mitigadoras possíveis de serem aplicadas como decorrência de processos de Licenciamento Ambiental e Autorização para Intervenção Ambiental. Como as empresas de mineração e de geração de energia hidroelétrica têm como uma das consequências de suas atividades a destruição

foi gradativamente colonizada por espécies mais longevas da sucessão florestal, como acontecia nas clareiras dentro de fragmentos florestais, o que impediu a reconstrução do dossel após a senescência das pioneiras. Isso porque esses plantios estavam inseridos em paisagens muito fragmentadas e com forte limitação de dispersão. O resultado era, geralmente, a reconstrução de fisionomias florestais, mas que na maioria das vezes não resultava em florestas perpetuadas no tempo, sendo que muitas dessas áreas voltaram à condição de degradadas após algumas poucas décadas (Fig. 2.6).



**Fig. 2.6** *Visão interna do reflorestamento ciliar da Fazenda Nova Aliança (Sales de Oliveira, SP), com oito anos, já sendo totalmente reinvasado por gramíneas africanas invasoras após a senescência das árvores pioneiras*

Essa fase objetivava claramente o restabelecimento apenas da fisionomia florestal, contando que ocorreria ao longo do tempo um aporte significativo de sementes das espécies mais finais da sucessão por dispersão natural, oriundas dos fragmentos regionais. No entanto, como a maioria dessas iniciativas de restauração foi estabelecida em regiões muito antropizadas, com forte atividade agrícola e onde os fragmentos remanescentes estavam muito isolados e degradados, esse aporte não ocorreu. Isso impediu a restauração da dinâmica florestal e, portanto, comprometeu a perpetuação dessas áreas no tempo. Apesar desses problemas, cabe ressaltar que essa fase 2 representou o princípio da incorpo-

ração de conceitos ecológicos, com destaque para a sucessão florestal, na restauração ecológica. Esse avanço tecnológico permitiu que áreas degradadas fossem rapidamente substituídas por formações florestais iniciais da sucessão, reduzindo as manutenções e o custo das iniciativas e permitindo, assim, projetos em larga escala, com destaque para os projetos de restauração florestal das margens de represas de usinas hidrelétricas. Entretanto, cabe ressaltar que, nos projetos dessa fase 2, não ficou explicitada a preocupação de restauração da diversidade regional, tanto que os projetos usavam poucas espécies no plantio, em torno de 20 a 30, sendo só arbóreas e ainda muitas nativas não regionais.

### 2.2.3 Fase 3: Restauração florestal baseada na cópia florística e estrutural e nos processos sucessionais de florestas remanescentes bem conservadas da região

Essa fase da restauração florestal no Brasil se caracterizou pela tentativa de se fazer cópia florística e estrutural, bem como dos processos sucessionais, de uma floresta remanescente bem conservada da região em que seria implantado o projeto de restauração, floresta essa predefinida pelo restaurador como modelo a ser copiado no planejamento das ações. O estímulo para essa alteração metodológica surgiu no final da década de 1980, com base no questionamento feito aos projetos de restauração da fase 2, que apresentavam problemas de sustentabilidade por não terem conseguido restaurar o funcionamento e a composição dessas florestas, assumindo que uma das causas desses problemas era o fato de os projetos elaborados durante a fase 2 não terem a proposta clara de restauração da diversidade vegetal. Foi nessa fase que houve um maior envolvimento da academia com a temática de restauração florestal, que cientistas vinculados a institutos de pesquisa e universidades começaram a naturalmente incorporar suas bases teóricas na sustentação de proposições práticas de restauração ecológica. Conforme já discutido, a maioria dos pesquisadores pioneiros que começaram a trabalhar com restauração ecológica no Brasil era da área de Ecologia Vegetal, mais especifi-

processos responsáveis pela perpetuação de florestas nativas, o que não tinha sido obtido na fase anterior. Além disso, como um dos principais objetivos da restauração florestal era também o restabelecimento da biodiversidade remanescente, isso só seria possível se a grande maioria das espécies arbóreas originalmente presentes na floresta definida como modelo também estivesse representada nesses projetos, o que era obtido por meio do plantio de mudas.

Como exemplo de projeto de restauração da fase 3, pode-se citar o plantio de mudas no entorno da represa de abastecimento público do município de Iracemápolis (SP), feito de 1988 a 1992 sob coordenação do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (Lerf) da Esalq/USP, no qual foram usados módulos de nove indivíduos em um espaçamento que variou, nos anos, em 4 m × 4 m, 4 m × 3 m e 3 m × 3 m, considerando que seis indivíduos eram de duas a três espécies pioneiras, dois indivíduos eram de duas espécies secundárias iniciais e um indivíduo era de uma

espécie secundária tardia e/ou clímax, totalizando, no projeto todo, 125 espécies florestais, a maioria nativas regionais (Fig. 2.8). Apesar do sucesso obtido por esse projeto, o resultado final da restauração foi muito diferente do previsto inicialmente, justamente porque a sucessão florestal não seguiu o padrão determinístico esperado, em razão de perturbações naturais que ocorreram ao longo do processo de desenvolvimento sucessional da floresta restaurada.

É possível citar, por exemplo, a passagem de um minitornado na área em 2003, 13 a 15 anos após o plantio inicial, que derrubou várias árvores do dossel desse reflorestamento. Apesar dessa enorme perturbação natural e não previsível, a floresta se regenerou muito bem e conseguiu reconstruir seu dossel via processos naturais de sucessão, o que foi um alívio para os responsáveis pelo projeto. No entanto, a floresta regenerada após o distúrbio era muito distinta da inicialmente planejada e implantada, tanto em termos estruturais como florísticos, já que várias



**Fig. 2.8** *Imagens antes e depois da restauração das margens da represa de abastecimento público de Iracemápolis (SP). Essas imagens demonstram o sucesso dessa iniciativa na restauração da fisionomia de floresta e da diversidade vegetal, já que foram usadas em torno de 140 espécies, das quais mais de 110 eram espécies nativas regionais, que permanecem na floresta até hoje, mais de 20 anos após a implantação, recebendo ainda por processos naturais muitas outras formas de vida*

# 3

## ECOSSISTEMAS DE REFERÊNCIA PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL





**Fig. 3.3** Após um evento de forte cheia do rio Piracicaba (A), todos os indivíduos de espécies não adaptadas ao encharcamento do solo e que foram plantadas na restauração da mata ciliar desse trecho do rio morreram (B). Isso demonstra que o uso de espécies não adaptadas aos estresses naturais de cada unidade ecológica a ser restaurada pode levar ao insucesso do projeto. Como fatores de distúrbios mais intensos possuem um tempo de recorrência maior, mesmo as espécies não adaptadas a esses fatores podem se desenvolver bem nos primeiros anos da restauração, embora mais cedo ou mais tarde possam sucumbir quando esses eventos ocorrerem

orientando um programa de coleta de sementes e produção de mudas ou mesmo a compra de mudas em viveiros comerciais da região.

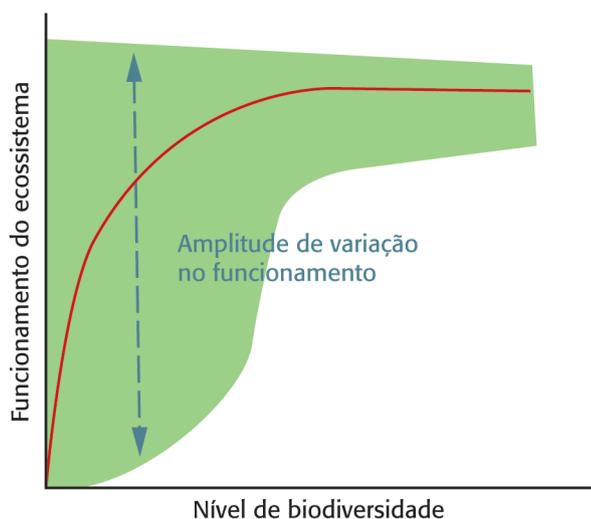
Tais preocupações reduzem os riscos de uso de espécies exóticas, principalmente daquelas com potencial invasor, bem como aumentam as chances de serem utilizadas apenas espécies nativas de uma dada região, o que certamente favorece a restauração dos processos de construção e manutenção de uma floresta tropical biodiversa e, portanto, o sucesso da restauração florestal. Além disso, essa dinâmica de trabalho permite não só que se obtenha um maior sucesso na perpetuação das espécies, já que se procura utilizar espécies adaptadas aos diferentes tipos de ambiente que serão restaurados, mas também que se amplie a conservação da biodiversidade em uma escala regional, respeitando os diferentes tipos de vegetação e variações locais da flora. Dessa forma, as ações de restauração ecológica contribuirão com o aumento da diversidade alfa (diversidade local, de habitats homogêneos), beta (diversidade entre habitats) e gama (diversidade regional, que inclui o total de espécies encontrado em todos os habitats de uma dada região geográfica) e, portanto, para a conservação da biodiversidade remanescente.

### 3.3 LEVANTAMENTOS EM ECOSISTEMAS DE REFERÊNCIA

#### 3.3.1 Caracterização fitogeográfica dos fragmentos da paisagem

Embora exista uma macroclassificação da vegetação brasileira bastante aceita e utilizada pela comunidade científica nacional (IBGE, 2006), são muitas as variações regionais e locais da vegetação em função das características fisiográficas da região, tais como o tipo e a profundidade do solo, a dinâmica da água no solo, a disponibilidade de nutrientes, as variações da distribuição espacial e temporal de chuvas, entre outras. Assim, mapas oficiais de vegetação, imagens de satélite ou mesmo fotografias aéreas não devem ser as únicas ferramentas para classificar um fragmento remanescente quanto ao tipo de floresta que ele representa, mas podem ser utilizados em uma etapa inicial de classificação dos remanescentes florestais. Depois dessa primeira etapa, são necessários inventários dos remanescentes florestais regionais para caracterizar esses fragmentos quanto a sua fisionomia e comunidade florística para aí sim classificar fitogeograficamente, de forma mais categórica, esses remanescentes e justificar a lista

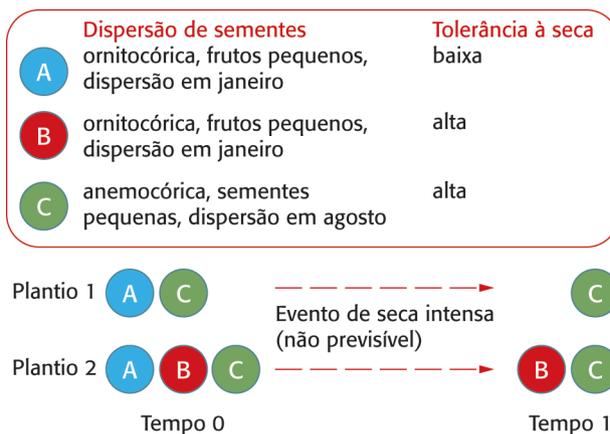
possam ser utilizados de forma eficiente, visando suprir as deficiências mais relevantes da área que será objeto de restauração. Assim, o uso de grupos funcionais, principalmente considerando grupos que foram concebidos com máxima riqueza possível, constitui uma ótima ferramenta para aumentar as chances de sucesso do projeto de restauração, desde que essa ferramenta seja bem usada. Feitas essas ressalvas, serão consideradas agora algumas das diferentes opções possíveis de agrupamento de espécies nativas com base nas funções que se espera que elas desempenhem no processo de restauração florestal e como os grupos formados podem ser indicados nas



**Fig. 3.5** Modelo conceitual da teoria Biodiversidade/ Funcionamento do Ecossistema – BEF. A área hachurada incorpora a suposição, apoiada por evidências empíricas, de que é possível ter elevado funcionamento com um baixo número de espécies, bem como a suposição de que a variabilidade nos níveis de funcionamento diminui com o aumento da biodiversidade. Traduzindo esse modelo para a realidade dos projetos de restauração, assume-se que o uso de um número reduzido de espécies, mas que representem satisfatoriamente alguns grupos funcionais importantes, pode gerar ecossistemas com nível de funcionamento elevado. No entanto, quanto menor o número de espécies, maior o risco de o ecossistema não apresentar funcionamento satisfatório

Fonte: adaptado de Wright et al. (2009).

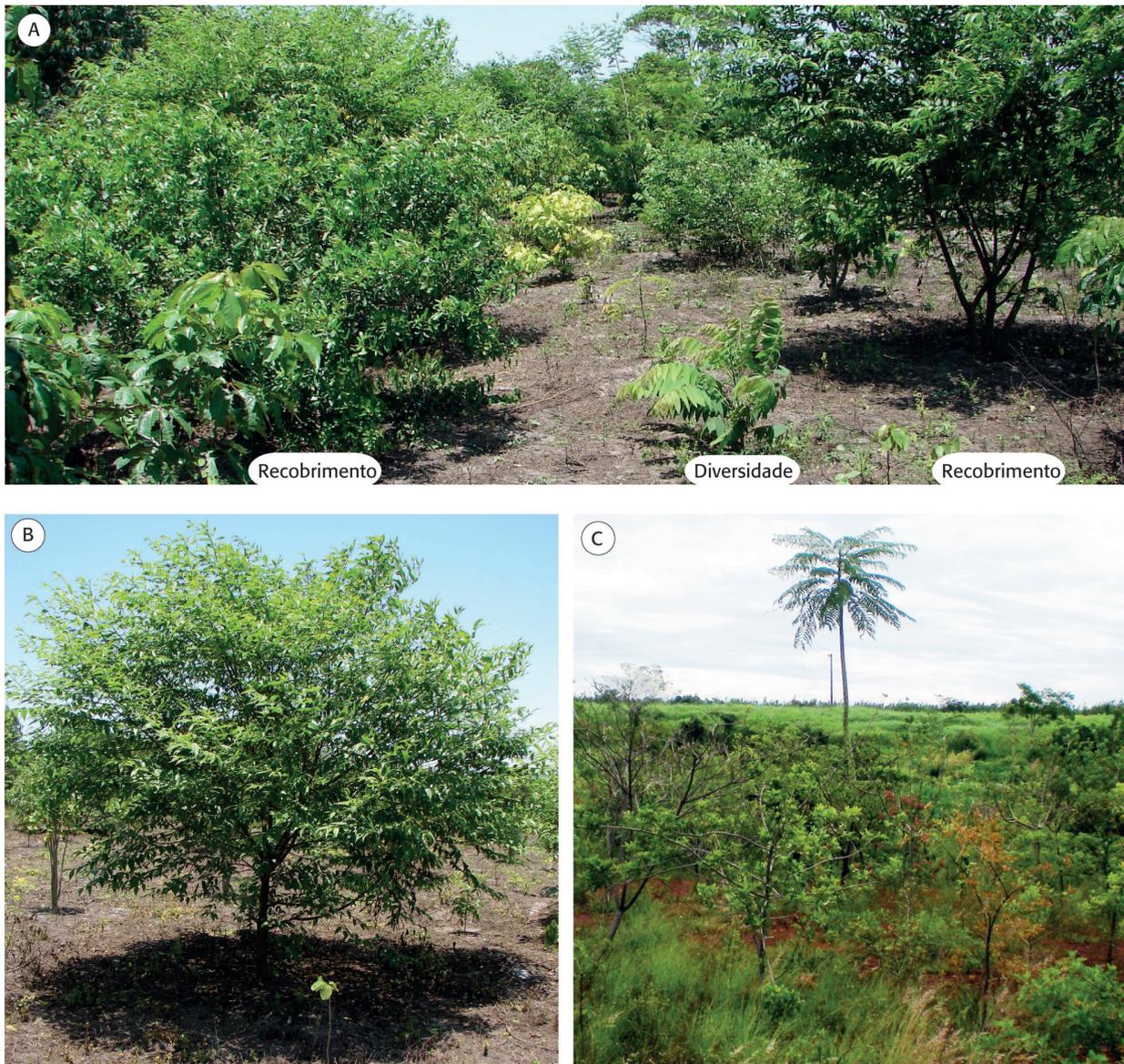
listas funcionais ou inteligentes de espécies para a restauração florestal com base na caracterização do ecossistema de referência.



**Fig. 3.6** Exemplo hipotético do uso de grupos funcionais e da importância da redundância ecológica na restauração florestal. Considerando as três espécies indicadas na figura, cada uma com suas respectivas características funcionais, se o restaurador desejasse utilizar apenas espécies não redundantes com relação ao tipo de dispersão de sementes (plantio 1) e, com base nessa justificativa, não introduzisse na restauração a espécie B, o plantio perderia um importante grupo funcional caso houvesse um evento de forte seca. No entanto, se o restaurador investisse na redundância ecológica (plantio 2), a área em restauração se manteria com os dois grupos de espécies (zoocóricas e anemocóricas) mesmo após um forte evento de seca

### 3.5.1 Reconstituição da estrutura florestal

A primeira função que se espera das espécies nativas no início do processo de restauração é a reconstrução da fisionomia florestal. Essa é uma das etapas mais decisivas da restauração florestal, pois a formação de um dossel inicial via crescimento das árvores de crescimento mais rápido é fundamental para desfavorecer a maioria das espécies herbáceas invasoras e ruderais, para criar condições favoráveis para o crescimento e recrutamento de espécies mais finais da sucessão e das outras formas de vida (lianas, epífitas, arbustivas e herbáceas de sub-bosque), para proteger o solo contra a erosão e conservar os recursos



**Fig. 3.7** Exemplos de (A) um plantio de espécies nativas em linhas de recobrimento e de diversidade, (B) de uma típica espécie de recobrimento, a crândiúva (*Trema micrantha*), e (C) de uma espécie pioneira, o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), não incluída no grupo de recobrimento por sombrear pouco o solo nos primeiros anos de vida

mesma forma, espécies dispersas por morcegos, que apresentam longa distância de voo, podem ser particularmente úteis na restauração de áreas muito distantes de remanescentes florestais.

No entanto, há que se considerar que a presença de espécies de frutos maiores e de maior especificidade com relação aos dispersores é fundamental para restabelecer, em médio e longo prazo, parte importante da complexidade ecológica que caracteriza as florestas tropicais, por mais que no início do

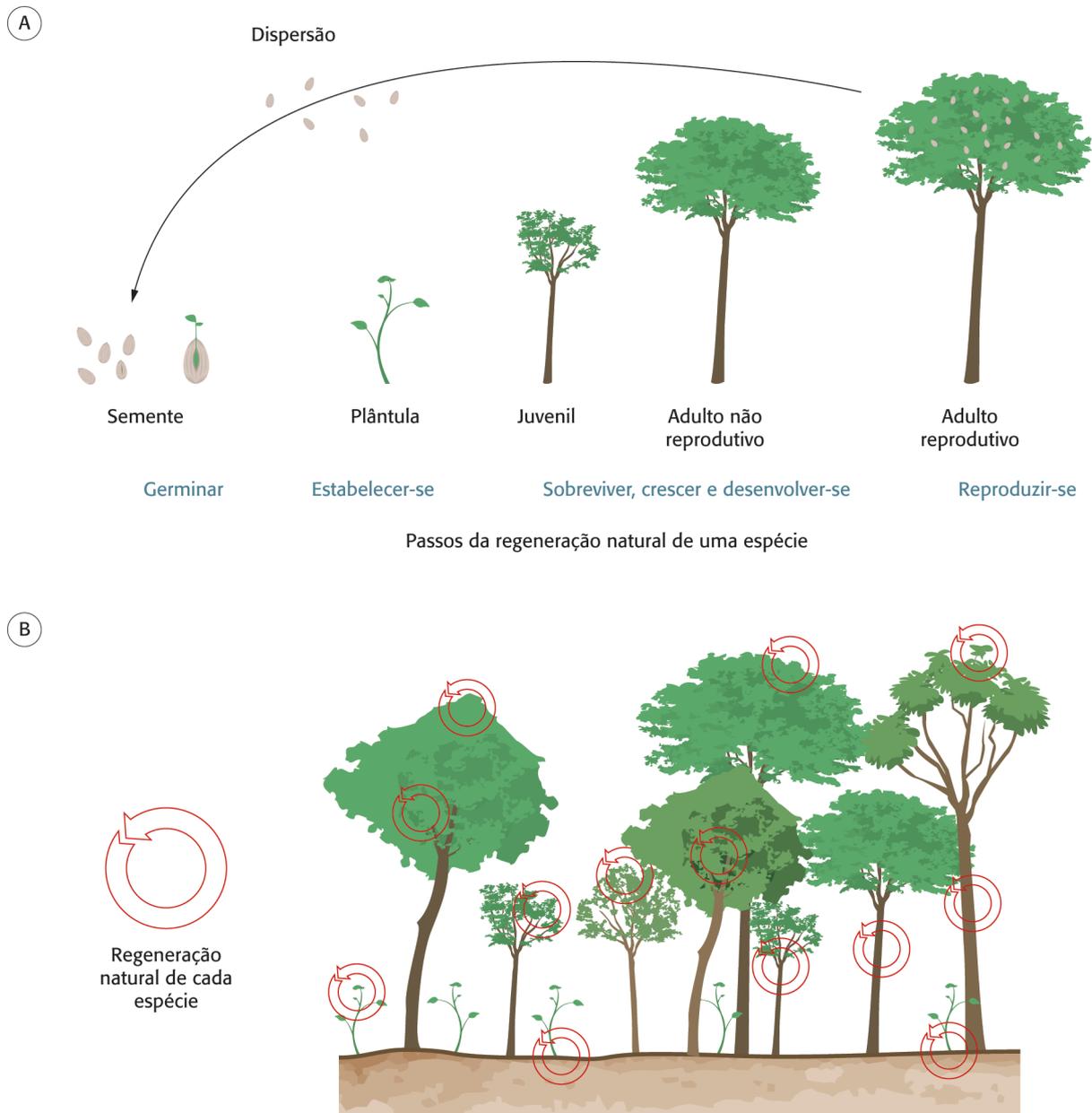
processo essas espécies tenham menor importância para potencializar a chuva de sementes que chega à área em restauração. Assim, é possível ter um grupo de espécies atrativas de dispersores que aceleram o processo de regeneração e um grupo de espécies atrativas de dispersores que aumentam a complexidade biológica das florestas.

Em áreas inseridas em paisagens muito fragmentadas, é importante também considerar o período de frutificação das espécies vegetais. Nesse tipo de

# 4

## **BASES CONCEITUAIS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL: PROCESSOS ECOLÓGICOS REGULADORES DE COMUNIDADES VEGETAIS**





**Fig. 4.4** *Regeneração de espécies vegetais: (A) as fases do ciclo de vida de uma planta – semente, germinação, plântula, juvenil, adulto não reprodutivo e adulto reprodutivo; (B) todas as espécies de plantas de uma floresta em restauração precisam regenerar localmente para que possam permanecer na comunidade florestal*

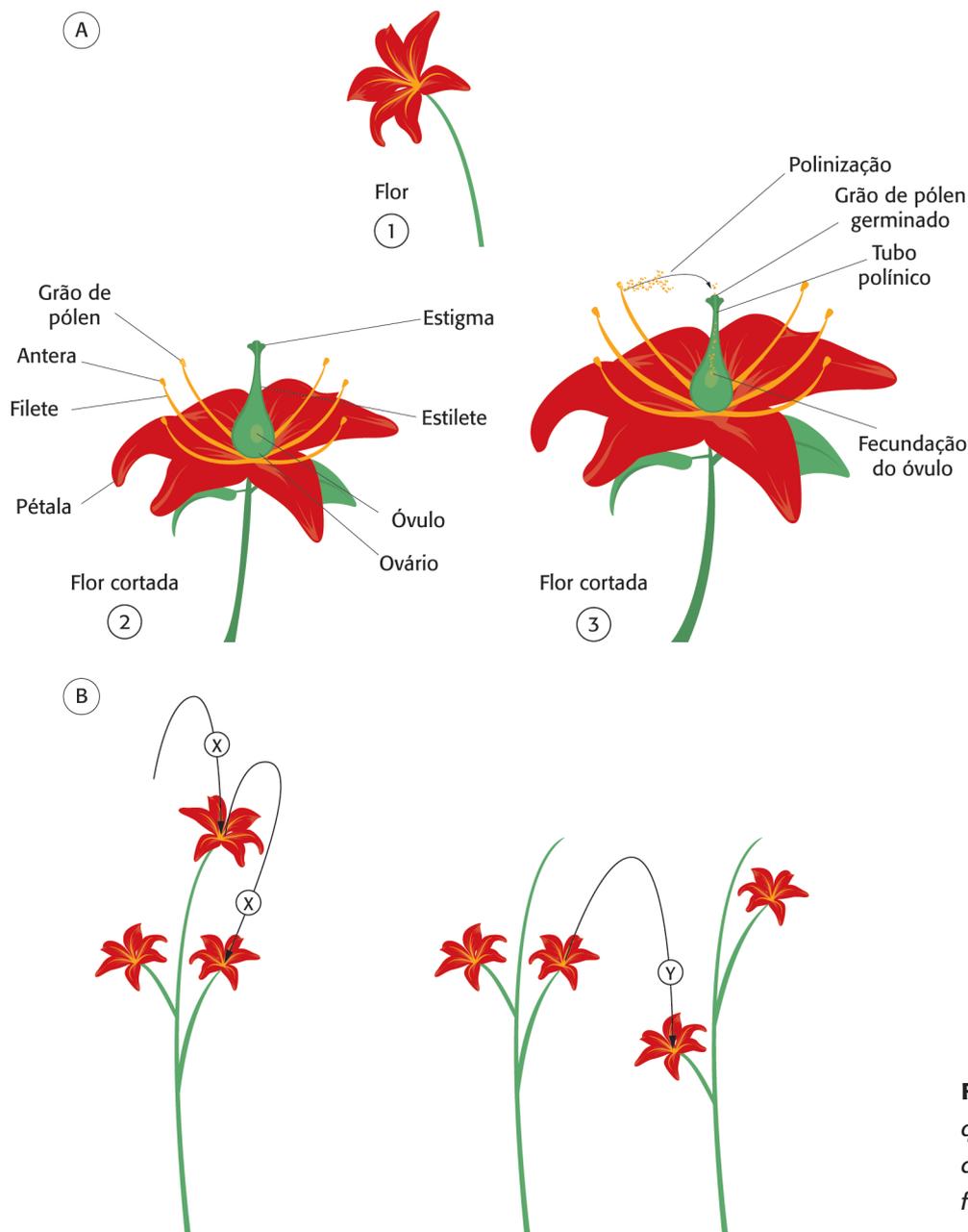
Em todos esses casos, os novos descendentes provenientes de alguma dessas estratégias de reprodução vegetativa serão geneticamente idênticos ao organismo que lhes deu origem, sendo assim formados clones da planta matriz. As espécies que apresentam reprodução vegetativa podem ter vários aspectos de sua população bastante distintos em relação a espécies que não apresentam esse meca-

nismo. Por exemplo, podem eventualmente ter populações maiores, já que muitos indivíduos jovens, por terem mantido ligação com a planta materna, sobreviveram melhor na fase de plântula (quando em geral a mortalidade é alta), bem como podem apresentar um padrão espacial da população na forma de manchas ou agregados, pela maior proximidade dos clones da planta-mãe em relação ao observado

espécie que predominantemente faz fecundação cruzada é dita *alógama*.

O sistema reprodutivo existente em uma dada espécie depende de vários fatores, por exemplo, de como os órgãos (funcionais) masculinos e femininos estão distribuídos, se em um mesmo indivíduo (na mesma flor ou em flores diferentes) ou em diferentes indivíduos da mesma espécie, se na espécie existem ou não mecanismos que permitem a autofecundação (mecanismos de autocompatibilidade) ou que a impedem (mecanismos de autoincompatibilidade). Tem-se observado que nas florestas úmidas da Ásia

são muito frequentes as espécies dioicas (em que o indivíduo tem apenas flores masculinas ou femininas), enquanto nas florestas úmidas neotropicais são abundantes as espécies monoicas (plantas com flores de sexo separado, mas com flores masculinas e femininas em um mesmo indivíduo, ou flores hermafroditas, com órgãos masculinos e femininos na mesma flor). Mas há várias espécies nativas de destacada importância para a restauração florestal no Brasil, como as embaúbas (*Cecropia* spp.), que são dioicas (Fig. 4.8). Todavia, ao contrário do que se poderia imaginar, apesar de a presença de espécies



**Fig. 4.7** Diagrama que mostra aspectos da polinização e da fecundação em plantas com flores

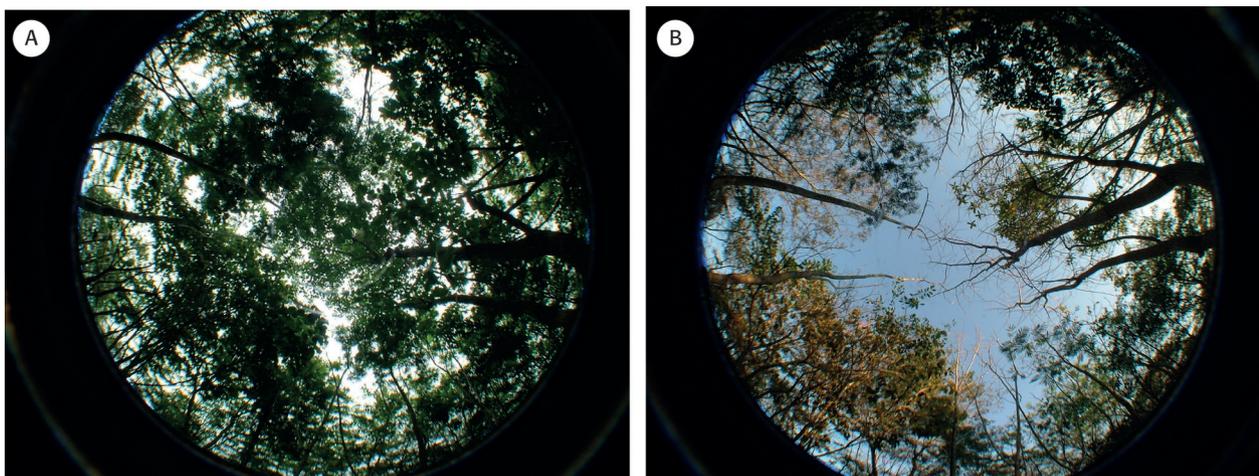
de fitocromos, para os quais se reconhecem pelo menos cinco tipos distintos. A descrição das interações da luz com o fitocromo ainda é muito complexa, envolvendo não só a proporção de vermelho e vermelho extremo, mas também outros processos ligados, por exemplo, a respostas relacionadas à prolongada exposição a alta irradiância, cujo detalhamento não será aqui feito por não atender aos objetivos deste livro.

#### 4.2.4 Banco de sementes

Uma vez dispersas, as sementes, dormentes ou não, são normalmente depositadas sob a serapilheira ou o solo e aí formam um estoque que permanece na superfície ou no interior do solo e que se chama *banco de sementes*. A importância do banco de sementes na restauração está no fato de que uma área, apesar de degradada, pode ter ainda um banco de sementes de espécies florestais nativas que, se adequadamente estimulado e manipulado, poderá repor as espécies que o restaurador deseja sem que haja necessidade de plantio ou semeadura. Essa técnica é usada quando o banco de sementes não está contaminado por sementes de gramíneas invasoras, que também germinarão com esse estímulo e restringirão o crescimento das espécies nativas pela

competição. Outra possível técnica, chamada transposição de solo florestal superficial ou *topsoil* e discutida em detalhes no Cap. 8, é a retirada do banco de sementes de uma área a ser legalmente desmatada, como para a construção de rodovias ou hidrelétricas, e seu transporte e deposição em uma área a ser restaurada do mesmo tipo da floresta que foi suprimida. Nem sempre, todavia, o banco de sementes existente em uma área traz vantagens para o restaurador. Por exemplo, é muito frequente a existência de espécies exóticas indesejadas em áreas que se quer restaurar, como gramíneas agressivas ou árvores invasoras, por exemplo, leucena, demandando do restaurador muito esforço e recursos materiais e econômicos para o controle dessas espécies competidoras.

Em função das características de germinação das sementes presentes no banco de sementes, que podem ser quiescentes ou dormentes, dois tipos distintos de bancos são reconhecidos. Chama-se *banco de sementes temporário* aquele estoque de sementes vivas composto por espécies que têm dormência curta e por espécies quiescentes, cujas sementes sobrevivem no chão da floresta sem germinar apenas por poucas semanas ou meses. Espécies que possuem dormência longa e nas quais a quebra da dormência e a efetiva germinação das sementes ocorrem apenas após um



**Fig. 4.10** Fotos tomadas no interior de uma floresta tropical úmida. (A) Trecho de dossel fechado que, de forma muito eficiente, intercepta a luz solar que incide sobre as copas. Sob o dossel, a irradiância é muito pequena e a composição espectral da luz, muito modificada, com níveis de vermelho extremo muito altos em relação aos níveis incidentes de vermelho. (B) Observa-se uma clareira de deciduidade em cujo centro a luz solar incidente apresenta pequena alteração em relação à luz que chega ao topo da floresta. Em ambos os locais, a irradiância e os níveis de vermelho e vermelho extremo são altos

# 5

## BASES CONCEITUAIS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL: SUCESSÃO ECOLÓGICA E UM MODELO DE FASES

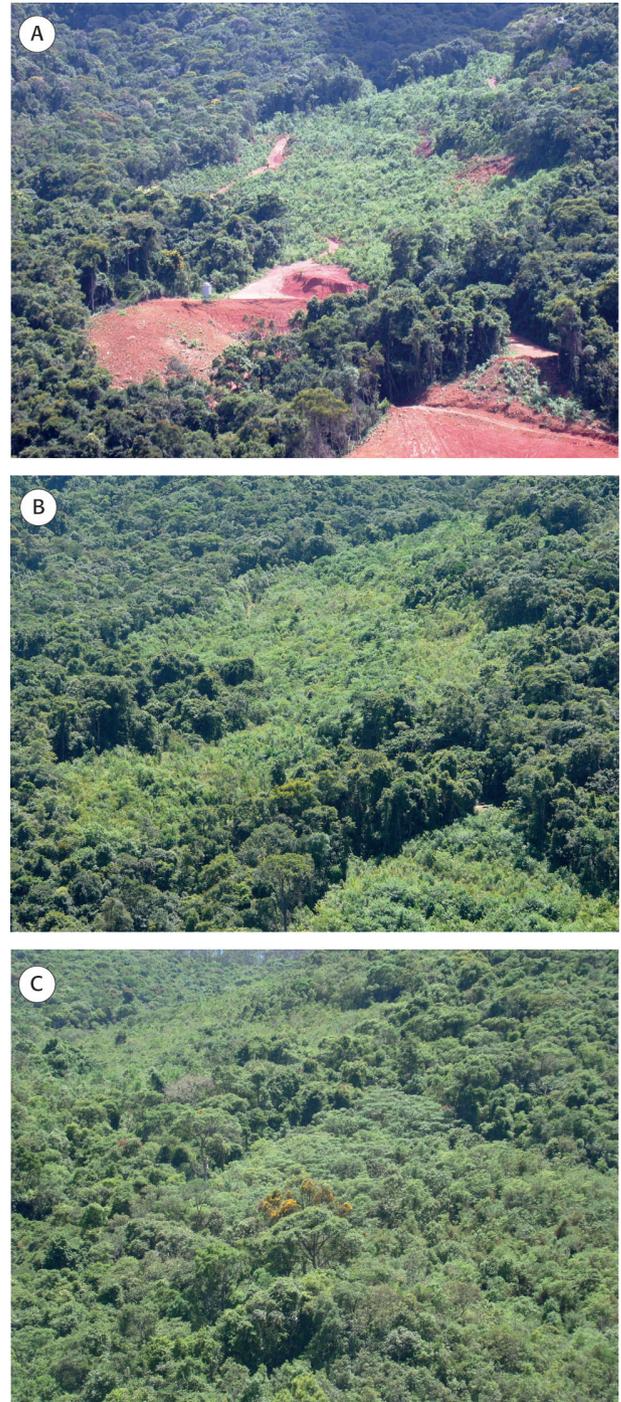


a retornar, sugerindo implicitamente a ideia de um estado de equilíbrio ao qual os ecossistemas sempre regressariam naturalmente. Embora essa visão já tenha sido abandonada, ela foi cientificamente muito importante e orientou, no passado, muitas tentativas de restauração de áreas degradadas. As consequências do uso dessa visão e sua importância serão detalhadas mais adiante.

## 5.1 SUCESSÃO ECOLÓGICA

O processo que leva à recuperação natural de uma vegetação destruída ou degradada é o mesmo que leva ao surgimento de uma nova vegetação em um local em que nenhuma planta existia anteriormente, por exemplo, sobre áreas cobertas por lava vulcânica após ela ter se resfriado e solidificado. Durante a formação de uma vegetação, a comunidade vegetal que inicialmente se forma vai com o tempo se modificando e se convertendo em outra, pois surgem novas espécies no local que inicialmente não estavam ali presentes, algumas espécies desaparecem, enquanto outras apresentam aumentos ou reduções de densidade sem, no entanto, desaparecer. Esse processo de mudanças que leva à formação ou recuperação natural de uma vegetação, por ser um processo ecológico no qual diferentes comunidades se substituem ou sucedem em um mesmo lugar com o tempo, foi então chamado de *sucessão ecológica* (Fig. 5.1). Quando a sucessão ecológica se inicia em um local em que a vegetação preexistente foi eliminada, denomina-se esse processo de *sucessão secundária*, a forma mais comumente observada de sucessão. Se, todavia, ela se inicia em um local no qual nunca houve uma vegetação antes, como no caso anteriormente citado de áreas cobertas por lava vulcânica, chama-se o processo de *sucessão primária*.

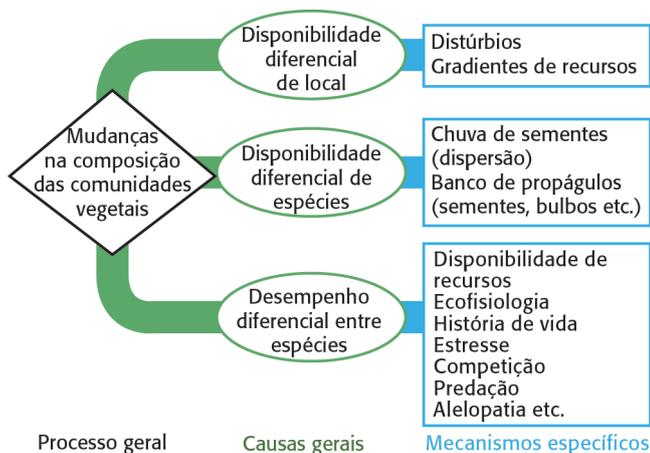
Acreditava-se ainda que, após ir gradualmente evoluindo, a vegetação em sucessão de uma região atingiria o máximo desenvolvimento possível de acordo com as limitações impostas pelo clima regional, ou seja, ela evoluiria até se converter na forma mais avançada do tipo de vegetação que predominava na região e que o clima local permitiria existir. Assim, se uma área degradada passasse por uma sucessão em um trecho da costa sudeste



**Fig. 5.1** Fase inicial (A), intermediária (B) e avançada (C) de um processo de sucessão ecológica em cronosequência após mineração

do Brasil, onde o clima é tropical quente e úmido, a sucessão ali terminaria obrigatoriamente produzindo um trecho de Mata Atlântica, e não um trecho de Caatinga, Cerrado ou outra vegetação qualquer, pois o clima daria condições para esse maior desenvolvimento vegetal. Essa comunidade florestal final,

sejam eliminados e então se verifique se as três causas básicas da sucessão estão ou não sendo naturalmente supridas pelas condições locais e qual ou quais delas deveriam ser induzidas ou fornecidas pela ação do restaurador. Essa estratégia de trabalho permite mostrar como a teoria de sucessão ecológica não apenas serve de guia para a criação de ações voltadas à restauração, mas também para a sua correta prescrição em cada caso específico.



**Fig. 5.5** Diagrama conceitual mostrando a estrutura causal hierárquica que determina a dinâmica das vegetações. O primeiro nível indica o processo geral de mudanças da vegetação, o segundo mostra as três causas gerais ou processos diferenciais que determinam a sucessão e o terceiro decompõe cada uma dessas causas por meio de mecanismos mais específicos, sendo apresentados modelos desses mecanismos

Fonte: modificado de Pickett, Cadenasso e Meiners (2009).

Uma vez que a área em restauração está estabelecida, apresentando dossel contínuo recobrando o solo, toda a comunidade se encontra, a princípio, no mesmo estágio sucessional. No entanto, parte das árvores plantadas ou regenerantes começa a morrer com o tempo, por senescência natural, por efeito de distúrbios como vendavais ou por exclusão competitiva. Uma vez que essas árvores morrem, elas podem levar consigo outras árvores do dossel, abrindo clareiras de diferentes tamanhos e formatos, as quais devem ser reocupadas pelas espécies nativas de

acordo com processos sucessionais semelhantes ao que levaram à ocupação da área como um todo, caracterizando a dinâmica de clareiras, tema do próximo item deste capítulo e processo ecológico essencial para a autoperpetuação de áreas em restauração.

## 5.2 A DINÂMICA DE CLAREIRAS

As florestas tropicais úmidas, quando vistas de longe, parecem ser um tapete verde, contínuo e homogêneo, dando a ideia de que apresentam uma estrutura simples e estática. Entretanto, como os outros tipos de vegetação, elas também sofrem mudanças em diferentes escalas de espaço e tempo, fazendo com que aquela cobertura que, em uma primeira impressão, assumiu-se homogênea seja na verdade um extenso mosaico. Como discutido anteriormente, em uma escala espacial de alguns ou de muitos hectares e em uma escala de tempo de décadas, centenas ou mesmo de milhares de anos, as vegetações passam por mudanças que se chamam sucessão ecológica e, portanto, não são estáticas. Mas as florestas também mudam em escalas espaciais e temporais menores que as da sucessão? Quando uma floresta atinge sua fase de clímax, ela não se modifica mais? Como uma floresta madura, ela mantém a composição do seu dossel se as grandes árvores que o formam com o tempo morrem? Sim, também há mudanças nessa escala menor, e as florestas maduras ou já no clímax também passam continuamente por mudanças, mas um tipo específico de mudança, que não descaracteriza a cobertura florestal e que mantém ou regenera a comunidade vegetal. Em qualquer floresta, as árvores que formam o dossel morrem com o tempo por senescência ou pela ação de fatores externos, como raios e doenças, deixando buracos no dossel, que, como já foi dito, chamam-se *clareiras* (Fig. 5.6).

Mesmo florestas bastante fechadas apresentam o seu dossel interrompido por uma grande quantidade de clareiras de diferentes tamanhos. Todavia, as clareiras não são permanentes na estrutura da floresta e, independentes umas das outras, todas vão se fechando por meio de um processo gradual que reconstrói cada trecho rompido do dossel. Assim, o dossel florestal não é estático em uma escala de

área em restauração, resultantes da introdução deliberada por plantio ou da regeneração natural, tanto para permitir que o processo sucessional ocorra como para manter a dinâmica de clareiras a fim de garantir a manutenção de uma alta biodiversidade, um dos aspectos inerentes às florestas tropicais biodiversas que se quer restaurar. Em outros capítulos, será discutido como diferentes métodos podem combinar distintas espécies ou grupos de espécies para restaurar áreas degradadas.

### 5.3 PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE FASES SOBRE O PROCESSO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Um dos fatores que dificultam a adequada realização de projetos de restauração de florestas tropicais é a falta de uma visão clara sobre como o processo de restauração efetivamente ocorre. Por exemplo, deve-se considerar que a restauração é um processo simplesmente linear? Ou, ao contrário, que se dá por meio de distintas fases, e, portanto, cuidados específicos e ações distintas devem ser planejados segundo cada uma delas? Essa dúvida é relevante, pois a falta de clareza sobre esse aspecto leva as pessoas a escolherem métodos errados ou a fazerem intervenções insuficientes.

Assim como o processo de sucessão secundária, também a restauração de áreas muito degradadas normalmente ocorre ao longo de décadas, dando a impressão de ser apenas um processo lento e contínuo de acumulação de espécies, de biomassa, de complexidade estrutural etc. No entanto, a observação de muitas áreas em restauração feita ao longo de mais de 25 anos em diferentes locais, mas principalmente no Sudeste brasileiro, sugere que o processo de restauração de florestas tropicais se dá segundo fases distintas, existindo períodos críticos que precisam ser controlados e outros que demandam menor atenção.

No sentido de contribuir para superar essa demanda, é proposto aqui um modelo teórico que descreve que a restauração das florestas tropicais ocorre em fases, e, para uma melhor compreensão dele, primeiro serão apresentadas sucintamente as fases desse processo, depois um diagrama que descreve as relações dinâmicas entre elas e os condicio-

nantes dessa dinâmica. Por fim, de maneira bastante resumida, será discutido como as intervenções do restaurador podem favorecer o desenvolvimento das fases do processo de restauração, um conteúdo que será mais bem explorado em outros capítulos deste livro. O modelo teórico que aqui será apresentado se refere apenas à restauração de florestas tropicais úmidas (Floresta Ombrófila Densa e Mista) e mésicas (Florestas Estacionais Semidecíduais), pois outros tipos de florestas tropicais, como Florestas Estacionais Deciduais, Florestas Paludosas, florestas de Restinga e Cerradões, entre outras, provavelmente apresentam padrões distintos de restauração que ainda não foram suficientemente detalhados para a criação de modelos preditivos.

A criação e a manutenção de uma nova floresta tropical em um dado local dependem do desenvolvimento de um ambiente onde as espécies vegetais tipicamente florestais sejam capazes de sobreviver, crescer, atingir sua fase adulta e se reproduzir, deixando no local novos descendentes, que construirão novas populações e, no conjunto, a comunidade local. Como esse processo de reprodução das espécies florestais demanda a participação direta de animais polinizadores e dispersores, será preciso atraí-los, fornecer-lhes abrigo e alimento durante todo o ano, para que estejam presentes quando diferentes espécies de plantas estiverem em fase reprodutiva. Mais ainda, muitas espécies arbóreas, plantadas ou que tenham recolonizado a área por processos de dispersão, precisarão de uma ou duas décadas para começar a florescer e frutificar. Assim, o habitat florestal precisa, no mínimo, ser mantido por algumas décadas para que as plântulas dessas espécies mais tardias possam chegar a se desenvolver e se converter em árvores adultas.

No entanto, uma floresta tropical restaurada não é uma simples mistura ao acaso de umas poucas espécies surgidas no começo do processo de restauração. Ao contrário, ela resulta da presença de centenas de espécies vegetais, animais e de microrganismos que terão de invadir a área, estabelecer-se e interagir. Portanto, é preciso que na área em restauração o ambiente florestal surja, permaneça e acumule espécies, interações, estrutura, processos

# 6

## DIAGNÓSTICO E ZONEAMENTO AMBIENTAL DE UNIDADES ESPACIAIS PARA FINS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL



processo, a quantidade de insumos a ser utilizada, o número de trabalhadores a ser contratado, o cronograma de execução e assim por diante, potencializando muito as chances de sucesso. Nesse contexto, torna-se necessário o zoneamento ambiental.

Dito isso, chega-se agora ao detalhamento, passo a passo, das etapas envolvidas no diagnóstico e zoneamento ambiental, para que se possa compreender como essa fase do planejamento da restauração é realizada na prática e como contribui para o sucesso das ações implantadas. Algumas dessas fases foram apresentadas de forma individualizada para fins didáticos, embora possam ser concomitantemente realizadas em campo para aumentar o rendimento de trabalho. Por exemplo, foram apresentados diferentes níveis de checagem de campo, referentes à validação da delimitação das APPs previamente definidas na fotointerpretação, à identificação de fatores de degradação e à avaliação das formas de uso e ocupação atual do solo e do potencial de autorrecuperação ou resiliência local de cada uma das situações da unidade espacial considerada. De forma semelhante, o diagnóstico do estado de degradação dos remanescentes florestais, definindo seu potencial de autorrecuperação se devidamente isolado e/ou manejado, e sua caracterização fitofisionômica e florística poderão ser realizados em uma única visita a cada fragmento e pelos mesmos profissionais, em vez de parcelar essas atividades em visitas de campo distintas. Isso torna o processo muito mais ágil, pois evita-se retornar a uma mesma unidade espacial várias vezes, o que seria um problema em se tratando de propriedades rurais, que muitas vezes estão distantes e são de difícil acesso.

Deve-se atentar também para o fato de que muitos dos detalhes apresentados, como a aquisição de fotografias aéreas ou imagens de satélite, são especialmente necessários em trabalhos com grandes extensões de área, pois podem facilitar muito os trabalhos de campo, mas poderiam ser dispensados no caso de projetos de restauração florestal em pequena escala. No entanto, mesmo os pequenos projetos de restauração devem ter especial atenção ao nível de detalhamento que é necessário para que se chegue a um bom diagnóstico ambiental

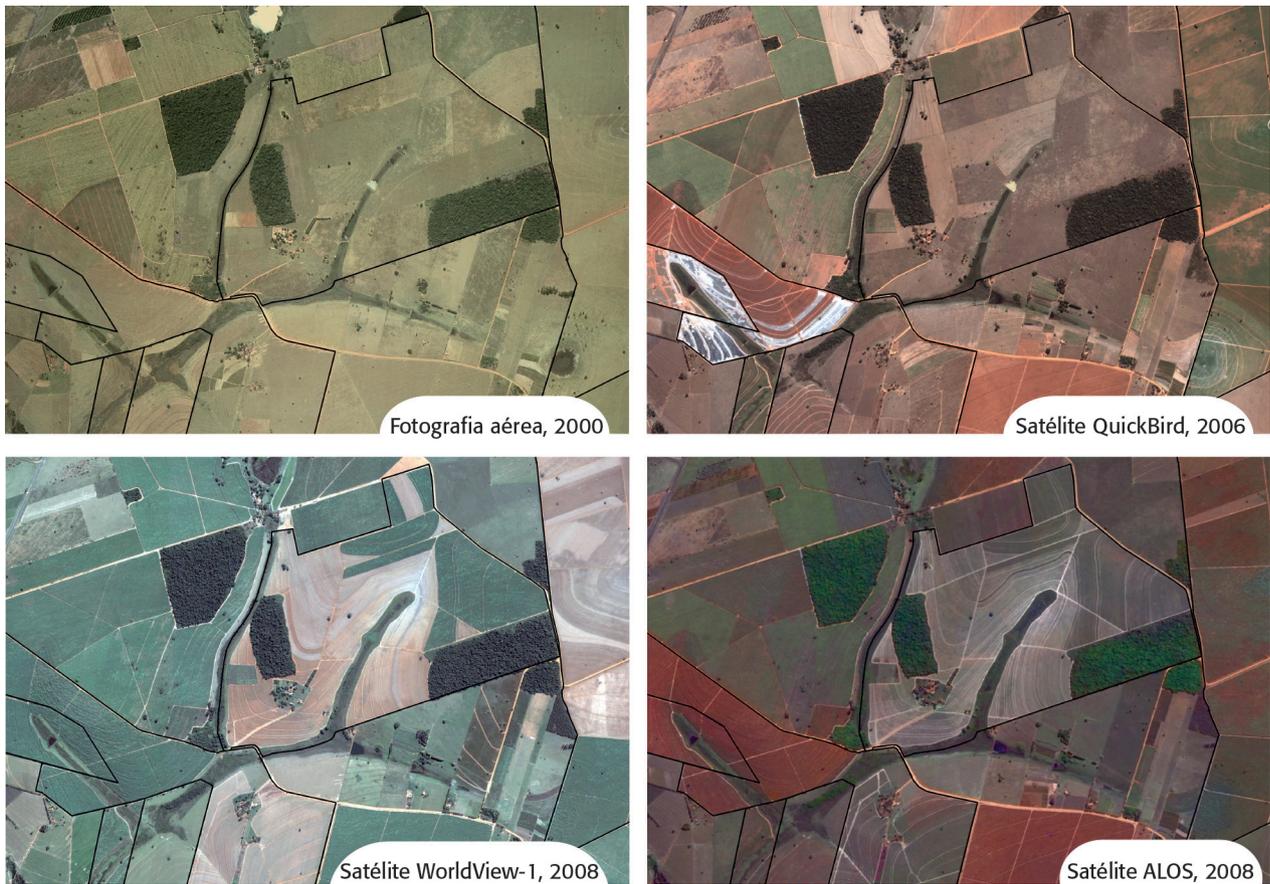
da unidade espacial definida, o que é decisivo para a escolha adequada de métodos de restauração para cada uma das situações de degradação e, consequentemente, para o sucesso do projeto como um todo.

## 6.1 A PRÁTICA DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PARA FINS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

### 6.1.1 Passo 1: Definição dos limites das propriedades rurais

Uma particularidade importante da restauração no Brasil é que a grande maioria dos projetos é conduzida em propriedades particulares. Conforme discutido em capítulos anteriores, a legislação ambiental brasileira estabelece que zelar pela integridade ecológica de determinados trechos de propriedades particulares, como APPs e RLs, é obrigação do dono da terra, restringindo legalmente o uso dessas áreas em detrimento da vontade do proprietário e em prol do benefício da coletividade. Justamente por se tratar de propriedades particulares, o primeiro passo do diagnóstico é a definição dos limites espaciais dessas propriedades. Apesar de parecer uma atividade simples, essa é uma das etapas que podem trazer maiores complicações, pois muitas vezes a documentação que define os limites da propriedade é muito antiga, a maioria sem definição de limites espaciais precisos, como coordenadas geográficas, já que são usados muitas vezes pontos referenciais da paisagem ou mesmo pontos passíveis de serem alterados no tempo, como linhas de café, árvores etc. Além disso, a regularização fundiária no Brasil ainda é caótica em muitas regiões, carecendo de uma delimitação confiável dos limites das propriedades, havendo várias sobreposições de trechos entre propriedades vizinhas. Em razão disso, muitas vezes é necessário validar os limites dos mapas das propriedades com base no memorial descritivo do imóvel, contido na matrícula depositada no cartório de registro de imóveis do município, e com base em uma confirmação desses limites no campo.

Apesar de a descrição dos limites e confrontações dos imóveis rurais contendo coordenadas geográficas ter sido uma obrigação legal por alguns anos no Brasil, muitas propriedades não se adequaram a



**Fig. 6.2** Exemplos de diferentes tipos de imagens que podem ser utilizadas no diagnóstico e zoneamento ambiental de unidades espaciais para fins de restauração

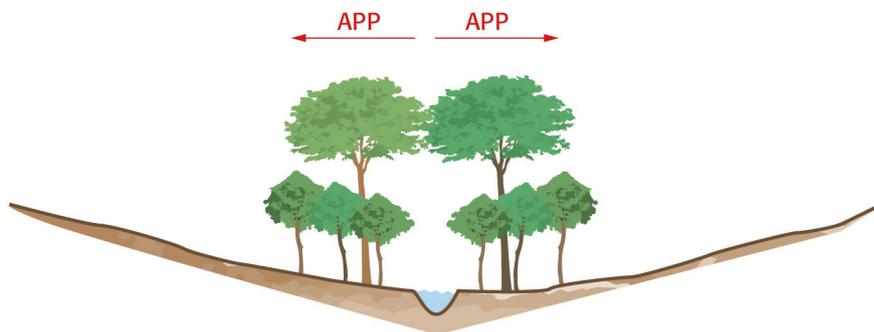
Além da importância da definição das imagens, é preciso também priorizar o uso de imagens recentes, de forma a minimizar a defasagem da informação transmitida pela imagem em relação à realidade de campo. Quanto mais antiga a imagem, maior deverá ser o investimento nas checagens de campo, como forma de aferir mudanças de uso do solo agrícola, de estradas, de reservatórios de água, de áreas protegidas pela legislação ambiental etc. Essa preocupação é especialmente importante quando se utilizam fotografias aéreas, pois o longo intervalo de tempo entre os sobrevoos pode fazer com que apenas estejam disponíveis imagens antigas e muito desatualizadas em relação à verdade terrestre atual. A aquisição de imagens atualizadas é particularmente necessária em regiões que passaram por mudanças rápidas e recentes no uso e ocupação do solo, tais como abertura de novas fronteiras agrícolas, pois novas áreas de vegetação nativa podem ter sido des-

truídas ou então novas formas de uso do solo podem ter sido estabelecidas (Fig. 6.3). Contudo, em algumas situações, o que se observa é o aumento da cobertura vegetal nativa, de modo que florestas secundárias são observadas em áreas convertidas anteriormente para uso alternativo do solo (Fig. 6.4).

#### 6.1.4 Passo 4: Fotointerpretação para delimitação das áreas a serem restauradas

A definição de quais áreas deverão ser restauradas em uma propriedade rural ou mesmo em uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores, tais como a legislação ambiental, o interesse do proprietário, a aptidão agrícola da área, a proteção do solo e dos recursos hídricos, o aumento da conectividade da paisagem, o favorecimento de alguma espécie ameaçada da fauna, a valorização cênica de algum local com potencial turístico, o pagamento por serviços ambientais e assim por diante. No entanto, o

Antes



Hoje



**Fig. 6.9** A formação de campos úmidos antrópicos em áreas ripárias degradadas, resultante do assoreamento da calha do curso d'água, provoca o deslocamento da APP, cujo início deve ser considerado no ponto em que o solo deixa de ser encharcado

mitentes estão ativos, as nascentes perenes estão em sua cota mais alta e o nível dos cursos d'água está ocupando toda a calha. Além de possibilitar a correção do pré-diagnóstico ambiental, a checagem de campo é necessária para se obterem informações impossíveis de serem avaliadas por fotointerpretação, tal como discutido nos próximos itens.

### 6.1.7 Passo 7: Checagem de campo para identificar fatores de degradação

Uma vez definida a área a ser restaurada, é necessário fazer um exame minucioso dessa área e do seu entorno imediato para identificar as perturbações antrópicas que levaram à degradação daquele ecossistema que deverá ser restaurado e/ou que possam estar mantendo o ecossistema em estado permanente de degradação, impedindo sua restauração passiva. O primeiro e mais óbvio fator de

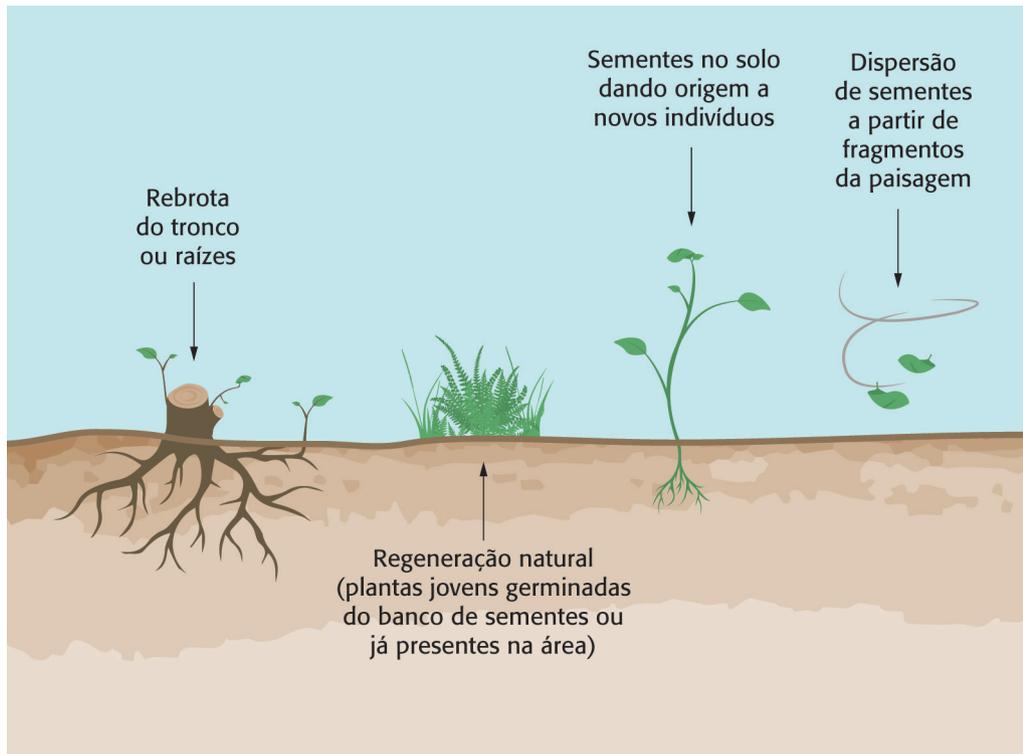
degradação a ser verificado é a destruição da vegetação nativa. Em áreas de fronteira agrícola, onde a conversão de ecossistemas naturais em pastagens e lavouras é ainda intensa, frequentemente a vegetação nativa presente em APP ou mesmo em áreas que poderiam ser utilizadas para compor a Reserva Legal é indevidamente destruída. Em situações como essas, seria incoerente estabelecer um plano de restauração para determinados trechos ou situações de uma propriedade rural enquanto a floresta é indevidamente destruída em outro canto dessa mesma propriedade, apesar de isso ser muito frequente na prática em regiões de fronteira agrícola.

Por exemplo, algumas propriedades rurais localizadas na fronteira do desmatamento estão sendo penalizadas por moratórias ambientais aplicadas por empresas compradoras de produtos agropecuários, como carne e soja, que suspenderam a compra desses

# 7

## MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL: ÁREAS QUE POSSIBILITAM O APROVEITAMENTO INICIAL DA REGENERAÇÃO NATURAL





**Fig. 7.2** *Formas de expressão da regeneração natural*

sagem com a resiliência local é que vai determinar o potencial da área de retornar à condição ecológica anterior à degradação com maior ou menor nível de intervenção humana.

Diante do exposto, é fundamental entender quais fatores naturais e/ou antrópicos condicionam a resiliência local e de paisagem de um dado projeto de restauração para que se possa diagnosticar corretamente se será possível contar com o uso inicial da regeneração natural e, em caso positivo, determinar quais ações de aproveitamento e condução dos indivíduos regenerantes poderão ser adotadas no sentido de potencializar os processos de regeneração e, consequentemente, aumentar a efetividade da restauração ecológica com os menores custos possíveis.

## 7.1 FATORES QUE AFETAM A POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO INICIAL DA REGENERAÇÃO NATURAL NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL

### 7.1.1 Tempo de uso do solo

A conversão de ecossistemas naturais em áreas antropizadas tem ocorrido desde os séculos passados como resultado de práticas agrícolas de sub-

sistência, destacadamente a agricultura itinerante de corte e queima, praticadas pelos povos indígenas e por populações tradicionais. Contudo, tais práticas afetavam pouco a resiliência dos ecossistemas nativos, uma vez que não eliminavam da área cultivada o banco de sementes de espécies nativas ou mesmo o banco de plântulas. Por serem práticas adotadas em pequena extensão, também não comprometiam o potencial da paisagem em suprir continuamente sementes para a recolonização do local por espécies nativas. Pouco tempo após o abandono da área, os processos de regeneração natural iniciavam a formação de uma área agrícola “suja”, com invasão de regenerantes de espécies nativas, posteriormente uma capoeira, e, por fim, o avanço da sucessão florestal culminava na formação de uma floresta secundária, com potencial de restabelecer ao longo do tempo parte considerável da biota que fora deslocada com a substituição da floresta conservada por atividade agrícola não intensiva.

Contudo, com a gradual evolução das técnicas de cultivo tradicionais para agricultura cada vez mais tecnificada, desde a colonização do território nacional pelos portugueses e, principalmente, a partir do desenvolvimento da agricultura industrial

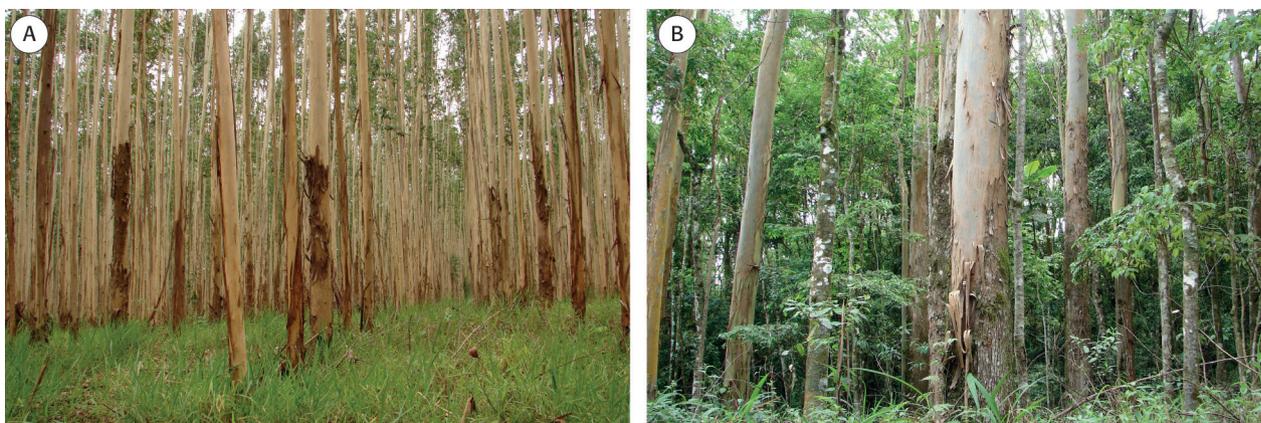
florestal nativa (baixa resiliência da paisagem), normalmente não se observa no sub-bosque uma densa e diversificada regeneração natural (Fig. 7.6A). Muitas vezes, essa situação é erroneamente atribuída à hipotética alelopatia, à competição por água ou à acidificação do solo causada pelo eucalipto. Se isso fosse verdade, em nenhuma situação seria constatado um rico sub-bosque de espécies nativas sob plantios de eucalipto, tal como amplamente observado em várias regiões do país (Fig. 7.6B).

Assim, as diferentes formas de ocupação anterior e atual das áreas a serem restauradas, principalmente no que se refere ao sistema de produção agrícola, pecuária ou florestal que é ou foi adotado, podem determinar o potencial de autorrecuperação local e, portanto, o potencial de aproveitamento inicial da regeneração natural no processo de restauração da área. Contudo, há situações mais drásticas, tais como no caso de mineração ou quando há

processos erosivos intensos na atividade agrícola. Nessas situações, normalmente é removida a camada superficial do solo, a qual contém o banco de sementes, a maior parte dos nutrientes, a fauna e os microrganismos, restando apenas uma camada inerte de substrato, com limitações físicas e químicas ao crescimento vegetal (sem resiliência local). Nesse tipo de situação, são necessárias ações intensivas de recuperação do solo e reintrodução em área total de uma comunidade vegetal nativa para dar início ao processo de restauração (Fig. 7.7), mesmo que seja observada resiliência da paisagem.

### 7.1.3 Histórico de degradação da área a ser restaurada

A identificação dos fatores de degradação de uma dada área a ser restaurada tem fundamental importância dentro de um programa de restauração florestal, pois o isolamento desses fatores é



**Fig. 7.6** (A) Reflorestamento de eucalipto implantado em área anteriormente ocupada por agricultura tecnificada e pastagem, desprovido de indivíduos regenerantes de espécies nativas no sub-bosque e densamente colonizado por braquiária. (B) Reflorestamento de eucalipto com sub-bosque densamente povoado por indivíduos regenerantes de espécies nativas



**Fig. 7.7** Áreas sem resiliência local pelo fato de a camada superficial do solo ter sido removida para a extração de argila (A) ou ter sido removida pelos processos erosivos decorrentes do uso inadequado do solo para a pecuária (B)

nantes da densidade e diversidade da comunidade vegetal preexistente e da comunidade que se estabelecerá na área ao longo do tempo, definindo o potencial presente e futuro de condução da regeneração natural e da necessidade ou não de enriquecimento induzido dessa área após a ocupação pelas espécies iniciais da sucessão.

### 7.1.6 Limitação de microssítio de regeneração

Conforme discutido no item anterior, a quantidade e diversidade de sementes que chegam a uma área são potenciais determinantes da densidade e composição da comunidade vegetal regenerante. Contudo, para que uma semente depositada em uma área possa dar origem a uma plântula e esta possa se estabelecer, crescer e se reproduzir, é necessário superar vários filtros bióticos e abióticos. Nesse sentido, de nada adianta uma semente ser dispersa para uma determinada área se não houver microssítios favoráveis para o estabelecimento nessa área e o posterior recrutamento, dando suporte à colonização da área degradada pelas espécies nativas. Entre os filtros bióticos, destaca-se o papel de gramíneas exóticas invasoras, tais como as braquiárias (*Urochloa* spp.), o capim-colonião (*Panicum maximum*), o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), e de samambaias nativas, como a samambaia *Pteridium* spp., as quais são reconhecidas por limitar a regeneração natural de espécies nativas.

Além das gramíneas, espécies arbóreas exóticas, tais como a leucena (*Leucaena leucocephala*), a acácia

(*Acacia mangium*) e o ipê-de-jardim (*Tecoma stans*), podem formar densos povoamentos em áreas degradadas e inibir o estabelecimento de uma comunidade vegetal nativa. Essas espécies exóticas dificultam o estabelecimento ou mesmo selecionam ou deslocam as espécies nativas de uma determinada área devido à alelopatia e à competição por água, luz e nutrientes (Fig. 7.12). Assim, dependendo da ocupação prévia da área por espécies exóticas competidoras, haverá maior ou menor potencial de aproveitamento da regeneração natural como estratégia de restauração florestal, de forma que o controle dessas espécies indesejáveis consiste justamente em uma estratégia complementar da condução da regeneração natural.

Outro filtro biótico que pode inibir a regeneração natural de espécies nativas é a presença abundante de formigas-cortadeiras, com destaque para as saúvas. Monoculturas que hoje ocupam extensas áreas agrícolas, como cana-de-açúcar, eucalipto e laranja, valem-se de inseticidas muito eficientes no combate a formigas, de forma que as populações desses insetos normalmente se refugiam em áreas abandonadas ou marginais das áreas agrícolas, onde justamente se concentram as ações de restauração florestal. Apesar de as saúvas e quenquéns serem fundamentais para a incorporação de matéria orgânica no solo, o deslocamento desses insetos para as áreas de restauração pode resultar em desequilíbrio ecológico, com as formigas-cortadeiras se alimentando massivamente das espécies nativas que estão regenerando nessas áreas, de maneira



**Fig. 7.11** *Plantio de restauração em uma faixa ciliar de uma represa imerso em uma matriz dominada por canaviais (A), onde a reduzida cobertura de florestas e a distância entre os poucos e muito degradados fragmentos remanescentes existentes na paisagem regional dificultam a chegada de sementes e, portanto, a colonização do sub-bosque por espécies nativas (B)*

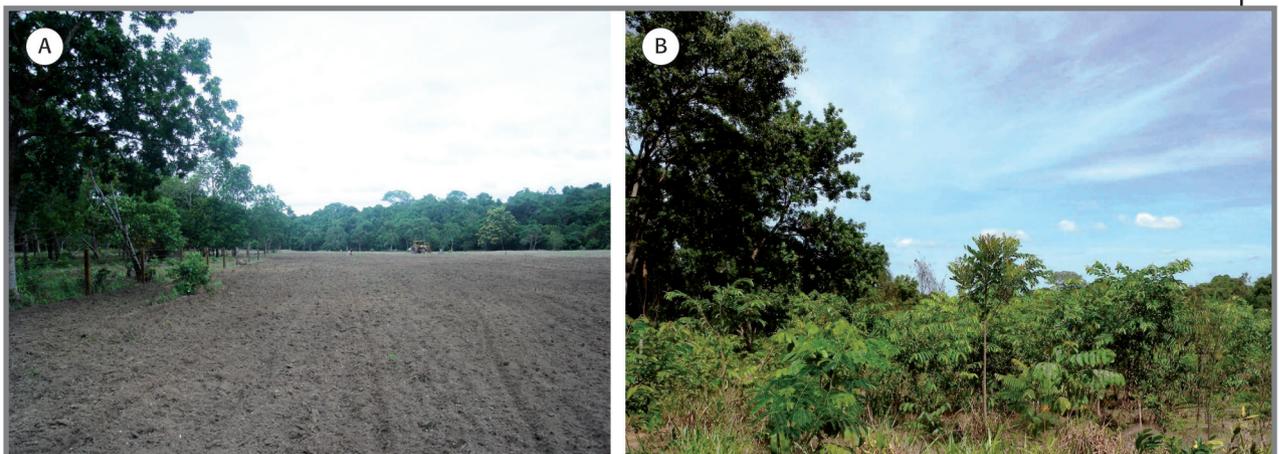
# 8

## MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL: ÁREAS QUE NÃO POSSIBILITAM O APROVEITAMENTO INICIAL DA REGENERAÇÃO NATURAL



### BOXE 8.1 SEMEADURA DIRETA MECANIZADA: INOVAÇÃO EM MATO GROSSO

A fim de reverter o passivo de aproximadamente 240.000 ha de Áreas de Preservação Permanente degradadas na bacia do rio Xingu, em Mato Grosso, o Instituto Socioambiental (ISA), no âmbito da campanha Y Ikatu Xingu, decidiu inovar, utilizando a semeadura direta mecanizada de árvores nativas para a restauração em larga escala. A técnica é escolhida analisando os maquinários da propriedade, o histórico de uso e o potencial de erosão do solo. Em terrenos pequenos ou com declividade alta, o plantio pode ser feito em covas, junto com culturas agrícolas como feijão, mandioca e abóbora. A semeadura a lanço é realizada com lançadeiras de sementes de capim, com espalhadoras de calcário ou à mão, enquanto a semeadura em linhas utiliza plantadeiras de grãos. Nos terrenos planos ocupados por pastagem, são feitas gradagens para a descompactação do solo, aplicados herbicidas para o controle das gramíneas, quando necessário, e semeadura em linhas ou a lanço, recobrimo-se as sementes com gradagem leve. Em áreas de lavoura mecanizada, a semeadura pode ser em linhas com plantadeiras de plantio direto, dispensando as operações de gradagem. Antes de ir para as máquinas, as sementes, fornecidas pela Rede de Sementes do Xingu, são homogeneizadas em uma mistura com terra, de acordo com a técnica batizada de *muvuca de sementes* pelo Grupo Mutirão Agroflorestal. Cada muvuca inclui de 45 a 70 espécies de árvores e arbustos, além de leguminosas de adubação verde, como feijão-de-porco, feijão-guandu e crotalária. Sementes muito grandes, que não passam pelas máquinas, são lançadas manualmente. Nos plantios são utilizadas entre 15 e 30 sementes de árvores e arbustos por metro quadrado e dez de leguminosas. Em restaurações com cerca de quatro anos de idade, a densidade de árvores e arbustos pode chegar a 6.000 indivíduos/ha, três vezes mais que em plantio de mudas tradicionais, e o número de espécies a cerca de 50. Os custos do plantio mecanizado, considerando o manejo por três anos, gira em torno de R\$ 3.540,00/ha, em áreas que dispensam cercamento, e R\$ 7.600,00/ha, considerando os custos da cerca. Essa técnica já foi implantada em mais de 1.000 ha na bacia do Xingu por meio das atividades da campanha.



Vista de uma área antes (A) e dois anos depois (B) do plantio mecanizado na Fazenda São Roque, em Canarana (MT)

Rodrigo G. P. Junqueira ([rodrigojunqueira@socioambiental.org](mailto:rodrigojunqueira@socioambiental.org)), Instituto Socioambiental (ISA),  
Programa Xingu, Canarana (MT)

Eduardo M. C. Filho ([eduardomalta@socioambiental.org](mailto:eduardomalta@socioambiental.org)), Instituto Socioambiental (ISA),  
Programa Xingu, Canarana (MT)

Natalia Guerin ([natalia@socioambiental.org](mailto:natalia@socioambiental.org)), Instituto Socioambiental (ISA),  
Programa Xingu, Canarana (MT)

Sites: <[www.socioambiental.org](http://www.socioambiental.org)> e <[www.sementesdoxingu.org.br](http://www.sementesdoxingu.org.br)>.



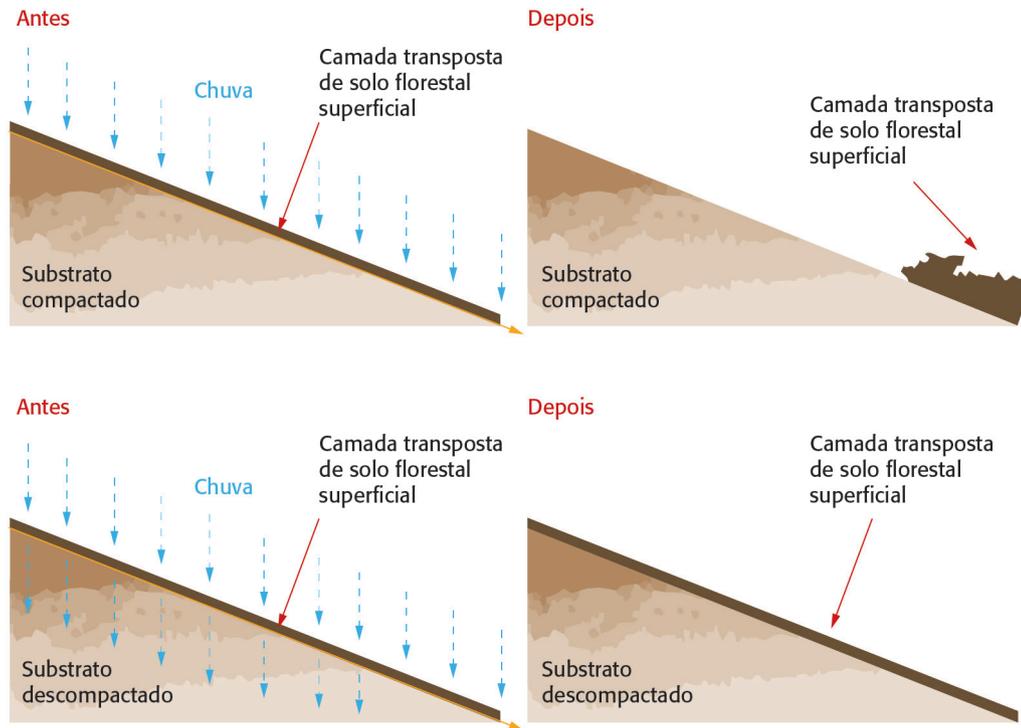
**Fig. 8.7** *Visão interna de um reflorestamento de espécies nativas implantado por meio da semeadura direta de recobrimento, com dois anos, no qual as sementes foram plantadas em sulcos e obteve-se mais de oito mil indivíduos de espécies arbóreas por hectare, o que pode ser constatado pela grande proximidade dos indivíduos arbóreos nas linhas*

vez de simplesmente se distribuírem sementes de espécies nativas em uma área e esperar para ver o que acontece. Nesse contexto, a semeadura direta representa uma das principais fronteiras do conhecimento a serem investigadas pela restauração florestal. Mais detalhes dos procedimentos operacionais envolvidos na implantação da semeadura direta e manutenção de áreas implantadas com esse método serão descritos em detalhes no Cap. 9.

### 8.3 TRANSPOSIÇÃO DE SOLO FLORESTAL SUPERFICIAL

A camada de solo superficial de uma floresta, juntamente com a serapilheira que o recobre, é um importante reservatório de sementes de espécies nativas, matéria orgânica, insetos, mesofauna e microfauna de solo, microrganismos e nutrientes. Em razão disso, essa camada de solo apresenta um enorme potencial de uso na restauração florestal se transferida de uma formação natural para uma área degradada. Com base nos conhecimentos sobre a formação, constituição e dinâmica do banco de sementes em florestas tropicais, conforme já foi discutido nos Caps. 3, 4 e 7, é possível extrapolar algumas indicações para o uso dessa camada superficial de solo florestal em ações de restauração:

- ✎ A constituição do banco de sementes temporário varia sazonalmente, havendo maior densidade e riqueza de sementes nos períodos de maior dispersão natural das espécies. Assim, espera-se uma maximização do uso do banco de sementes florestal caso este seja coletado no período um pouco posterior ao pico de dispersão de sementes na região.
- ✎ Quanto mais tempo a camada superficial de solo for armazenada, menor será a participação do banco de sementes temporário no recrutamento, uma vez que suas sementes, por terem menor incidência de dormência, deterioram-se com mais facilidade do que sementes de espécies pioneiras, que geralmente têm dormência.
- ✎ A camada superficial de solo de florestas secundárias jovens tende a ter maior potencial de aproveitamento do banco de sementes nas ações de restauração quando comparada com o banco de sementes de florestas maduras, uma vez que o predomínio de pioneiras nas florestas secundárias, em regeneração inicial, faz aumentar a produção e a dispersão de sementes dessas espécies, que conseqüentemente ingressam no banco de sementes. Florestas maduras tendem a ter



**Fig. 8.10** Se a distribuição da camada de solo florestal superficial for realizada sobre solo compactado, a água da chuva não infiltrará devidamente no substrato da área degradada, gerando um escoamento subsuperficial que carreará essa camada de solo que foi depositada, a qual é menos densa devido à elevada concentração de matéria orgânica, para a parte mais baixa do declive. Contudo, se o substrato não estiver compactado, a água da chuva poderá penetrar em profundidade e reduzir o volume de escoamento subsuperficial, sem deslocar o solo orgânico



**Fig. 8.11** Distribuição da camada de solo superficial florestal em áreas a serem restauradas, com o uso apenas de trator (A) ou com trator e ajuda adicional de trabalhadores com enxadas (B)

mente plantas herbáceas, arbustivas e trepadeiras, que contribuem para a rápida cobertura do solo. Por exemplo, em um trabalho de mestrado (Jakovac, 2007) no qual se testou o uso da transposição de solo florestal superficial para a restauração de taludes,

foram observadas 150 espécies nativas, sendo 81 herbáceas, 26 lianas, dez arbustivas e 33 arbóreas. Tais resultados apontam que esse método de restauração apresenta um enorme potencial e que seu uso deve ser estimulado sempre que possível, principalmente de

# PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL



e vivenciar as máquinas e equipamentos utilizados nas operações de campo, os adubos e agrotóxicos empregados comumente em cultivos florestais e os custos e rendimentos associados a cada atividade de restauração. Muitas das restrições aqui apresentadas são consequência da estrutura curricular limitada dos cursos acadêmicos. Enquanto biólogos e ecólogos detêm mais conhecimento sobre os processos ecológicos e a biodiversidade, pouco sabem sobre solos e principalmente sobre preparo de solo para manejo e plantio, sobre recomendação de adubação, sobre equipamentos e implementos agrícolas, sobre uso de agrotóxicos etc., ao passo que, para engenheiros agrônomos e florestais, essa situação se inverte – há formação adequada em assuntos mais aplicados e falta formação sobre processos ecológicos e biodiversidade. Gestores ambientais possuem melhor formação para gerir projetos, mas formação limitada para implantar projetos e muitas vezes até para entender processos ecológicos na profundidade necessária para a tomada de decisão. Em resumo, nenhuma carreira acadêmica oferece uma formação completa para atuar na restauração florestal, sendo essencial o desenvolvimento de atividades extracurriculares para capacitar profissionais para atuarem em um campo de atividade tão complexo, além, é claro, da necessidade urgente de uma adequação dos currículos escolares dos cursos de graduação descritos para atender às atuais demandas do mercado de trabalho por profissionais no campo da restauração ecológica.

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é contribuir com a escolha orientada de procedimentos operacionais para a implantação de métodos de restauração florestal. Como tais procedimentos são atividades essencialmente práticas, o conteúdo aqui apresentado deve ser necessariamente complementado pela vivência dessas atividades. Vale chamar atenção para o fato de que essas ações ou procedimentos operacionais são muito dinâmicos no tempo, evoluindo continuamente no sentido de aumentar a sua eficiência e reduzir custos, de forma que o presente capítulo apresenta apenas conceitos associados a esses procedimentos, devendo o restaurador se atualizar continuamente em cursos de

extensão e/ou leitura apropriada para ter acesso aos melhores equipamentos, insumos e procedimentos operacionais disponíveis no momento.

Conforme apresentado ao longo deste capítulo, há diversas formas de realizar a mesma ação ou operação de restauração, cada uma delas com vantagens e limitações próprias, que se refletem em rendimentos operacionais e custos diferenciados. Diante disso, faz-se necessária uma descrição detalhada de cada uma das etapas envolvidas na implantação de métodos de restauração e na manutenção de áreas em processo de restauração, bem como das várias possibilidades e estratégias de se executarem essas etapas. Nesse contexto, serão apresentadas essas etapas na mesma ordem seguida na prática por projetos de restauração, para que os leitores visualizem a sequência de atividades e de decisões a serem tomadas na implantação e gestão de projetos.

## 9.1 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DE RESTAURAÇÃO

### 9.1.1 Recuperação do solo

A necessidade de recuperação do solo antes da implantação de ações de restauração é frequentemente constatada por meio da presença de subsolo exposto e/ou de intenso processo erosivo, sendo normalmente resultado do mau uso do solo por atividades agrícolas e pastoris ou da extração mineral. Essa recuperação é necessária porque as camadas superficiais de solo possuem maior disponibilidade de nutrientes e conteúdo de matéria orgânica, além de características físicas que facilitam a infiltração e o armazenamento de água. Ao perder essa camada, resta o subsolo, o qual não apresenta condições propícias ao desenvolvimento vegetal (Fig. 9.1). Em outras situações, a degradação do solo pode não ter sido tão intensa a ponto de comprometer o desenvolvimento vegetal, mas a devida preparação do solo, aumentando sua aeração, capacidade de infiltração de água e disponibilidade de nutrientes, favorece muito o processo de restauração. A recuperação do solo depende primeiramente da proteção da área a ser restaurada da enxurrada produzida nas áreas agrícolas do entorno, que intensifica o arraste de

mento das operações e reduz os custos, com consequente possibilidade de aumentar a escala das ações de restauração. Nesses casos, costumam-se utilizar máquinas distribuidoras pendulares de calcário e adubo para semeadura a lanço, e semeadora de grãos para semeadura em linha. Para facilitar a distribuição das sementes no campo, tem se recomendado preparar uma mistura de sementes de árvores e arbustos nativos com sementes de adubação verde, areia ou terra, e fertilizantes, mistura essa denominada, em alguns casos, muvuca. Essa mistura aumenta o volume a ser distribuído e, assim, evita que caia uma grande quantidade de sementes em um mesmo local. Essa estratégia também ajuda a minimizar os problemas de segregação das sementes na caixa da máquina

semeadora, que faz com que as sementes menores se depositem no fundo da caixa com a vibração e sejam semeadas antes das sementes maiores, concentrando espécies pela área. Esse problema é decorrente da grande variação no tamanho de sementes de espécies nativas, que se reacomodam com o deslocamento da máquina e dificultam a semeadura contínua de uma mistura adequada de espécies pela área.

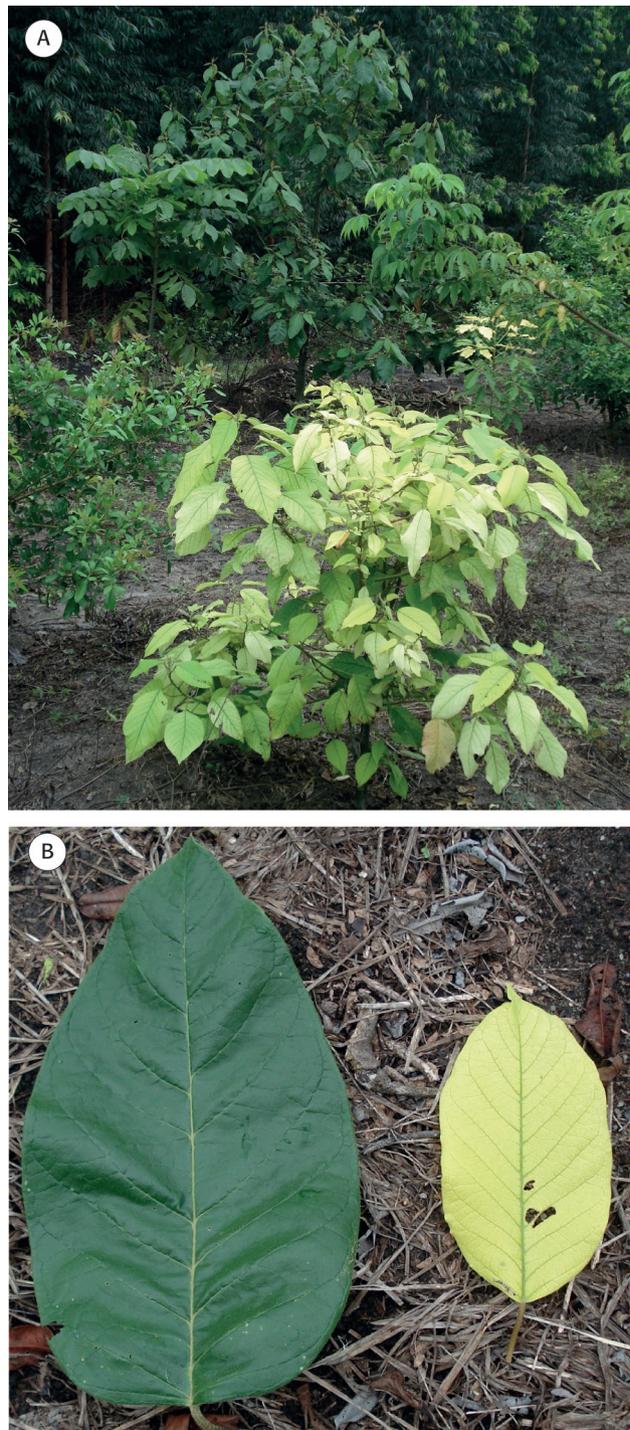
Mais recentemente, a semeadura direta tem sido feita de forma mais organizada funcionalmente, semeando inicialmente espécies de recobrimento na linha de plantio e espécies de adubação verde na entrelinha, na perspectiva de a cobertura da área ser feita pela adubação verde no primeiro ano, sendo gradualmente substituída pela cobertura das espécies de



**Fig. 9.9** *Plantio de mudas em tubetes utilizando-se plantadeira manual: trabalhando em pé, a pessoa introduz a ponta cônica do tubo no solo já previamente preparado para plantio em linhas ou covas (A), e depois a muda, já fora do tubete (B), é colocada dentro da extremidade superior desse tubo (C). Quando a muda chega ao final do tubo, é acionado o gatilho que abrirá sua ponta cônica, deixando a muda já na profundidade ideal de plantio, com seu colo rente ao nível do solo. Depois é só compactar levemente o solo ao redor da muda com um dos pés para remover eventuais bolsas de ar entre o torrão e o solo (D)*

sejam depositados restos vegetais na coroa, para ajudar a manter a umidade do solo junto às mudas e restringir o estímulo luminoso das sementes de plantas competidoras presentes no banco de sementes, o qual é exposto pelo coroamento. Nos casos de braquiária, não se recomenda a deposição de restos vegetais ao redor da muda em razão da possibilidade de rebrota de touceiras e de alelopatia. O controle mecânico pode ser também realizado fora do entorno imediato das mudas, nas entrelinhas de plantios ou nos espaços não ocupados pela regeneração natural. Nesses casos, pode-se utilizar uma roçadeira acoplada a um trator para cortar a parte aérea das plantas competidoras na entrelinha de plantios de restauração, principalmente quando se usa um espaçamento de plantio de, pelo menos, 3 m entre linhas e as mudas ainda não se desenvolveram a ponto de dificultar o deslocamento do trator no reflorestamento. Quando o uso de roçadeira tratorizada não é possível – como nos casos de áreas declivosas, espaçamentos menores, mudas já bem desenvolvidas e presença de regeneração natural nas entrelinhas –, pode-se recorrer ao uso de roçadeira costal para o controle de plantas competidoras em área total (Fig. 9.14).

✂ **Controle químico:** o coroamento químico consiste no controle de plantas competidoras por meio da aplicação de herbicidas dessecantes, normalmente glifosato, conforme já discutido anteriormente, em um raio de 50 cm a 60 cm no entorno de cada muda. Quando se objetiva controlar as plantas competidoras em área total, mas que estão distribuídas de forma dispersa e não contínua na área, tanto as plantas no entorno das mudas como aquelas nas entrelinhas de plantio devem ser pulverizadas, sendo essa operação denominada *catação*. A *catação* é viabilizada porque, ao longo da manutenção, o número de indivíduos competidores, com destaque para as touceiras de gramíneas, tende a diminuir consideravelmente, principalmente quando o ciclo de regeneração da espécie é



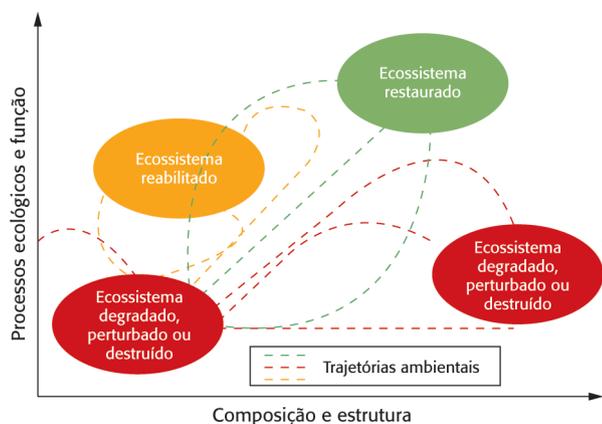
**Fig. 9.12** Falhas na adubação de cobertura podem ser visualmente observadas por meio de sintomas de deficiência nutricional, que reduziram significativamente o crescimento de alguns indivíduos de *capixingui* (*Croton floribundus*) – em comparação com outros indivíduos da mesma espécie que foram adubados (A) –, os quais apresentam folhas de cor amarela, como sintoma de deficiência nutricional (B)

# AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

# 10



novamente necessário para que se defina se essas medidas foram ou não efetivas. Caso não se adote essa dinâmica, a área em processo de restauração pode retornar à condição original de degradação ou desviar para a condição de ecossistema reabilitado.



**Fig. 10.1** *Em função das diferentes trajetórias ambientais condicionadas pelas intervenções realizadas em um dado ecossistema degradado, perturbado ou destruído, este poderá apresentar variações em relação à função, aos processos ecológicos, à composição e à estrutura, definindo a sua condição futura. Note-se que um mesmo ecossistema pode ser restaurado por meio de diferentes trajetórias ambientais, as quais são fundamentalmente determinadas pelos métodos de restauração adotados, pela influência da paisagem nos processos de recolonização e por alterações causadas por distúrbios naturais e antrópicos ao longo do processo*

Além disso, somente uma avaliação adequada de áreas em processo de restauração permite confirmar se o projeto técnico foi adequadamente executado, o que é fundamental quando tais iniciativas são fruto do cumprimento de termos de ajustamento de conduta ou até para avaliar e pagar o trabalho executado por uma determinada empresa prestadora de serviços de restauração. Enfim, existem diversas demandas hoje para a avaliação e o monitoramento de áreas em processo de restauração no Brasil, embora ainda pouco se pesquise sobre o assunto, justificando, dessa forma, uma reflexão dos estudiosos

e dos executores de restauração para que se possam alcançar relações de maior custo-benefício e maiores chances de sustentabilidade futura dos projetos.

## 10.1 CONCEITOS APLICADOS À AVALIAÇÃO E AO MONITORAMENTO

A Ecologia da Restauração é uma ciência recente e multidisciplinar cuja aplicação prática – a restauração ecológica – possui ainda necessidades prementes de aprimoramento técnico-científico para que se alcance maior efetividade e sucesso das ações, com o menor custo possível. Em virtude disso, a avaliação e o monitoramento da restauração não são tarefas simples, pois ainda não se tem conhecimento suficiente sobre a importância relativa e os valores de referência de cada atributo ou indicador a ser medido para que uma determinada área degradada, perturbada, danificada ou destruída possa ter seus processos ecológicos recuperados e sua biodiversidade restabelecida ao longo do tempo.

Diante desse desafio, o ponto de partida é justamente definir qual o objetivo quando se vai restaurar uma determinada área, ou seja, o que se espera obter por meio das ações intencionais que desencadeiam ou aceleram a recuperação de um ecossistema em relação a sua saúde, integridade e sustentabilidade. Caso não se saiba onde se quer chegar, certamente será mais difícil saber, por meio da avaliação e do monitoramento, se a trajetória está adequada e se os condicionantes para a restauração da área estão sendo cumpridos ou não. De forma geral, deve-se considerar que a restauração do ecossistema implica que ele terá os recursos abióticos e bióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem mais assistência ou subsídio do homem, com a capacidade de: 1) sustentar-se estruturalmente e funcionalmente; 2) possuir resiliência às condições naturais de estresse ambiental e perturbação; e 3) interagir com ecossistemas contíguos por meio de fluxos abióticos e bióticos e ainda promover interações culturais. Assim, é necessário estabelecer medidas que indiquem o quão próximo ou distante se está de chegar a essa condição e que ações complementares são necessárias para que a área em processo de restauração se aproxime cada vez mais da condição almejada.

desse problema na área. Outro exemplo é a avaliação dos serviços ecossistêmicos culturais, a qual depende da percepção das pessoas em relação aos benefícios da restauração ecológica. Sendo assim, tais serviços não podem ser objetivamente avaliados, mas poderiam ser qualitativamente diagnosticados usando-se, por exemplo, questionários semiestruturados.

Uma forma interessante de utilizar avaliações qualitativas seria executá-las segundo uma ordenação hierárquica dos indicadores. Nela se estabelece uma sequência lógica e uma ordem de importância entre os diferentes indicadores qualitativos selecionados para avaliar a área em questão, de forma que só se passa a coletar dados de um próximo indicador caso a área tenha sido aprovada qualitativamente no indicador anterior. Esse procedimento tem a vantagem de não desperdiçar esforços na avaliação quantitativa, que é mais trabalhosa e onerosa, principalmente de áreas que apresentam problemas graves evidentes, nas quais não seria necessário avaliar uma série de indicadores para diagnosticar que em um futuro próximo a restauração não seria atingida (Fig. 10.6).

### Indicadores quantitativos

Os indicadores quantitativos são aqueles que se valem da mensuração de determinados descritores da área em processo de restauração, tais como altura média dos indivíduos, densidade de indivíduos regenerantes, riqueza e diversidade de espécies, mortalidade

etc. Os indicadores quantitativos permitem muitas possibilidades de análise dos resultados obtidos. Uma maneira interessante de análise é promover o agrupamento dos resultados numéricos de um dado indicador em classes de valores, atribuindo-se notas a cada classe, que podem ser relacionadas com valores de referência previamente estabelecidos (Tab. 10.1).

Outra possibilidade é o estabelecimento de diferentes níveis de importância dos indicadores quantitativos para a efetividade da restauração, permitindo atribuir diferentes pesos a esses indicadores, criando grupos de indicadores com alta, média e baixa importância para o sucesso da restauração (Tab. 10.2). A integração das notas obtidas em cada indicador com seus respectivos pesos permite atribuir uma nota final para a área em processo de restauração (Tab. 10.3) e, conseqüentemente, obter a comparação entre áreas.

Essas estratégias de análise de indicadores quantitativos reduzem a interferência do avaliador nos resultados e possibilitam uma maior replicabilidade de um dado método de monitoramento, conferindo maior segurança e transparência ao processo, que passa a se basear em valores numéricos obtidos na área em restauração, em vez de avaliações qualitativas de grande subjetividade, suportadas em opiniões pessoais. Por meio da obtenção de indicadores quantitativos, é possível também a comparação estatística de diferentes áreas ou modelos, o que reduz ainda mais a parcialidade da avaliação.



**Fig. 10.6** Exemplos de problemas graves em projetos de restauração florestal que são facilmente diagnosticados de forma qualitativa: (A) reflorestamento não isolado do gado; (B) reflorestamento implantado em área com evidentes problemas de compactação e conservação de solos, os quais certamente limitarão o desenvolvimento da vegetação; e (C) grandes trechos abertos em área reflorestada resultantes do baixo desenvolvimento dos indivíduos plantados, pelo fato de terem sido definidas espécies típicas do ambiente ripário ou ciliar (*jenipapo*, *Genipa americana*; *ingá*, *Inga vera*; e *sangra-d'água*, *Croton urucurana*) para recuperação do ambiente de Cerradão

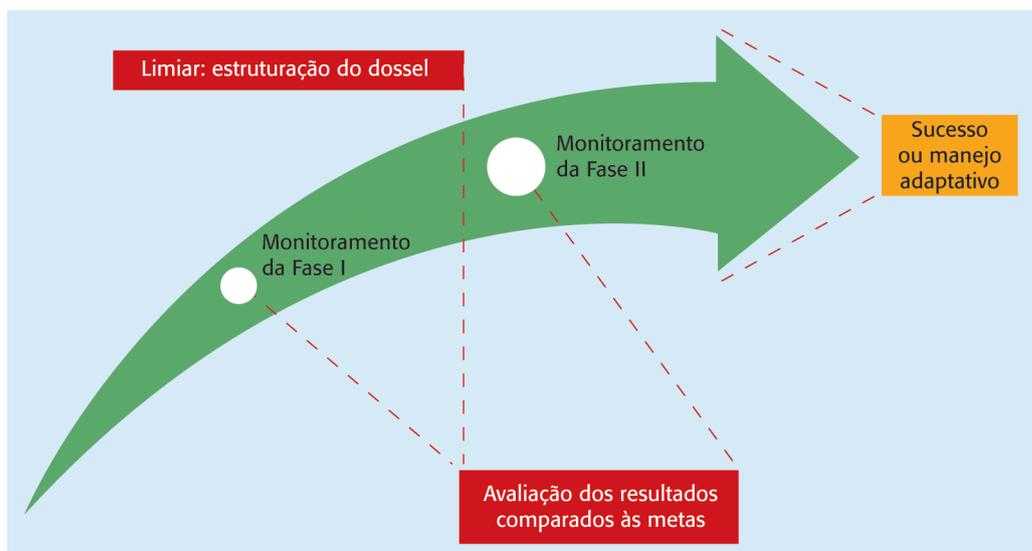
restauração ecológica, com características homogêneas em relação ao método de restauração adotado, data de implantação, ao tipo de solo e vegetação, ao histórico da área e à instituição executora. (Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2013).

### Princípio ecológico da restauração florestal

De acordo com o Princípio Ecológico, as atividades de restauração florestal devem restabelecer a diversidade regional de espécies nativas e os processos ecológicos envolvidos com a sustentabilidade dos ecossistemas naturais e restaurados. Esse princípio está dividido em duas fases: Fase I ou de Estruturação do Dossel, cujo objetivo é avaliar a formação de uma cobertura florestal na área em processo de restauração, e a Fase II ou de Monitoramento da Trajetória Ecológica, cujo objetivo é monitorar se a dinâmica de regeneração da área está conduzindo a restauração dentro da trajetória desejada e esperada (Fig. 10.8). A Fase I foi desenvolvida visando permitir ao executor do projeto reconhecer os eventuais filtros que impediriam a área em restauração de atingir uma cobertura florestal do solo de, no mínimo, 70% da área, assegurando uma mínima estruturação do dossel para a supressão de plantas ruderais e o desencadeamento dos processos de regeneração florestal. Dessa forma, o principal indicador a ser ava-

liado é a cobertura do solo pelas copas das árvores, que deve ser complementado por indicadores que permitam identificar as causas ou filtros responsáveis por resultados insatisfatórios (Quadro 10.2).

A partir do ponto em que a cobertura do dossel é superior a 70%, inicia-se a Fase II, que tem como objetivo avaliar a área em restauração por meio de indicadores que permitam caracterizar sua trajetória ecológica, com base principalmente na estrutura e na composição da comunidade vegetal regenerante, sustentando assim os processos ecológicos necessários para a perpetuação da área em processo de restauração. Embora o foco dessa fase seja nos processos ecológicos, ou seja, no funcionamento do ecossistema, não foram incluídos no protocolo indicadores ecológicos tipicamente utilizados para medir processos, dada a dificuldade prática de uso desses indicadores. Por exemplo, alguns dos principais processos ecológicos envolvidos na restauração são a dispersão de sementes, germinação, predação de sementes, herbivoria e recrutamento; mas o monitoramento desses processos requer medidas periódicas e muito detalhadas, que se aplicam mais a projetos de pesquisa do que a projetos técnicos de monitoramento. No entanto, o monitoramento de alguns indicadores ecológicos de composição e estrutura pode



**Fig. 10.8** Desenho esquemático das fases do Princípio Ecológico do monitoramento da restauração florestal proposto no protocolo de monitoramento de projetos/programas de restauração do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica

Fonte: Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (2013).

**Quadro 10.3** Critérios, indicadores e verificadores da Fase II (trajetória ecológica) do Princípio Ecológico do protocolo de monitoramento de projetos/programas de restauração do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica

<b>Fase II – Trajetória ecológica</b>	
<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
C.1. Estrutura	Distribuição vertical e horizontal da comunidade vegetal em restauração.
I.1.1. Densidade de indivíduos de menor porte	Quantidade de indivíduos de menor porte de espécies arbustivas e arbóreas não invasoras por área.
V.1.1.1. Número de indivíduos de espécies não invasoras por área	Contagem de indivíduos de espécies não invasoras por área, com <i>altura</i> entre $0,5 \geq H < 1$ m.
I.1.2. Densidade de indivíduos de maior porte	Quantidade de indivíduos de maior porte de espécies arbustivas e arbóreas não invasoras por área.
V.1.2.1. Número de indivíduos de espécies não invasoras por área	Contagem de indivíduos de espécies não invasoras por área, com altura $\geq 1$ m.
I.1.3. Área basal	Soma das áreas das secções transversais de caules.
V.1.3.1. Soma das medidas das áreas basais de indivíduos de espécies não invasoras	Soma das medidas das áreas basais das secções transversais de caules, obtidas a partir das medidas de todas as ramificações das plantas com pelo menos uma das ramificações com $CAP \geq 15$ cm.
I.1.4. Cobertura de copa <sup>1</sup>	Cobertura do solo pela projeção da copa das árvores.
V.1.4.1. Percentual de linha do terreno coberta pela projeção da copa de árvores	Soma das medidas dos trechos da linha amostral cobertos por copa (m), em relação ao comprimento da linha.
C.2. Composição de espécies arbustivas e arbóreas	Descrição quantitativa e qualitativa das espécies que compõem a comunidade vegetal em restauração.
I.2.1. Número de espécies não invasoras por projeto de restauração	Quantidade de espécies e <i>morfoespécies</i> (1) <i>regionais</i> e (2) <i>exóticas</i> .
V.2.1.1. Número total de espécies e morfoespécies regionais	Contagem de espécies e morfoespécies regionais.
V.2.1.2. Número total de espécies e morfoespécies exóticas	Contagem de espécies e morfoespécies exóticas.
I.2.2. <i>Espécies arbóreas invasoras</i>	Quantidade de indivíduos de espécies arbóreas invasoras.
V.2.2.1. Composição e densidade de espécies arbóreas invasoras	Organização de lista das espécies arbóreas invasoras e respectivas densidades, a partir de registros de espécies de levantamentos do Estado de origem ou do mais próximo.

<sup>1</sup> Avaliado apenas se outros indicadores dessa fase registrarem desempenho insatisfatório. Se o indicador apontar valores inferiores aos preconizados como limite inicial da Fase II, recomenda-se nova avaliação dos indicadores previstos na Fase I, visando à identificação dos problemas e aplicação das práticas corretivas recomendadas.

Fonte: Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (2013).

### Princípios socioeconômico e de gestão da restauração florestal

De acordo com o Princípio Socioeconômico, o pagamento por serviços ambientais, a exploração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, a geração de trabalho e renda e a obtenção de vantagens competitivas pela certificação ambiental são favoráveis para a consolidação e o sucesso das iniciativas de restauração ecológica. Além disso, as atividades de restauração florestal devem manter ou ampliar o bem-estar socioeconômico das demais partes interessadas no projeto, incluindo todos os colaboradores diretos e indiretos, confrontantes

e comunidades envolvidas/interessadas no programa. Para avaliar esses pressupostos, o Princípio Socioeconômico conta com sete critérios, 15 indicadores e 29 verificadores (Quadro 10.4). Já o Princípio de Gestão se vale do pressuposto de que o planejamento, avaliação, controle e documentação adequados de programas de restauração florestal contribuem para uma boa execução e, ao mesmo tempo, para a preservação da memória do programa, permitindo resgatar informações sobre uso histórico da área e método de restauração utilizado, registros fotográficos e planilhas de custos. Dessa forma, a avaliação desse princípio é necessária para

11

PRODUÇÃO DE  
SEMENTES DE ESPÉCIES  
NATIVAS PARA FINS  
DE RESTAURAÇÃO  
FLORESTAL



e Sudeste do Brasil, onde os projetos de restauração florestal se concentram e onde são feitas as colheitas de sementes, que são distribuídas para diversas regiões brasileiras. Como os projetos de restauração estão rapidamente se expandindo em outras regiões e Estados, tais como no sul da Bahia, norte do Espírito Santo, Pernambuco, norte de Mato Grosso e noroeste do Pará, é comum que viveiros florestais dessas regiões adquiram sementes de empresas sediadas no Paraná ou em São Paulo, por exemplo, para produzir mudas a serem usadas nas ações locais de restauração. Isso demonstra uma falta completa de preocupação com a questão florística e genética na restauração, que infelizmente é ainda uma realidade em várias iniciativas de restauração ecológica no Brasil. Assim, é fundamental fomentar a produção regional de sementes, o que envolve o conhecimento das técnicas de produção de sementes das espécies ocorrentes nos mais diversos ecossistemas do país (Boxe 11.2).

Outro fator de importância destacada para o sucesso de produção de mudas de espécies nativas regionais é o conhecimento da fisiologia de sementes das espécies que se pretende produzir, o qual contribui, por exemplo, com a adequação do armazenamento da semente e com a seleção da metodologia mais adequada de superação da dormência de sementes, no momento de produzir a plântula. Muitas vezes, consegue-se até colher sementes de um grande número de espécies nativas, mas a falta de conhecimento sobre o manuseio dessas espécies impede que muitas dessas sementes se transformem em mudas. Diante disso, é fundamental que os restauradores conheçam alguns aspectos básicos da ecologia, fisiologia e tecnologia de produção de sementes de espécies nativas.

Há que se considerar também a grande heterogeneidade e complexidade de estratégias ecofisiológicas que as espécies florestais nativas possuem, de forma que cada espécie pode ter uma técnica muito particular de colheita, beneficiamento, armazenamento e superação da dormência de suas sementes. Assim, o objetivo deste capítulo não é dar detalhes específicos sobre a produção de sementes de milhares de espécies florestais nativas brasileiras, até porque o conhecimento atual não permitiria ir

muito além de algumas dezenas de espécies, mas sim apresentar alguns conceitos gerais que podem orientar o trabalho de produção de sementes visando suprir a demanda de sementes e/ou mudas para as ações de restauração florestal. Com base no conhecimento desses conceitos, acredita-se que cada técnico envolvido com a produção de sementes de espécies nativas regionais terá melhores condições de analisar os problemas encontrados em algumas das etapas da produção e propor soluções inovadoras para disponibilizar sementes e mudas com qualidade de cada espécie em particular, para a qual não se encontram informações técnicas disponíveis. Nesse contexto, este capítulo foi organizado com foco nas principais perguntas que se fazem ao longo do processo de produção de sementes de espécies nativas.

### **11.1 ONDE COLHER SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS REGIONAIS?**

Uma pergunta recorrente na produção de sementes de espécies nativas regionais é se seria possível colher sementes de árvores dessas espécies localizadas em ruas, praças, jardins e outros espaços urbanos. Como não se conhece a origem das sementes que geraram essas árvores, não há garantias de que se trata de matrizes com genética regional ou suficientemente diversificada em termos genéticos. Nessas condições, espera-se também que as sementes produzidas possuam reduzida diversidade genética em virtude de as cidades não estimularem um intenso fluxo gênico entre indivíduos da mesma espécie, favorecendo o predomínio de autofecundação. Pelo mesmo motivo, não se recomenda também a colheita de árvores isoladas em pastagens ou áreas agrícolas, pois a maior distância de outras árvores da mesma espécie aumenta as chances de que a fertilização ocorra com o pólen do próprio indivíduo.

Essa restrição de colheita vale também para áreas que foram restauradas com espécies nativas, pois a ausência de preocupação no passado com a diversidade genética na produção de mudas levou à implantação de populações vegetais com altos níveis de parentesco, resultado do uso de poucas matrizes na colheita de sementes. Por exemplo, suponha-se

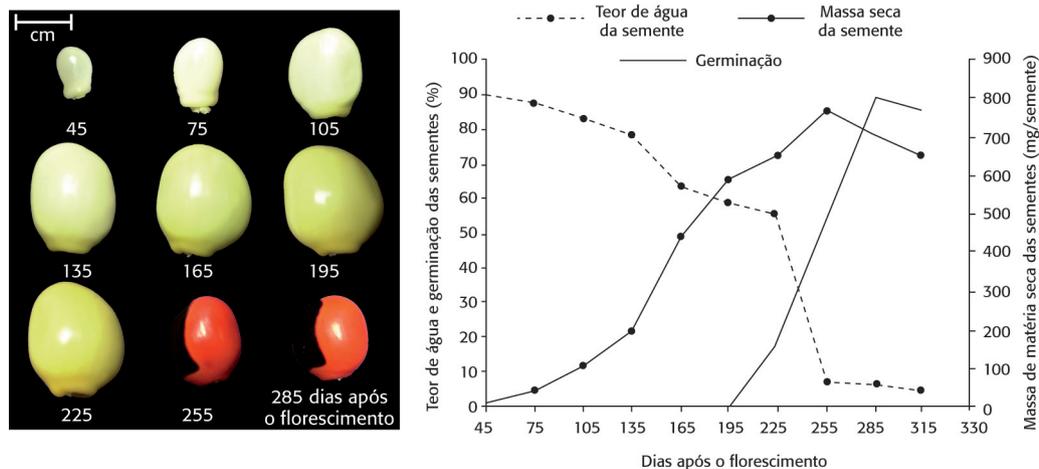
Fig. 11.5 para a espécie olho-de-cabra, a colheita de sementes aos 225 dias após o florescimento, quando os frutos ainda estavam fechados e as sementes com elevado teor de água, possibilita que a semeadura seja realizada sem quebra de dormência, ao passo que o uso de sementes obtidas de frutos já abertos, que apresentam sementes secas e vermelhas, requer a escarificação do tegumento como tratamento pré-germinativo.

Apesar de a duração da fase de maturação ser razoavelmente semelhante para os frutos presentes em uma mesma árvore, pode haver variações significativas de maturidade dos frutos e sementes entre os indivíduos de uma mesma população e de populações diferentes como resultado da assincronia do florescimento e/ou da duração diferenciada do processo. Dessa forma, podem ser necessárias várias visitas às matrizes de uma mesma espécie até que o período de colheita de sementes se esgote. Considerando a comunidade vegetal como um todo, há sempre alguns períodos de maior oferta de sementes de um maior número de espécies nativas regionais para a colheita, quando é possível obter maior diversidade florística e genética de espécies. Por exemplo, no Sudeste brasileiro, nos meses de agosto e setembro, pode-se colher um grande número de espécies anemocóricas, que concentram a dispersão de suas sementes nesse período de maior intensidade de ventos. No entanto, podem ser encontradas espécies nativas produzindo sementes ao longo de todo o ano, justificando a presença permanente dos coletores nas áreas de produção de sementes.

Dessa forma, para que se alcance a maior diversidade possível de espécies, é essencial que o coletor de sementes visite periodicamente os fragmentos florestais e as matrizes marcadas. Essa presença constante na área de colheita também ajuda no planejamento da atividade, pois permite o acompanhamento constante da fenologia das matrizes e facilita a definição do momento mais adequado de colheita. A periodicidade de acompanhamento da fenologia das matrizes assume maior importância ainda para espécies que possuem um curto período de dispersão, como aquelas com dispersão anemocórica, pois intervalos maiores de visita às matrizes ampliam as chances de que as sementes sejam dispersas por completo antes de serem colhidas. Além disso, algumas espécies em particular, como várias espécies ocorrentes no sub-bosque de florestas, produzem frutos de forma muito irregular e distribuída no tempo, demandando vários momentos de colheita para que se consiga a quantidade desejada de sementes. Assim, apenas essa experiência de campo com a colheita de sementes e a vivência no viveiro com a germinação dessas sementes vai permitir ao coletor de sementes de espécies nativas regionais identificar o melhor momento para a colheita de sementes de cada espécie e da comunidade como um todo.

### 11.5 COMO COLHER OS FRUTOS?

A forma mais simples de colheita é por meio do recolhimento de frutos maduros caídos no solo da floresta, que se aplica principalmente a grandes frutos secos indeiscentes dispersos por mamí-



**Fig. 11.5** Várias fases (em dias) da maturação de sementes de olho-de-cabra (*Ormosia arborea*)



**Fig. 11.10** Quebra de frutos secos indeiscentes de jatobá (*Hymenaea courbaril*) (A) com um pedaço de madeira (B) e extração de sementes desse mesmo tipo de fruto, na espécie timboril (*Enterolobium contortisiliquum*) (C) com uma faca (D)

citar a canafístula (*Peltophorum dubium*), o pau-cigarra (*Senna multijuga*), a terereca (*Lonchocarpus* spp.) e várias outras espécies de leguminosas. Em algumas dessas espécies, as sementes são extraídas manualmente, uma a uma. No entanto, podem ser adotados procedimentos que aumentem o rendimento dessa atividade. Para isso, costuma-se deixar os frutos secando ao sol por um longo período, até que se quebrem facilmente. Em seguida, eles são colocados dentro de um saco, que é batido externamente com um pedaço de pau para que os frutos sejam quebrados e posteriormente se possam separar as sementes das cascas de fruto com uma peneira.

b] *Frutos secos deiscentes*: são frutos que se abrem espontaneamente com a secagem, em pontos de sutura bem definidos. São muito comuns em espécies com dispersão anemocórica (pelo vento), barocórica (pela gravidade) e explosiva (os frutos lançam as sementes para longe da planta-mãe ao se abrirem) e também em espécies zoocóricas (por animais) com sementes revestidas por arilo (Fig. 11.11). Nesses casos, os frutos se abrem sozinhos à medida que secam progressivamente, expondo ou liberando as sementes já maduras e prontas para serem dispersas. Como seria inviável, no caso de espécies anemocóricas e autocóricas, recolher as sementes no solo da floresta depois que fossem liberadas pela abertura dos frutos, já que a grande maioria se perderia na serapilheira, a estratégia adotada para essas espécies é colher os frutos ainda fechados. Para não correr o risco de obter sementes ainda imaturas com a colheita dos frutos antes da deiscência, os frutos fechados devem ser colhidos apenas quando outros frutos da árvore já iniciaram sua abertura espontânea, evidenciando que a maturidade fisiológica já foi ou está próxima de ser atingida pelas sementes contidas nos frutos ainda fechados (Fig. 11.12).

**PRODUÇÃO DE  
MUDAS DE ESPÉCIES  
NATIVAS PARA FINS  
DE RESTAURAÇÃO  
FLORESTAL**

**12**



com o auxílio de uma pá de jardinagem, minimizando os danos ao sistema radicular (Fig. 12.5); (3) o acondicionamento das plântulas em um balde contendo água e coberto com plástico, para reduzir a desidratação das plantas durante o transporte; e (4) o rápido transplante para recipiente de cultivo. Em razão do volume de raízes presente nas plântulas e indivíduos juvenis obtidos da regeneração natural, costuma-se realizar o transplante para tubetões (250 cm<sup>3</sup>) e sacos plásticos, já que o uso de recipientes menores é mais difícil nesses casos.

Uma dificuldade de uso dessa técnica é a identificação das mudas, pois os materiais depositados em herbário, os livros de identificação e as chaves dicotômicas são voltados apenas para a identificação de indivíduos adultos das espécies, com base em caracteres reprodutivos. Apesar dessa dificuldade, o uso na restauração de plântulas e indivíduos juvenis resgatados é plenamente possível em razão de se tratar de espécies nativas de ocorrência regional, já que estão sendo retiradas de fragmentos florestais remanescentes da região. Nos casos de coletas em povoamentos de árvores exóticas, recomenda-se a coleta apenas das espécies reconhecidamente nativas regionais. Como as plântulas resgatadas do interior de fragmentos florestais normalmente não são pioneiras típicas, já que estão sendo cole-

tadas do banco de plântulas presente no sub-bosque desses fragmentos, as mudas produzidas por meio do resgate devem ser implantadas no grupo da diversidade, podendo compor um *mix* juntamente com outras mudas desse grupo de plantio produzidas por intermédio de sementes – a não ser que sejam de espécies claramente reconhecidas como de bom crescimento e bom recobrimento, coletadas nas clareiras ou nas bordas desses fragmentos, podendo, nesses casos, ser usadas para esse fim.

### 12.3 PLANEJAMENTO DAS METAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS

Conforme já discutido em capítulo anterior, recomenda-se que os plantios de restauração inseridos em paisagens antropizadas sejam planejados usando proporções similares entre os indivíduos das espécies de recobrimento e de diversidade, visando à construção em curto prazo de uma estrutura florestal e a posterior substituição gradual dessas espécies de recobrimento no tempo pelas de diversidade, garantindo a perpetuação da floresta mesmo em condições de reduzido aporte de chuva de sementes. Isso permite conjuntamente aumentar a eficiência do recobrimento do solo e as chances de restabelecimento da sucessão secundária. No entanto, para que esse modelo de restauração possa ser implantado, é



**Fig. 12.5** Resgate de plântulas de cabreúva (*Myroxylum peruiferum*) do sub-bosque de um povoamento de eucalipto para produção de mudas: retirada das plântulas do solo (A), seu transporte para o viveiro (B) e seu transplante para tubetes (C)

mais iniciais da sucessão florestal (pioneiras e secundárias iniciais) devem permanecer nessa fase pelo menor tempo possível, em virtude de serem intolerantes ao sombreamento.

## 12.8 CRESCIMENTO DE MUDAS

### 12.8.1 Formação de canteiros

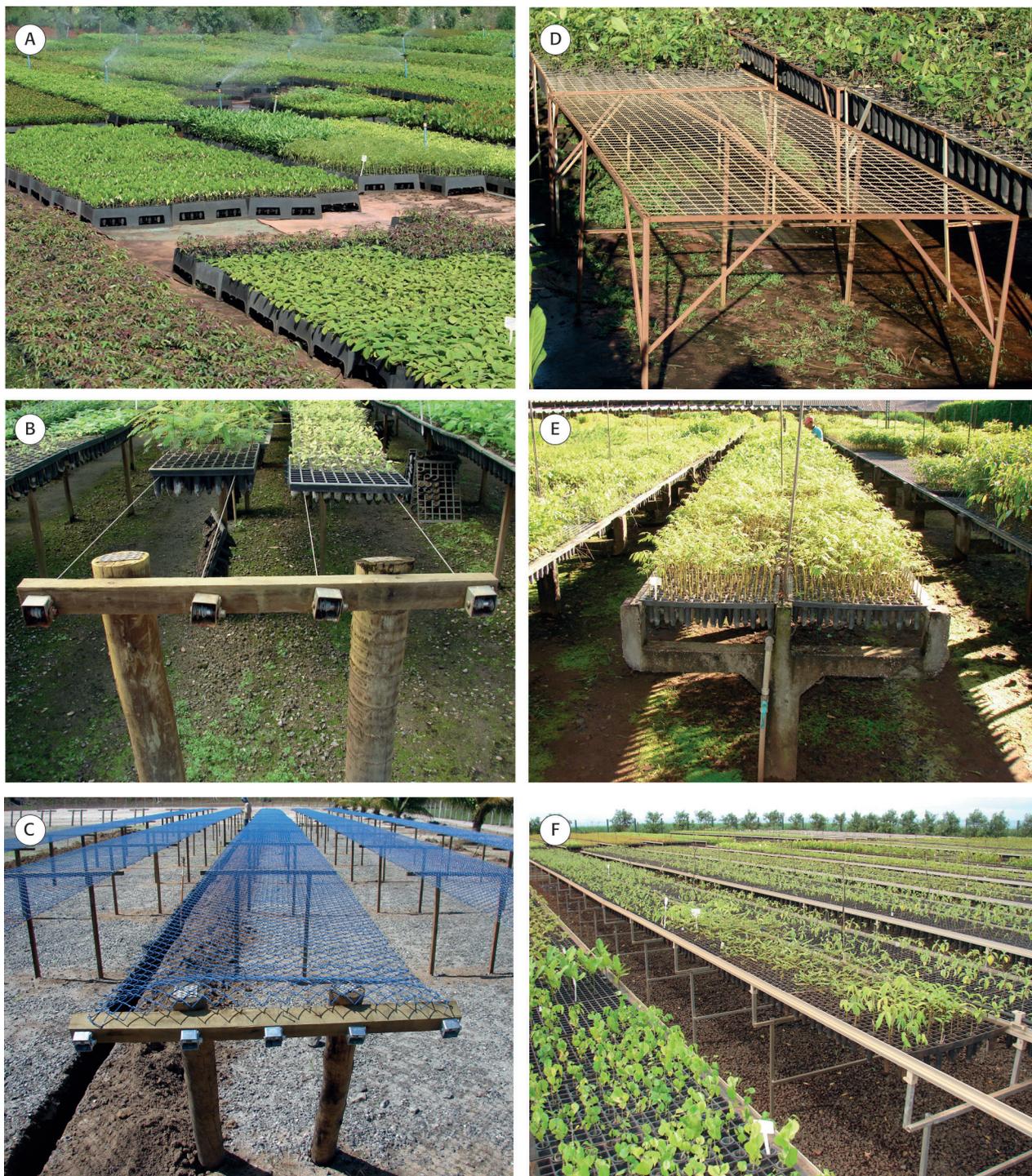
Para facilitar o trabalho e o deslocamento de funcionários e otimizar a ocupação do terreno do viveiro, costumam-se formar canteiros de mudas com 1 m a 1,5 m de largura, separados por corredores de 0,5 m de largura. Na produção de mudas em sacos plásticos, esses canteiros são formados no chão, pois o peso excessivo dos sacos plásticos preenchidos com terra exigiria uma estrutura de apoio muito reforçada e, portanto, muito cara. Para evitar o tombamento de mudas produzidas em sacos plásticos, recomenda-se instalar nas laterais do canteiro algum

tipo de estrutura que sirva de suporte ao recipiente, tal como barras de ferro, tábuas de madeira, arames esticados e até muretas feitas de tijolo ou de blocos de concreto. Adicionalmente, é necessário cobrir a base ou o chão do canteiro com algum material que impeça o enraizamento das mudas no solo, conforme já discutido no início deste capítulo (Fig. 12.20).

No caso de mudas produzidas em tubetes, estes são colocados em bandejas plásticas que vão acondicioná-los adequadamente e que podem ser colocadas sobre o solo ou suspensas em estruturas de apoio. Recomenda-se também que sejam acondicionadas em canteiros suspensos, em razão do seu menor custo pelo menor peso unitário de cada muda, pelo menor volume do recipiente e pelo uso de substrato orgânico (Fig. 12.21). Esses canteiros suspensos são altamente recomendáveis para melhorar a ergonomia de trabalho dos funcionários do viveiro, o que certamente resultará em uma maior produtividade.



**Fig. 12.18** Preparo e uso de substrato comercial para a produção de mudas de espécies nativas: mistura do substrato com adubos de liberação lenta em betoneira (A), máquina para enchimento de tubetes (B) e enchimento manual (C, D e E)



**Fig. 12.21** A produção de mudas em tubetes pode ser realizada junto à superfície, utilizando-se bandejas plásticas específicas para esse fim (A), ou em canteiros suspensos, os quais podem ser construídos de diversas formas, tais como: base de eucalipto tratado e laterais constituídas por arame esticado para dar suporte a quadros plásticos de sustentação de tubetes (B), base de eucalipto tratado e uso de tela de aço com revestimento plástico para dar suporte direto aos tubetes, sem uso de bandejas (C), mesa de aço coberta por tela de aço (D), base de concreto e laterais de ferro para dar suporte a quadros plásticos de sustentação de tubetes (E) e estrutura de alumínio para dar suporte a quadros plásticos de sustentação de tubetes (F)

## GERAÇÃO DE RENDA PELA RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM LARGA ESCALA NO CONTEXTO DA ADEQUAÇÃO AMBIENTAL E AGRÍCOLA DE PROPRIEDADES RURAIS



### BOXE 13.1 COOPLANTAR: INTEGRANDO RESTAURAÇÃO FLORESTAL E GERAÇÃO DE TRABALHO E RENDA

A cobertura florestal da região entre os parques nacionais do Pau Brasil e do Monte Pascoal, duas das principais Unidades de Conservação do Corredor Central da Mata Atlântica, sofreu nos últimos 60 anos uma redução drástica em razão de atividades como a pecuária extensiva e a extração de madeiras, o que causou, entre outros problemas, a deterioração da qualidade das águas nas bacias dos rios Caraíva e Frades. Em 2004, comunidades locais da região se mobilizaram, em conjunto com o Instituto Cidade e o Grupo Ambiental NaturezaBela, e iniciaram um amplo projeto de recuperação ambiental e mobilização social, incluindo ações de restauração florestal de áreas críticas para a proteção dos recursos hídricos e a reconexão ecológica entre os dois parques. Percebendo essas ações como alternativas de trabalho e renda para moradores locais, lideranças comunitárias criaram, em 2007, a Cooperativa dos Reflorestadores de Mata Atlântica do Extremo Sul da Bahia (Cooplantar). Com o apoio de novos parceiros, em especial o Instituto BioAtlântica, a Conservação Internacional, a The Nature Conservancy, a Veracel Celulose e o Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal da Esalq/USP, os membros da cooperativa receberam treinamento e orientação técnica e gerencial, permitindo a conciliação entre recuperação da cobertura florestal e geração de renda local. Até o final de 2010, a Cooplantar foi responsável pela execução das operações de restauração florestal em mais de 200 ha no corredor, sendo atualmente a maior fonte de renda individual das comunidades de Caraíva e Nova Caraíva, ainda que a primeira seja um importante destino turístico. Os contratos assinados em 2010 permitiram que a cooperativa restaurasse mais 300 ha até 2014. Os principais desafios da Cooplantar no momento são a profissionalização e o aumento da eficiência da gestão e a superação do preconceito com a contratação de cooperativas de trabalho. Além disso, a cooperativa prepara-se para atuar mais diretamente na coleta de sementes e na produção de mudas, de modo a ter maior inserção nos demais elos da cadeia produtiva da restauração florestal. Além da renda, o trabalho da cooperativa tem gerado outros benefícios à comunidade, incluindo uma maior participação em fóruns regionais sobre as questões socioambientais. O reconhecimento internacional veio em 2010, com um artigo de destaque e a capa de uma edição da *Ecological Restoration*.

*Carlos Alberto Bernardo Mesquita (beto.mesquita@conservation.org), Conservação Internacional*

*José Dílson da Silva Dias (cooplantar@yahoo.com.br), Cooplantar*

*João José Pinto Walpoles Henriques (financeiro\_mp.pb@bioatlantica.org.br),  
Conservação Internacional*

recebem salários, pagamentos por serviços, auxílios trabalhistas e outras formas de renda, a restauração florestal pode também prover renda ao proprietário rural por intermédio do uso de modelos de restauração com fins econômicos, voltados para a geração de serviços ambientais (água, carbono, polinização etc.) e produtos florestais (madeireiros e não madeireiros), conforme discutido adiante.

#### 13.2.1 Pagamento por serviços ambientais

A necessidade de introduzir a sustentabilidade ambiental em todas as propostas de desenvolvimento, bem como corrigir as distorções de mercado que geram degradação ambiental, ficou claramente

evidenciada na Avaliação Ecosistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment). Trata-se de um programa de pesquisas que envolveu mais de 1.300 cientistas do mundo todo e que avaliou as mudanças ambientais e suas tendências para as próximas décadas. Os relatórios desse programa demonstraram que o planeta está atingindo um grau irreparável de depredação de seus recursos naturais. Para reverter esse quadro, é fundamental mostrar para a sociedade que os ecossistemas naturais são essenciais para sua sobrevivência e, assim, que a proteção dos remanescentes naturais e a recuperação daqueles inadequadamente degradados devem ser uma prioridade para as gerações presentes e futuras.

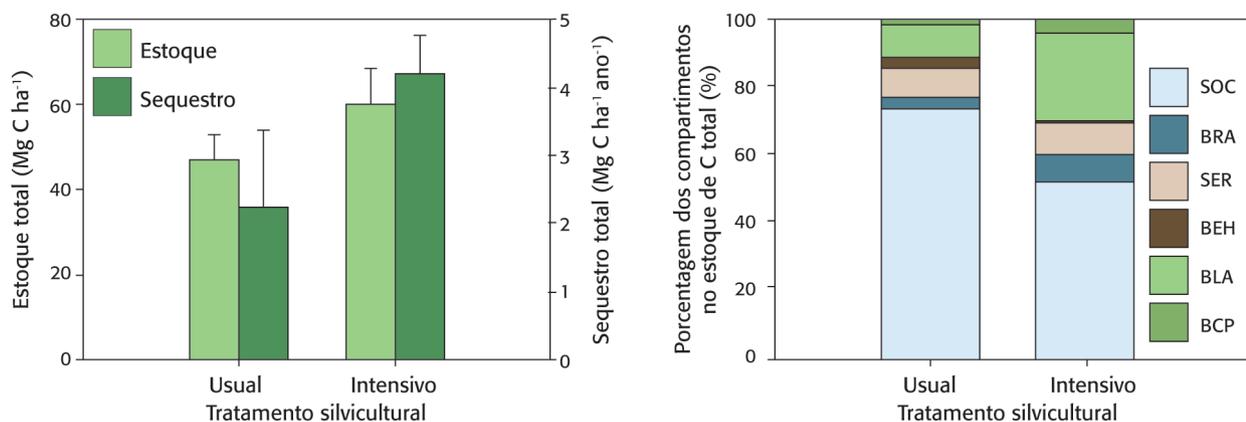
apesar de relativa representatividade no estoque do carbono total do solo, não varia em curto tempo nem mesmo é considerado nos procedimentos de análise em laboratório. Assim, paga-se pelo serviço de captação e retenção de carbono atmosférico no sistema florestal.

A moeda desse mercado são os chamados Créditos de Carbono ou Redução Certificada de Emissões. Por convenção, uma tonelada de CO<sub>2</sub> corresponde a um crédito de carbono, e outros gases igualmente geradores do efeito estufa podem ser convertidos nessa mesma moeda com base no conceito de Carbono Equivalente. Em projetos florestais, a determinação da quantidade estocada na floresta é realizada em função do teor do elemento nos diferentes reservatórios da floresta em restauração. A unidade de medida utilizada para inferir sobre os estoques do elemento carbono nesse sistema em restauração é a tonelada de carbono, em sua forma elementar, por unidade de área. Assim, para conhecer a quantidade de créditos gerados pela restauração florestal, que são negociáveis nesse mercado, é necessária a transformação do estoque acumulado de C elementar em Carbono Equivalente (CO<sub>2</sub>), a qual se dá pela multiplicação do valor encontrado por 44/12, ou seja, o peso molecular de CO<sub>2</sub> dividido pelo peso do elemento C.

Os compradores desses créditos são normalmente empresas e governos cujas atividades pioram

o cenário de mudanças climáticas pela emissão de gases do efeito estufa, mas que se comprometeram em contribuir com a redução da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera, sem que necessariamente consigam reduzir totalmente suas próprias emissões internas. Isso é possível porque, em escala global, certa quantidade de créditos de carbono gerada por um projeto em um dado local pode neutralizar a mesma quantidade de carbono emitida por um agente poluidor em outro local, mantendo o saldo retenção/emissão de carbono nulo.

Esse comércio teve origem em 1997, com o estabelecimento do Protocolo de Kyoto (mercado regulamentado), o qual passou a vigorar oficialmente a partir de 16 de fevereiro de 2005. Na organização desse mercado, os países signatários do Protocolo de Kyoto foram divididos em dois grupos, de acordo com a obrigação de redução de emissões. O grupo I, também chamado de Anexo I no documento, é composto por países desenvolvidos, responsáveis pela maior parte das emissões desses gases, e o grupo II, chamado de Anexo II no documento, é formado por países em desenvolvimento, entre os quais o Brasil. No entanto, esses agrupamentos podem ser alterados no tempo. Os países desenvolvidos signatários (grupo I) se comprometeram a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa nesse primeiro período de acordo, entre 2008 e 2012, em 5,2%, em média,



**Fig. 13.5** Estoque e sequestro de carbono total (solo, biomassa de raízes, estrato herbáceo, serapilheira, biomassa lenhosa aérea e biomassa da copa) e distribuição em diferentes compartimentos – solo (SOC), biomassa de raízes (BRA), serapilheira (SER), estrato herbáceo (BEH), biomassa lenhosa da parte aérea (BLA) e biomassa da copa (BCP) – obtidos em um plantio de restauração de Floresta Estacional Semidecidual de seis anos de idade manejado sob tratamento silvicultural usual e intensivo

Fonte: adaptado de Ferez (2010).



**Fig. 13.7** Exemplos de medidas adotadas no programa de pagamento por serviços ambientais Conservador das Águas, em Extrema (MG): isolamento de nascentes e cursos d'água do pisoteio do gado (A), controle da erosão em estradas rurais (B) e restauração de matas ciliares (C)

R\$ 75 a R\$ 300 por nascente a cada ano, sendo que essa variação é determinada pelas condições ambientais dessas nascentes.

Assim, a sociedade reconhece cada vez mais o papel fundamental que os ecossistemas naturais desempenham para a qualidade de vida e bem-estar da população, havendo agora a necessidade de valorar e valorizar a restauração florestal para que se possa progressivamente potencializar os benefícios por ela gerados e restabelecer importantes serviços ecossistêmicos prejudicados pela degradação. Apesar do conhecimento empírico, a ciência precisa ainda investir mais esforços em demonstrar claramente esse papel das florestas naturais e em restauração para melhorar a qualidade e aumentar/regular a quantidade de água de uma microbacia e os reflexos disso no abastecimento público, com a redução de custos de captação e tratamento, para sensibilizar a

sociedade a apoiar mais fortemente a restauração em larga escala. Mas os resultados até agora disponíveis são reveladores: o custo de tratamento de água pode ser até cem vezes maior em mananciais degradados do que em áreas com maior cobertura de vegetação nativa (Toledo, 2014).

#### Pagamento por biodiversidade

O pagamento por cotas de biodiversidade tem levado em consideração o valor de opção (uso futuro) e de existência (conhecimento da existência e importância) da biodiversidade como estratégia de recompensar economicamente aqueles que estabelecerem formas de uso do solo ou implantarem projetos que contribuam para a conservação das espécies nativas. Contudo, pagamentos diretos por conservação da biodiversidade não são comuns na restauração florestal, sendo mais observados no caso de remanescentes

Com base no exposto, conclui-se que a restauração de florestas nativas por meio de modelos que permitam o aproveitamento econômico de madeira será uma importante alternativa tanto para suprir o mercado como para aumentar a escala das ações de restauração florestal, que poderão deixar de ser restritas às APPs e se expandir para áreas de Reserva Legal e, principalmente, para as áreas agrícolas de baixa aptidão, hoje na maioria ocupadas com pastagens de baixa produtividade. As promissoras perspectivas de retorno econômico dos modelos descritos, bem como a perspectiva de serem desenvolvidos modelos de maior rendimento econômico no futuro próximo, indicam a viabilidade técnica e econômica desse sistema sob o ponto de vista silvicultural. Contudo, para que esses reflorestamentos também tenham viabilidade ecológica, é fundamental que se atente para o uso de elevada diversidade de espécies nativas regionais e para o manejo dos processos ecológicos nessas áreas, aproximando os objetivos da produção madeireira aos da restauração florestal.

#### Produtos não madeireiros

Produtos florestais não madeireiros consistem em todos os produtos de origem vegetal que não sejam madeira, incluindo-se frutos, sementes, resinas, plantas fitoterapêuticas, entre outros. A exploração desses produtos apresenta grandes vantagens ecológicas em relação à extração de madeira por não requerer normalmente a morte do indivíduo, o que pode resultar em prejuízos relevantes para a espécie explorada e para todo o ecossistema. No contexto da restauração florestal, um dos produtos não madei-

reiros mais importantes é a produção de sementes. Essa atividade constitui uma profissão que contribui para a geração de renda em populações tradicionais e indígenas, oferecendo uma alternativa às atividades predatórias e valorizando o conhecimento dos moradores da floresta. Por exemplo, em remanescentes de Floresta Ombrófila Densa na Mata Atlântica, a extração clandestina do palmito da palmeira-juçara (*Euterpe edulis*) é um problema há tempos conhecido pelos agentes públicos de fiscalização, mas ainda sem solução. Para piorar a situação, a dizimação das populações naturais de juçara em propriedades particulares deslocou a extração predatória para as Unidades de Conservação, onde se encontram os últimos trechos bem conservados de Mata Atlântica no Brasil. No entanto, os moradores das bordas da floresta atlântica que ainda se arriscam nessa atividade provavelmente só o fazem por falta de alternativas locais de trabalho e renda. Paradoxalmente, é nas regiões mais bem conservadas que se encontram as comunidades mais carentes, justamente pelo fato de a baixa atividade econômica urbana e industrial dessas regiões não oferecer perspectivas favoráveis de geração de renda.

Com o corte de palmito, o palmiteiro obtém cerca de R\$ 2,00 a R\$ 5,00 por planta (a maior parte dos ganhos fica com os atravessadores). O indivíduo cujo palmito foi extraído morre, pois a palmeira-juçara não é capaz de perfilhar. Assim, sacrifica-se uma planta adulta, que levou, no mínimo, dez anos para chegar ao tamanho de corte, por muito pouco. Quando se explora a produção de sementes dessa espécie, as perspectivas de ganho econômico são muito melhores. Considerando-se que cada planta produz



**Fig. 13.17** Uso de (A) *guapuruvu* (*Schizolobium parahyba*), (B) *pimenta-rosa* (*Schinus terebinthifolius*) e (C) *cajá* (*Spondias mombin*) como espécies pioneiras comerciais nativas em modelos econômicos de restauração florestal implantados em Mucuri (BA)

# ANEXO: CHAVE PARA ESCOLHA DE MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Uma forma de se fazer essa associação entre o diagnóstico e as ações de restauração é por meio de um modelo semelhante a chaves dicotômicas usadas em taxonomia. No caso particular da restauração florestal, cada item avaliado do diagnóstico remete a um item de ações de restauração, e vice-versa, até que se chegue à ação final de restauração indicada para cada situação ambiental. Cabe ressaltar que, nesse modelo, as situações diagnósticas e ações de restauração não foram descritas em detalhes, uma vez que isso já foi feito nos capítulos deste livro. No entanto, foi incluída, logo após cada item, uma descrição sucinta das situações apresentadas no diagnóstico e das ações de restauração para facilitar o entendimento da chave.

Atentar que situações muito específicas ou particulares de uma região podem não ter sido incluídas na chave, a qual representa um exercício do conteúdo do livro e deve ser constantemente revisada, adaptada e atualizada.

## DIAGNÓSTICO

### D1 Fatores de degradação

Diz respeito a toda atividade antrópica que resulte em impactos negativos nos fragmentos florestais remanescentes e nas áreas a serem restauradas.

#### D1.1 Incêndios (segue para o item A1.1)

Incêndios gerados por meio de atividades antrópicas, tais como queimada da palha da cana-de-açúcar, renovação de pastagens e situações criminosas ou irresponsáveis.

#### D1.2 Uso pecuário (segue para o item A1.2)

Uso da área a ser restaurada como local de criação de animais domésticos herbívoros, como gado, cavalo, bode, ovelhas etc., bem como roçagem do pasto.

#### D1.3 Uso agrícola (segue para o item A1.3)

Uso da área a ser restaurada para o cultivo de espécies agrícolas anuais ou perenes.

#### D1.4 Uso para silvicultura comercial (segue para o item D3)

Uso da área a ser restaurada para a silvicultura de espécies exóticas, como pinus, eucalipto etc., ou mesmo para monocultivos de espécies nativas, como a seringueira na região Norte.

#### D1.5 Descarga de enxurrada (segue para o item A1.4)

Direcionamento da enxurrada gerada por canais de drenagem, terraços agrícolas e escoamento superficial de estradas e áreas de uso alternativo para áreas naturais ou marginais de produção agropecuária.

#### D1.6 Mineração (segue para o item A1.5)

Remoção ou revolvimento do solo para extração de areia, argila, rochas ou minerais em geral, que invariavelmente resultam na perda das camadas superficiais do solo.

#### D1.7 Exploração predatória de fauna e flora (segue para o item A1.6)

Toda ação irregular de extração de produtos madeireiros e não madeireiros nativos, bem como de espécimes da fauna, nas áreas de abrangência do projeto.

## D2 Condições do solo

Diz respeito à capacidade física, química e biológica do solo de sustentar o crescimento da comunidade vegetal nativa, fornecendo água, nutrientes e suporte físico para o desenvolvimento dos indivíduos regenerantes ou plantados de espécies nativas.

#### D2.1 Solo não degradado (segue para o item D4)

Solo que apresenta condições propícias para o desenvolvimento da vegetação nativa a ele associado, mantendo sua integridade física, química e biológica.

#### D2.2 Solo degradado (segue para o item A2)

Solo desprovido de sua camada superficial e/ou compactado. Em situações drásticas, a restau-

Obra germinal, longamente esperada, que responde à crescente demanda de recuperação ambiental, *Restauração Florestal* fornece diretrizes conceituais e práticas para definir e implantar as ações de restauração mais adequadas em termos ecológicos, operacionais e de custos, seguindo a legislação ambiental brasileira. Integra com visão multidisciplinar e pertinência diversas disciplinas incluídas em Engenharia Agrônômica, Florestal e Ambiental, bem como Biologia, Geografia e Gestão Ambiental.

Um verdadeiro manual em prol do avanço em quantidade e qualidade da restauração florestal no Brasil, o livro apresenta conceitos sobre métodos, ecossistemas de referência, diagnósticos e zoneamento, avaliação, monitoramento, produção de sementes e mudas e geração de renda pela restauração florestal em larga escala.

Ricamente ilustrado, totalmente em cores e com inúmeros exemplos reais, resultado de anos de experiência de campo dos autores, *Restauração Florestal* também apresenta em cada capítulo valiosos depoimentos das principais lideranças brasileiras e mundiais no setor, cuja contribuição o enriquece. Um livro essencialmente técnico e prático, mas com sólido embasamento científico para as ações de restauração apresentadas, esta obra é uma referência indispensável para estudantes de graduação, pós-graduação e profissionais.

**Pedro H. S. Brancalion** é professor doutor da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), onde coordena o Laboratório de Silvicultura Tropical (Lastrop).

**Sergius Gandolfi** é professor assistente doutor da Esalq-USP. É especialista em Ecologia de Comunidades Florestais e Restauração Ecológica e coordena, junto com o professor Ricardo R. Rodrigues, o Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (Lerf).

**Ricardo Ribeiro Rodrigues** é professor titular do Departamento de Ciências Biológicas da Esalq-USP e coordenador do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (Lerf), onde está o Programa de Adequação Ambiental e Agrícola de Propriedades Rurais, com quase 4 milhões de hectares de propriedades rurais em processo de adequação no Brasil e mais de 9.700 hectares de matas ciliares restauradas até o momento.

Patrocínio:



ISBN 978-85-7975-019-9



9 788579 750199