

## Capítulo 26

# Restauração ecológica como estratégia de resgate e conservação da biodiversidade em paisagens antrópicas tropicais

---

**Pedro Henrique Santin Brancalion.** Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, Piracicaba, SP, Brasil. pedrohsb@yahoo.com.br;  
**Leticia Ribes Lima.** Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias; **Ricardo Ribeiro Rodrigues.** Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal

### Introdução

As florestas tropicais estão entre os ecossistemas mundiais com os maiores índices de biodiversidade e de endemismos, os quais ressaltam a necessidade de ações voltadas para sua proteção e conservação (Myers *et al.*, 2000). Apesar da importância biológica dessas florestas, elas foram e continuam sendo intensamente substituídas pela ação antrópica, o que tem levado muitos desses ecossistemas tropicais a um nível alarmante de ameaça (Vitousek *et al.*, 1997; Ribeiro *et al.*, 2009).

Em paisagens fragmentadas e degradadas (i.e. as paisagens antrópicas) inseridas em regiões tropicais, apenas a proteção dos poucos fragmentos florestais remanescentes pode não ser suficiente para a devida conservação da biodiversidade em médio e longo prazo (Lamb *et al.*, 2005; Becker *et al.*, 2009; Chazdon *et al.*, 2009). Nesse contexto, a restauração ecológica de florestas tropicais surge como uma alternativa viável para resgatar parte dessa biodiversidade, das interações ecológicas e dos serviços ambientais perdidos com a degradação (Chazdon, 2008; Rey Benayas *et al.*, 2009).

Infelizmente, a restauração ecológica é uma prática que ainda necessita de muitos avanços para que atinja a efetividade necessária, especialmente em florestas tropicais e subtropicais biodiversas inseridas em paisagens antrópicas. Justamente nessas condições mais críticas, a restauração ecológica tem de ser muito mais do que a aplicação de um simples pacote de técnicas silviculturais, acreditando-se que a diversidade biológica e os processos ecológicos serão restabelecidos por si só, em situações que já ultrapassaram o nível crítico da resiliência. Nesse contexto, a restauração ecológica deve assumir a difícil responsabilidade de restabelecer os processos ecológicos e as espécies que auxiliam no estabelecimento de florestas biologicamente viáveis, que favoreçam a persistência da biodiversidade mesmo em paisagens antrópicas tropicais (Rodrigues *et al.*, 2009; Tabarelli *et al.*, no prelo).

Assim, o objetivo desse capítulo é discutir alguns fundamentos básicos e a metodologia atualmente empregada na restauração ecológica para o resgate e conservação da biodiversidade de florestas tropicais em paisagens antrópicas.

## Definindo a restauração ecológica

Atualmente, a definição de maior consenso de restauração ecológica é a da *Society for Ecological Restoration*, que define essa prática como “o processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SERI, 2004). Na prática, a maioria dos projetos de restauração ecológica de florestas tropicais biodiversas tem focado no restabelecimento de comunidades vegetais ricas em espécies vegetais nativas como forma de favorecer a dinâmica florestal e os processos ecológicos que permitem a sustentabilidade da área restaurada (*i.e.* viabilidade biológica). Assim, potencializando a formação de florestas biologicamente viáveis por meio do uso ou favorecimento de uma riqueza de espécies vegetais condizente com a dos ecossistemas de referência, é que muitos grupos de pesquisa no Brasil têm desenvolvido e testado seus métodos de restauração ecológica no contexto de florestas tropicais inseridas em paisagens antrópicas.

## O planejamento da restauração ecológica

O planejamento da restauração ecológica compreende uma série de atividades intimamente relacionadas e interdependentes, que vão desde a definição do objetivo do trabalho à implantação de ações de manejo indicadas pelo monitoramento (Figura 1).

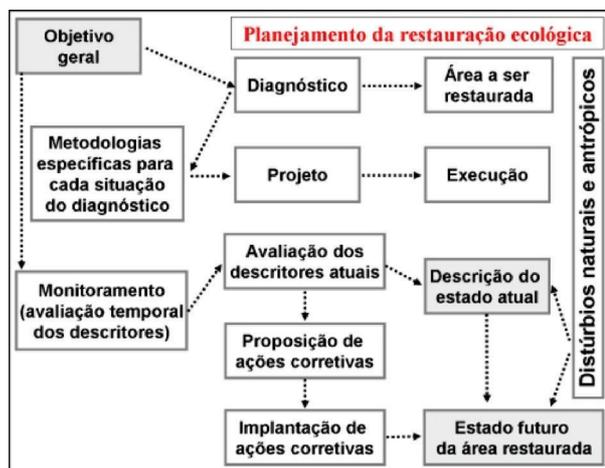


Figura 1 - Principais etapas do processo de planejamento da restauração ecológica.

Dentro desse planejamento, vale ressaltar a importância da definição do objetivo do trabalho de restauração, pois é a partir dele que todas as atividades subsequentes

serão baseadas e conduzidas. Embora pareça contraditório, a inserção do resgate da biodiversidade como uma das metas e bases da restauração ecológica em florestas tropicais ainda gera divergências no meio técnico e científico, não sendo considerada como um dos objetivos primordiais em muitos projetos de restauração. Porém, acreditamos que uma dada área restaurada somente pode dar suporte às inúmeras outras espécies vegetais, animais, microbianas, dentre outras, se o restabelecimento da biodiversidade for tratado como prioridade e inserido como um dos objetivos principais dos trabalhos de restauração ecológica, principalmente em paisagens antrópicas. Nas paisagens pouco fragmentadas ou de elevada resiliência, muitas vezes o restabelecimento da biodiversidade independe da adoção de ações de restauração, mas apenas do isolamento das áreas em relação aos fatores de degradação (Norden *et al.*, 2009).

Contudo, em locais com solo degradado, em paisagens muito fragmentadas e em regiões defaunadas, o número de espécies que consegue permanecer na área restaurada em médio e longo prazos é naturalmente mais restrito, dada as limitações impostas por esses fatores de degradação. Nessas condições, o uso de elevada diversidade inicial nas ações de restauração amplia as chances de sucesso da restauração ecológica (Rodrigues *et al.*, 2009), já que ainda não se conhece de antemão, quais são as espécies que conseguiriam superar esses filtros fisiológicos e ecológicos, e garantir viabilidade biológica das áreas restauradas.

Diante desses argumentos, considera-se que a restauração ecológica deva ter como objetivo geral o restabelecimento de comunidades ricas em espécies nativas e com potencial de autoperpetuação a médio e longo prazos. Como a expressão “ricas em espécies nativas” é muito genérica e amplamente variável em função do tipo de vegetação que se pretende restaurar, é fundamental que os projetos de restauração ecológica se baseiem em ecossistemas de referência presentes na paisagem regional (SERI, 2004), típicos do ambiente a ser restaurado, para definir níveis mínimos de diversidade vegetal que deva ser usada nas ações de restauração ecológica

Por exemplo, a Resolução SMA 08 de 2007 do Estado de São Paulo (São Paulo, 2007) estabeleceu que os projetos de restauração ecológica inseridos em formações florestais naturalmente biodiversas, como Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa, devem atingir no mínimo 80 espécies florestais de ocorrência regional, no período previsto em projeto. Embora esse número de espécies represente de um terço a metade do naturalmente encontrado nessas formações florestais conservadas, essa riqueza mínima representa um avanço significativo ao se considerar que a maioria dos projetos de restauração ecológica inseridos nesse Estado se utilizava, no passado, de cerca de 30 espécies arbóreas, sendo muitas delas não regionais (Barbosa *et al.*, 2003). Dessa forma, a inserção de elevada riqueza e diversidade de espécies nativas regionais como um dos pilares da restauração ecológica é fundamental para que essa atividade cumpra com seu papel nos esforços de conservação e resgate da

biodiversidade em ecossistemas florestais tropicais, principalmente naqueles inseridos em paisagens antrópicas.

### **Caracterizando os ambientes e as comunidades a serem restaurados: ecossistemas de referência**

Inicialmente, destaca-se a identificação da unidade fitogeográfica original que ocorria na área antes do processo de degradação, e uma descrição da flora regional por meio de levantamentos florísticos nos fragmentos naturais remanescentes da paisagem regional. Os levantamentos florísticos realizados nos projetos de restauração ecológica de florestas tropicais têm sido utilizados com a finalidade de atingir quatro objetivos principais:

1. caracterizar fitogeograficamente e quanto ao seu atual estado de conservação, os fragmentos florestais da região abrangida pelo projeto, a fim de explicitar e quantificar o papel desses fragmentos na conservação das espécies na paisagem;
2. realizar inventários florísticos nos fragmentos florestais naturais remanescentes da região, apresentando assim uma lista de espécies regionais que poderão ser utilizadas em algumas das ações de restauração ecológica, tal como no plantio total de espécies em áreas muito degradadas, no adensamento e/ou enriquecimento de remanescentes florestais degradados;
3. marcar matrizes de espécies arbustivas e arbóreas, que permitam a coleta de sementes com diversidade florística e genética para serem utilizadas nas ações de restauração;
4. implantar trilhas ecológicas em diferentes ambientes da paisagem regional, que possam ser utilizadas como ferramentas de valorização e conservação da biodiversidade através de práticas de recreação, de interpretação ambiental e principalmente de sensibilização para as questões ambientais.

Embora exista uma macroclassificação da vegetação brasileira bastante aceita e utilizada pela comunidade científica nacional (IBGE, 2006), são muitas as alterações locais e regionais da vegetação em função das variações fisiográficas da região, tais como o tipo e a profundidade do solo, a dinâmica da água no solo, a disponibilidade de nutrientes e a distribuição espacial e temporal de chuvas (Isernhagen *et al.*, 2009). Deste modo, é fundamental que sejam realizados levantamentos florísticos nos remanescentes florestais regionais, a fim de se caracterizar floristicamente esses fragmentos e conhecer as espécies vegetais que tipicamente ocorrem na área.

Em uma dada microbacia onde serão implantadas as ações de restauração ecológica, primeiramente se localizam os fragmentos florestais remanescentes na paisagem regional por meio de fotos aéreas ou imagens de satélite. A maioria desses fragmentos é visitada em campo e se realizam caracterizações fitogeográficas a partir, principalmente, da fitofisionomia e das condições geográficas, climáticas e edáficas do ambiente de ocorrência desses fragmentos, além da composição de espécies.

Essas informações são então interpretadas para se definir o tipo de formação vegetal que deverá ser a referência para a restauração de cada situação da paisagem regional e as espécies que deverão ser usadas nessas ações de restauração ecológica. Assim, se a região é composta por Florestas Estacionais Deciduais em áreas de afloramentos rochosos, por Florestas Estacionais Semideciduais nos fundos de vale e em áreas com solos mais argilosos ou por Savanas Florestadas nos interflúvios, o projeto de restauração ecológica deve considerar as características florísticas e sucessionais próprias desses tipos vegetacionais no momento de indicar as espécies que devem ser utilizadas em cada situação encontrada no diagnóstico ambiental e também na combinação espacial dessas espécies nas ações de plantio. Tal método 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 reintroduzindo as espécies características de cada condição.

Também a partir desse conhecimento da paisagem regional são selecionados, com base em imagens de satélites ou fotografias aéreas, remanescentes florestais para realização de inventários florísticos. Para cada um desses remanescentes inventariados é gerada uma lista de espécies vegetais, e o conjunto de remanescentes inventariados permite a elaboração de listas das espécies ocorrentes por tipo fitogeográfico. Nesse trabalho, procura-se selecionar a maior quantidade possível de fragmentos, independente da sua localização, do seu tamanho ou estado de conservação.

Deste modo, quando consideramos o ecossistema de referência a ser adotado para a restauração ecológica, não estamos nos referindo a apenas um único fragmento de floresta bem conservado da paisagem, mas sim a um mosaico de remanescentes florestais da região, com diferentes posições na paisagem e trajetórias de degradação e de regeneração. Esses diferentes tipos de fragmentos podem expressar os diferentes climaxes possíveis daquele ambiente, resultado de um processo de sucessão estocástica e não de sucessão determinística (Pickett e Ostefeld, 1995; Rodrigues *et al.*, 2009), que reconhece o importante papel dos distúrbios naturais e antrópicos na definição das diferentes trajetórias sucessionais.

A metodologia de levantamento expedito que tem sido utilizada nos levantamentos florísticos pelo LERF (Laboratório de Restauração Florestal da ESALQ/USP) é uma modificação daquela proposta por Ratter *et al.* (2000), denominada “Tempo de Avaliação”. Este método foi originalmente empregado para levantamentos florísticos em remanescentes de Cerrado do Brasil Central e vem agora sendo utilizado em áreas ocupadas por outras formações vegetacionais (Baptista-Maria *et al.*, 2009). Trata-se de um levantamento expedito que consiste em se registrar a ocorrência de espécies vegetais arbustivo-arbóreas em caminhadas aleatórias que duram 15 minutos cada uma. No primeiro intervalo cronometrado de 15 minutos, toda espécie nova encontrada é registrada, e essa mesma metodologia é repetida nos intervalos subsequentes. Considera-se que a suficiência amostral é atingida quando, em dois

intervalos de tempo consecutivos, o número de espécies novas acrescentadas à lista é de, no máximo, duas. O esforço de coleta nos intervalos é padronizado, de forma a não incluir o tempo utilizado, por exemplo, para abrir picadas e trilhas ou para a coleta dos ramos dos indivíduos, sendo que nesse tempo, o cronômetro é interrompido. Vale ressaltar que caso em um mesmo fragmento florestal ocorram dois ou mais tipos de formações florestais, a amostragem é feita individualmente para cada um dos tipos encontrados.

É feita a coleta de material botânico de todas as espécies amostradas, e a identificação é feita até o nível específico por meio de bibliografia especializada, consulta a herbários e a especialistas. Ao final, é elaborada uma lista com diversas informações taxonômicas, ecológicas e de uso de cada espécie na restauração das diferentes unidades fitogeográficas presentes na paisagem.

Quando essa caracterização florística de remanescentes naturais é feita para sustentar as ações de restauração ecológica regionais, o LERF adaptou essa metodologia, que passou a ter a nomenclatura de “Mosaico Vegetacional Quantificado”. Nessa nova metodologia, a escolha dos fragmentos onde será aplicada a caracterização florística é feita com base numa análise prévia da paisagem regional (usando imagens aéreas e de acordo com os tipos fitogeográficos ocorrentes na região, o número de fragmentos de cada tipo e o estado de degradação desses fragmentos), de forma a caracterizar floristicamente o maior número de fragmentos de cada unidade ecológica da paisagem. A decisão do esforço amostral na paisagem (número de fragmentos a ser amostrado de cada tipo florestal e de cada estado de conservação) é definida com base numa avaliação do número total de fragmentos da paisagem, de cada tipo vegetacional e de cada estado de conservação, buscando amostrar o máximo possível de fragmentos da região (no mínimo 50% dos fragmentos de cada uma das situações identificadas) e com base no número acumulado de espécies amostradas em cada tipo vegetacional, tendo como referência dados florísticos de ecossistemas conservados do mesmo tipo fitogeográfico ocorrentes na região.

Com relação à caracterização florística de cada fragmento, visando o uso dos dados em restauração, a metodologia foi adaptada para que as caminhadas amostrassem o máximo possível de situações ambientais do fragmento em questão (bordas, interior, clareiras, etc), buscando identificar o máximo possível de espécies dos vários grupos funcionais da floresta (diferentes grupos sucessionais, outras formas de vida, espécies de diferentes grupos de plantio, etc). Na TABELA 1 são apresentados alguns resultados da aplicação do método previamente descrito.

Com base no conhecimento das espécies vegetais ocorrentes em cada fitofisionomia da região, bem como dos tipos de floresta encontrados e dos diferentes estados de conservação, nas diferentes situações da paisagem regional, teremos então subsídios para a escolha do maior número possível de espécies regionais nativas para serem utilizadas nas diferentes ações da restauração ecológica, levando-se em conta o objetivo maior de restauração e conservação da maior diversidade possível nessas ações e a possibilidade de perpetuação futura dessas espécies na área restaurada.

Além da questão filosófica, ou seja, a de que ambientes que originalmente possuíam alta biodiversidade devem ser restaurados levando-se em conta essa elevada diversidade, temos convicção também que o uso do maior número possível de espécies nativas regionais garantirá que pelo menos parte dessas espécies se perpetue na área restaurada, mesmo que ocorram níveis aceitáveis de distúrbios nessa área, já que todo o entorno da área restaurada continuará antropizado. Por exemplo, um dado grupo de espécies tem potencial para sobreviver a um evento de escassez hídrica, outro de excesso de vento, ou até a um evento esporádico de queima natural, e assim por diante, de forma que a inserção de um elevado número de espécies amplia as chances de que pelo menos parte delas possa efetivamente se perpetuar na área restaurada e restabelecer os processos ecológicos.

**Tabela 1** - Aplicação do método de Mosaico Vegetacional Quantificado para levantamentos florísticos das espécies arbustivas e arbóreas em áreas de usinas sucroalcooleiras dos estados de São Paulo e de Minas Gerais, que passaram pelo Programa de Adequação Ambiental do LERF/ESALQ/USP.

Projeto	Número de fragmentos amostrados	Número de espécies amostradas	Número de famílias botânicas	Formações florestais ocorrentes na região <sup>a</sup>
Usina Zilor: Unidade Barra Grande	13	320	60	FES, CF, TR CF/FES, FP
Usina Batatais: Unidade Lins	16	235	52	CE, CF, FES, TR CF/FES, FP
Usina Cerradinho	24	259	55	CF, FES, TR CF/FES, FP
Usina Colombo	13	255	56	CE, CF, FES, TR CF/FES, FP
Usina Zilor: Unidade Quatá	10	265	59	CF, FES, TR CF/FES, FP
Usina Frutal-Itapagipe	13	322	65	CE, CF, FP, FED

<sup>a</sup>FES – Floresta Estacional Semidecidual; FED – Floresta Estacional Decidual; CF – Cerradão; CE – Cerrado *sensu stricto*; FP – Floresta Paludícola; TR CF/FES – Transição Cerradão/Floresta Estacional Semidecidual.

## Caracterização dos remanescentes florestais quanto ao estado de conservação

O conhecimento e a valorização dos fragmentos de vegetação nativa remanescentes são fundamentais para a restauração e conservação da biodiversidade regional, já que esses fragmentos ainda abrigam parte importante das espécies da flora e fauna remanescente e podem conservar ainda muito mais da biodiversidade regional, se devidamente protegidos, manejados e interligados na paisagem (Tabarelli *et al.*, no prelo). Além disso, esses remanescentes também exercem importante papel na restauração ecológica como fonte de sementes e organismos para colonizar as áreas restauradas, contribuindo assim para a ampliação da biodiversidade regional e, conseqüentemente, para a viabilidade biológica dessas áreas.

O papel de conservação da biodiversidade que esses remanescentes exercem pode ser ampliado apenas com a proposição de ações de manejo, que se iniciam com a identifi-

cação dos fatores de degradação que estão ali atuando, como a passagem constante de fogo, a perturbação exercida pelo acesso do gado na área, a descarga de águas superficiais proveniente de terraços para o controle de erosão, a deriva de herbicidas, dentre outros, seguida pelo isolamento ou retirada desses fatores. Depois dessa etapa, podem ser implantadas algumas ações de restauração ecológica nesses fragmentos, que vão desde ações de indução e condução dos regenerantes naturais, o controle de superpopulações de lianas em desequilíbrio, o enriquecimento florístico e genético, a implantação de corredores ecológicos e de faixas tampão para amenizar os efeitos nocivos das paisagens antropizadas do entorno sobre os fragmentos, principalmente o efeito de borda.

Assim como no levantamento florístico, a caracterização dos fragmentos da região se inicia por meio da análise de uma imagem de satélite ou fotografia aérea que tem por objetivo localizar espacialmente esses remanescentes florestais e contextualizá-los em relação ao seu entorno imediato. Depois disso, são realizadas visitas nesses fragmentos a fim de classificá-los quanto ao seu atual estado de conservação, além de identificar quais os agentes de perturbação principais estão ali atuando. A definição do estado de conservação dos remanescentes naturais é obtida com base em critérios previamente estabelecidos pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF/ESALQ/USP), que levam em consideração indicadores da intensidade de degradação como o número de estratos, as características do dossel (continuidade e altura), a presença de epífitas, a presença de lianas em desequilíbrio na borda e no interior dos fragmentos e a invasão de gramíneas exóticas também na borda e interior dos fragmentos.

A TABELA 2 apresenta os critérios utilizados para classificação dos fragmentos florestais remanescentes inseridos, por exemplo, em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, com a proposição de três níveis de estado de conservação: florestas naturais conservadas (sem necessidade de ações de restauração), florestas naturais pouco degradadas (passíveis de ações de restauração) e florestas naturais muito degradadas (com necessidade de ações de restauração), correlacionando os descritores apresentados anteriormente.

**TABELA 2** - Critérios utilizados para classificação do estado de conservação dos fragmentos florestais inseridos em áreas de Floresta Estacional Semidecidual.

Estado de conservação	Nº de estratos	Dossel		Presença de epífitas	Lianas em desequilíbrio		Gramíneas exóticas	
		altura	continuidade		borda	interior	borda	interior
Florestas naturais conservadas	>2	12-25 m	contínuo	frequente	raro	raro	ocasional	raro
Florestas naturais pouco degradadas	>2	7-15 m	contínuo	ocasional	frequente	frequente	frequente	ocasional
Florestas naturais degradadas a muito degradadas	1 a 2	2-7 m	descontínuo	raro	frequente	frequente	frequente	frequente

## **Marcação de matrizes para a coleta de sementes com diversidade florística e genética**

Como uma das principais metas da restauração ecológica é a restauração e conservação da biodiversidade regional, fica evidente que a diversidade genética deve ser um dos pilares básicos dessa atividade, pois representa o substrato onde a seleção natural irá atuar, definindo a permanência das espécies nos ambientes naturais e restaurados (Moritz, 2002). Particularmente, a variabilidade genética pode exercer papel decisivo na sobrevivência das espécies quando há alteração das condições abióticas, tal como as decorrentes das mudanças climáticas globais e perturbações antrópicas, e passarão a ter cada vez mais participação significativa como agente determinante do sucesso das ações de restauração ecológica.

Para que uma espécie seja efetivamente representada geneticamente em um projeto de restauração ecológica e não venha apresentar problemas futuros para se perpetuar na área restaurada, tal como a redução da heterose (vigor híbrido), a depressão por endogamia, a expressão de genes deletérios e a perda de alelos por deriva genética (Fenster e Galloway, 2000), os indivíduos introduzidos no local devem conter uma diversidade genética representativa daquela espécie ou população local. Dessa forma, para que se possa obter uma representatividade genética adequada para as espécies e com isso sejam evitados problemas futuros decorrentes do uso de uma base genética restrita na restauração ecológica, a recomendação geral tem sido a de que a coleta das sementes que vão ser usadas nas ações de restauração, deve ser realizada a partir de um número mínimo de indivíduos para um local e a partir de um número mínimo de locais para uma dada região (Brancalion *et al.*, 2009a).

Diversos estudos têm demonstrado que o número mínimo de indivíduos de uma mesma espécie arbustiva ou arbórea dos quais se devem coletar sementes é de aproximadamente 12, podendo ser ampliado para 25 nos casos em que a incidência de cruzamentos biparentais é maior (Sebbenn, 2002). Contudo, coletar sementes de 12 ou mais matrizes de uma mesma espécie nem sempre é tarefa fácil, devido ao número muito reduzido de fragmentos florestais bem conservados numa paisagem muito fragmentada, ao estado de degradação muito acentuado desses fragmentos e, portanto, da dificuldade de se encontrar espécies raras nessa condição. Entretanto, essa dificuldade pode ser amenizada, por exemplo, por um amplo programa regional de marcação de matrizes e pelo estabelecimento de um programa permanente de troca de sementes entre coletores regionais (redes locais e regionais de sementes).

A marcação de árvores matrizes tem como objetivo favorecer a coleta de sementes e conseqüentemente a produção de mudas com as diversidades florística e genética necessárias para as ações de restauração ecológica. Nessa atividade, todas as matrizes são georreferenciadas, coletado material botânico testemunho (voucher) para incorporação em herbários, identificadas até o nível específico e marcadas com plaquetas de alumínio numeradas. Deste modo, ao final do processo é apresentada uma lista com todas

as matrizes marcadas na região contendo o nome popular, o nome científico, o autor, a família, a localidade e as coordenadas geográficas, além de dados sobre a fenologia e a tecnologia de produção de sementes e mudas da espécie. A partir dessa listagem, os indivíduos marcados podem ser facilmente localizados e servirão então como matrizes para coleta de sementes visando a produção de mudas em viveiros regionais.

A marcação de matrizes é realizada juntamente com o levantamento florístico dos fragmentos florestais, por meio de caminhadas aleatórias nesses fragmentos remanescentes. São marcadas matrizes em todos os tipos vegetacionais existentes na região e no maior número de fragmentos possíveis, priorizando-se aqueles com maior facilidade de acesso. Evita-se a marcação de indivíduos isolados na paisagem (mais de 50 m de isolamento dos fragmentos do entorno) e em remanescentes florestais muito pequenos e degradados. Na TABELA 3 são apresentados alguns dos resultados obtidos na marcação de matrizes arbóreas nos remanescentes florestais regionais.

**Tabela 3** - Marcação de matrizes de espécies arbustivas e arbóreas em fragmentos florestais presentes em áreas de usinas sucroalcooleiras dos estados de São Paulo e de Minas Gerais, que passaram pelo Programa de Adequação Ambiental do LERF/ESALQ/USP.

Projeto	Número de fragmentos amostrados	Número de matrizes marcadas	Número de espécies de matrizes	Número de famílias botânicas
Usina Zilor: Unidade Barra Grande	13	1419	285	59
Usina Batatais: Unidade Lins	16	1204	233	55
Usina Cerradinho	24	1170	239	52
Usina Colombo	13	1151	272	54
Usina Zilor: Unidade Quatá	10	909	220	32
Usina Frutal-Itapagipe	13	1402	272	59

Uma vez que o objetivo é representar a diversidade genética, e não promover a seleção e/ou melhoramento genético da espécie, não são utilizados critérios prévios para escolha dos indivíduos matrizes nos fragmentos florestais, a não ser a facilidade de acesso a essas matrizes. Apenas dá-se preferência para a marcação dos indivíduos que se encontram em uma faixa de borda não muito degradada dos fragmentos florestais, por receberem mais luz e apresentarem a copa mais aberta e desenvolvida, com todas as condições necessárias para produzir quantidade maior e mais regular de sementes, além dessas matrizes serem mais facilmente localizadas. De forma geral, a marcação de matrizes procura obedecer aos seguintes critérios práticos de execução:

- Marcar um número mínimo de 12 indivíduos por espécie;
- Respeitar uma distância mínima de 50 m entre matrizes da mesma espécie;
- Marcar matrizes com a maior heterogeneidade possível das suas características arquiteturas e morfológicas;
- Marcar matrizes distribuídas no maior número de fragmentos possíveis.

Os resultados de parte dos trabalhos de marcação de matrizes realizados pelo LERF/ESALQ/USP também podem ser conferidos no banco de dados do projeto “Matrizes de Árvores Nativas” (<<http://www.lerf.esalq.usp.br/matrizes.html>>), que contém mais de 13.000 matrizes georreferenciadas de cerca de 1.000 espécies arbustivas e arbóreas para as diferentes regiões ecológicas do Estado de São Paulo.

Outra forma de se alcançar elevada diversidade florística e genética regional na produção de mudas para a restauração ecológica é por meio das Redes de Sementes, que na verdade são redes de trocas periódicas de sementes, entre os coletores regionais. Por exemplo, desde 2004 o LERF/ESALQ/USP, em parceria com o viveiro florestal Bio Flora, tem gerenciado uma Rede de Sementes entre usinas sucroalcooleiras do Estado de São Paulo, as quais produzem mudas de espécies florestais nativas em viveiros regionais para a implantação de ações de restauração ecológica em suas propriedades agrícolas. Essa rede funciona da seguinte forma: uma vez por mês, todos os viveiros são visitados e parte das sementes produzidas pelos mesmos é fornecida à equipe da rede e esta, por sua vez, distribui essas sementes entre esses viveiros, todos inseridos na região ecológica “Centro” do Estado de São Paulo. Trata-se basicamente do compartilhamento das sementes e da ajuda mútua entre os participantes da rede, na qual, em síntese, cada viveiro doa e recebe sementes de várias espécies. Dessa forma, eventuais falhas de frutificação ou problemas para a coleta de uma determinada espécie não comprometem necessariamente sua produção no viveiro, já que alguns dos participantes da rede podem ter um excedente de sementes coletadas dessa espécie, que pode ser trocado por sementes de alguma outra espécie. Além da questão florística, a diversidade genética também é abrangida pela rede, embora isso não seja ainda uma exigência da legislação atual. Durante as visitas, é realizada a chamada “mistura de lotes”. Nessa atividade, mesmo que um determinado viveiro já tenha sementes de certa espécie transportada pela equipe da rede, essas sementes são misturadas e repartidas entre o viveiro e a rede. Como essas sementes foram coletadas em locais distintos e de árvores diferentes, essa mistura resulta na ampliação da base genética da espécie, ou seja, as sementes são provenientes de um número maior de indivíduos e de um número maior de fragmentos florestais. Como essa mistura ocorre em todos os viveiros que a equipe da rede visita, a ampliação da diversidade genética do lote de sementes transportado é gradativamente aumentada em cada visita, possibilitando que cada viveiro possa atingir a representatividade genética mínima recomendada para a espécie sem necessariamente ter que coletar individualmente sementes de várias matrizes.

Além de maximizar a diversidade genética das sementes em esforços de restauração ecológica, é preciso também que se priorize o uso de genótipos locais nessa atividade para que as populações restauradas mantenham seu potencial evolutivo, contribuindo para a conservação da diversidade genética adaptativa local (Lesica e Allendorf, 1999). Isso é necessário em função da maioria das espécies vegetais utilizadas nos projetos de restauração ecológica possuir ampla distribuição geográfica (amplitude de ocorrência) e/ou ecológica (diferentes habitats, tipos de vegetação, biomas, etc.).

Nessa condição, a pressão diferenciada que a seleção natural exerce para cada situação ecológica pode produzir populações geneticamente distintas entre si (embora ainda pertençam à mesma espécie), e de forma geral melhor adaptadas a seus ambientes de origem, culminando na formação de ecótipos (McKay *et al.*, 2005). Por definição, os ecótipos são genótipos distintos (ou populações) dentro de uma espécie, resultado da adaptação e de mudanças genéticas em resposta às condições ambientais locais, sendo capazes de cruzar com outros ecótipos (Hufford e Mazer, 2003).

Diante disso, a introdução de populações não locais por meio dos projetos de restauração ecológica pode trazer problemas a médio e longo prazos para a sobrevivência dos indivíduos implantados, já que estes podem não ser tão bem adaptados às condições ambientais presentes na área restaurada como os genótipos locais (Bischoff *et al.*, 2006; Brancalion, 2009b). Há também o risco de invasão críptica, na qual genótipos não locais apresentam maior valor adaptativo e podem gradualmente dominar o hábitat das populações locais, comprometendo o patrimônio genético da espécie (Hufford e Mazer, 2003).

Em função da restauração ecológica ainda ser uma área do conhecimento ainda incipiente e em fase inicial de desenvolvimento, os cuidados necessários para a obtenção de sementes ou materiais de propagação com elevada diversidade genética e que respeitem a regionalidade de ocorrência da comunidade vegetal a ser restaurada normalmente não são respeitados (Mortlock, 2000; Smith *et al.*, 2007). Deste modo, a perpetuação das florestas restauradas pode ser comprometida já que algumas das questões básicas de biologia evolutiva, em geral, não têm sido consideradas no planejamento e execução dos esforços de restauração ecológica.

Conforme sugerido por McKay *et al.* (2005), alguns cuidados devem ser levados em conta ao se planejar a aquisição de sementes para as ações de restauração ecológica como forma de se conservar o patrimônio genético regional:

1. priorizar a coleta de sementes no entorno da própria área que será restaurada (aproximadamente num raio de 50 km) ou em áreas próximas às mesmas;
2. caso não seja possível obter sementes coletadas no entorno imediato do local de implantação do projeto, seja por meio da coleta ou da compra de produtores especializados, deve-se utilizar sementes de procedências com condições climáticas e ambientais semelhantes à da área a ser restaurada;
3. determinar o sistema reprodutivo das espécies utilizadas na restauração da área, que pode ser determinante para se definir a taxa de fluxo gênico esperada e conseqüentemente identificar quais espécies serão mais sensíveis ao isolamento reprodutivo.

Tais recomendações podem ser traduzidas na prática por meio da delimitação de zonas ecológicas para a coleta de sementes. No entanto, na maioria dos estados brasileiros ainda falta uma melhor delimitação das zonas ecológicas e esforços devem ser concentrados nesse sentido. No Estado de São Paulo, essa delimitação geográfico-ecológica já foi estabelecida e utilizada no Projeto Árvores Matrizes de Espécies Nativas (Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/matrizes.html>>).

Com o avanço do desenvolvimento de métodos alternativos de restauração ecológica (Rodrigues *et al.*, 2009), ganham destaque também outras formas, que não necessariamente se baseiam na coleta de sementes, de inserção da questão da diversidade genética e da biologia evolutiva nas ações de restauração ecológica. Dentro dessa nova perspectiva, uma das formas mais práticas de se inserir genótipos regionais nos projetos de restauração ecológica é o aproveitamento do potencial de auto-recuperação do local, baseado na indução e condução da regeneração natural. Esse potencial, que pode ser resultado da brotação de raízes e caules, da expressão do banco de sementes e da germinação dos propágulos advindos da chuva de sementes, está baseado, principalmente, na resiliência do próprio ecossistema, ou seja, na sua capacidade de auto-recuperação, sem a obrigatoriedade de introdução de novos indivíduos na área em processo de restauração por meio, por exemplo, do plantio de mudas.

Entretanto, muitas vezes a regeneração natural pode ser produzida, em um primeiro momento, a partir das sementes de poucos indivíduos e sob forte efeito do fundador (Senzen *et al.*, 2005), restringindo a base genética da população regenerante (embora essa base seja regional). Nesses casos, pode-se recorrer ao enriquecimento genético, que nada mais é do que a introdução de novos genótipos regionais, por meio de mudas ou sementes, na área onde a regeneração natural está sendo manejada (Branca *et al.*, 2009a).

Diante do exposto, nota-se que a aplicação das bases conceituais de evolução vegetal à prática da restauração ecológica representa hoje um grande desafio, o qual certamente terá de ser superado para que as áreas restauradas constituam comunidades vegetais que se auto-perpetuem no tempo e que retenham um potencial evolutivo mínimo que as permitam superar os filtros seletivos impostos pelos fatores de degradação e pelas mudanças climáticas globais (Harris *et al.*, 2006). Conforme comentado por Chazdon (2008), as florestas restauradas necessitarão de um manejo adaptativo para que consigam conviver com os estresses resultantes do aquecimento global, fragmentação de habitats e outras consequências negativas resultados da ação antrópica sobre o ambiente, ressaltando o papel da diversidade genética nesse processo.

### **Avaliação rápida de áreas restauradas: restabelecendo a diversidade florística regional**

Após a escolha das ações de restauração que serão implantadas em cada área (plantio de mudas, indução e condução da regeneração natural, entre outros) é necessário que se realizem, periodicamente, avaliações dessas áreas restauradas, até mesmo para se terem indicativos sobre o sucesso ou não das ações escolhidas. Contudo, o universo de parâmetros que podem ser avaliados é excessivamente extenso, podendo-se medir, por exemplo, a riqueza, a diversidade e a densidade de espécies nativas, a chuva e o banco de sementes, a fenologia das espécies plantadas, a diversidade genética das mudas utilizadas, o fluxo gênico, a interação planta-animal, entre outras tantas possibilidades existentes. Não obstante, a avaliação de qualquer um desses parâmetros em áreas restauradas

poderia perfeitamente se constituir em objeto de pesquisa de dissertações de mestrado e teses de doutorado, demandando muito tempo e recursos para sua concretização.

Como não é possível avaliar todos esses parâmetros de forma prática e operacional, num sistema amplo de monitoramento de áreas restauradas, é preciso selecionar aqueles que possuem grande importância para a efetivação e perpetuação das ações de restauração e que também não demandem muitas dificuldades para sua medição em larga escala. Outro fator importante é a escolha de certos parâmetros-chave ou de síntese, que podem dar uma ideia geral de outros parâmetros não diretamente analisados. Por exemplo, a avaliação da regeneração natural por si só pode fornecer informações extrapoláveis, com as devidas proporções, sobre a chuva de sementes, o banco de sementes, o banco de plântulas, a produção de sementes pelas espécies plantadas e sobre o uso da área restaurada por frugívoros.

Para facilitar a avaliação, inicialmente é estabelecida uma ordem de importância entre os diferentes parâmetros selecionados para avaliar a área restaurada, de forma que só se passa à avaliação de um segundo parâmetro caso um primeiro tenha sido aprovado. Esse método possui princípio semelhante ao adotado em chaves dicotômicas de taxonomia vegetal, tendo a vantagem de não desperdiçar esforços na avaliação de áreas que apresentam problemas graves evidentes, nas quais não é necessária a avaliação de uma série de parâmetros para que se diagnostique que a área restaurada dificilmente se autopetuará no tempo ou que se conclua que as espécies ali presentes não pertencem às comunidades da vegetação regional.

Dentre os parâmetros básicos que devem ser obrigatoriamente aprovados para que a avaliação continue, podemos citar:

- isolamento e retirada dos fatores de degradação;
- ausência de problemas graves de conservação do solo;
- implantação do tipo correto de vegetação na área restaurada (por exemplo, que não tenham sido implantadas mudas de espécies de Floresta Estacional Semidecidual em uma área típica de Cerradão e vice versa).

Caso a área restaurada tenha sido aprovada em todos esses parâmetros da avaliação hierárquica, passa-se à avaliação quantitativa. O método de avaliação quantitativa apresentado a seguir foi desenvolvido pelos pesquisadores e alunos do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF) da ESALQ/USP, sendo resultado de um esforço conjunto para o desenvolvimento de um método rápido e eficaz de avaliação de áreas restauradas. Esse método se aplica exclusivamente a plantios heterogêneos com um a dois anos de idade realizados em áreas de florestas tropicais que se encontram inseridas em paisagens altamente fragmentadas, nas quais há reduzido potencial de regeneração natural de espécies nativas nessas áreas a serem restauradas e uma baixa probabilidade de chegada de propágulos oriundos de fragmentos florestais da paisagem regional, em função do número reduzido de fragmentos e do elevado estado de degradação dos mesmos, tornando necessária a implantação de elevada diversidade

de espécies já no início da restauração (situações predominantemente encontradas em regiões agrícolas já consolidadas, como por exemplo o interior dos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, etc). Cabe ressaltar que essa metodologia de monitoramento de áreas restauradas ainda está em fase de consolidação, necessitando passar por mais validações antes de ser amplamente utilizada.

### **Definição da unidade amostral**

A unidade amostral desse modelo de avaliação corresponde a parcelas permanentes de 9 x 18 m, que amostram 40 indivíduos, quando considerado um plantio em área total com espaçamento 3 x 2 m. A disposição dessas unidades amostrais na área reflorestada pode ser feita de forma aleatória ou sistematizada, visando-se obter a melhor representatividade da área possível. Preferencialmente, a escolha dos locais de alocação das unidades amostrais deve ser realizada diretamente no mapa e com base em coordenadas geográficas, antes da visita à área a ser avaliada. Esse procedimento evita que haja tendenciosidade na escolha dos locais a serem avaliados, sendo de fundamental importância ao se considerar que as áreas restauradas são na maioria das vezes bastante heterogêneas.

Recomenda-se a alocação de oito unidades amostrais por ha de área restaurada e, a cada novo ha, deve-se incorporar uma nova unidade amostral. Por exemplo, em um plantio de 1 ha, deve-se utilizar oito unidades amostrais; em um plantio de 2 ha, deve-se utilizar nove unidades amostrais; em um plantio de 4 ha, deve-se utilizar 11 unidades amostrais; em um plantio de 10 ha, deve-se utilizar 17 unidades amostrais, e assim por diante. Para cada área amostral são tomadas as coordenadas UTM, sempre com base no indivíduo número 1 da linha, utilizando-se para isso um aparelho GPS de navegação.

### *Parâmetros avaliados*

#### **Avaliação da comunidade implantada**

Dentro da área amostral, os indivíduos plantados são identificados em nível específico e classificados em famílias de acordo com o sistema de classificação APG II, e suas alturas e copas são medidas com o auxílio de uma trena. Quando não é possível a identificação da planta no campo, ramos são coletados para posterior identificação em herbário, utilizando-se bibliografia especializada e auxílio de especialistas.

As espécies amostradas são separadas em nativas regionais e não nativas regionais, com base em sua ocorrência natural nas formações vegetacionais da região. Considera-se como espécie nativa regional aquela que ocorre naturalmente na região onde foi implantado o projeto de restauração ecológica, considerando as diferentes formações florestais dessa paisagem. Em outras palavras, o fato da espécie ocorrer no Brasil não a torna necessariamente uma espécie nativa para a restauração, já que a espécie tem que ocorrer especificamente na área que será trabalhada. Além disso, em uma mesma região podemos encontrar diferentes formações florestais como, por exemplo, Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual. Novamente, é considerada como nativa regional para os objetivos da restauração ecológica

apenas a espécie que, naturalmente, possui uma alta probabilidade de ter anteriormente ocorrido na área restaurada. Se a área era de Floresta Estacional Semidecidual (pode-se diagnosticar isso, por exemplo, pelo solo do local e por sua localização na paisagem), serão consideradas nativas regionais apenas as espécies dessa formação florestal, não sendo consideradas as espécies presentes na mesma região, mas que são típicas de outras formações florestais. Diante disso, apenas as espécies nativas regionais são contabilizadas nos cálculos de riqueza e de diversidade utilizados no método de avaliação quantitativa. Além disso, espécies brasileiras não regionais poderão ser consideradas como exóticas não invasoras ou mesmo exóticas invasoras, quando os problemas de invasão biológica ocasionados por esses táxons já forem amplamente conhecidos.

A base utilizada para a aceitação do nível de riqueza florística existente no projeto leva em consideração o proposto na legislação vigente no Estado de São Paulo para restauração florestal de áreas degradadas (Resolução SMA nº 08/ 2007), já que essa resolução prevê que as áreas restauradas devam conter ao menos 80 espécies nativas regionais ao final do tempo previsto em projeto. Por fim, é verificado se as espécies amostradas nos plantios constam na lista oficial de espécies da flora ameaçada de extinção no Estado de São Paulo (Resolução SMA 048, de setembro de 2004), ou na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçada de extinção (Portaria IBAMA 37-N, de Abril de 1992).

Para obtenção das estimativas de cobertura da área pelas copas dos indivíduos plantados utiliza-se o método de interseção na linha de plantio. As medições de copa são tomadas com o auxílio de trena, medindo-se a projeção das copas de cada indivíduo, na linha de plantio. O valor de cobertura da área (%) é obtido através da soma das copas de todos os indivíduos da linha, dividido pela metragem total das linhas. Para transformação em porcentagem, o valor resultante da divisão acima é multiplicado por 100. Além das variáveis citadas, para a comunidade implantada são também calculados a taxa de mortalidade (%), a densidade (indivíduos.ha<sup>-1</sup>), a riqueza (número de espécies) e o índice de diversidade (proporção de distribuição dos indivíduos entre as espécies) de Shannon (H'). O índice de diversidade médio (H') é obtido por meio da fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N}$$

Em que: S = número total de espécies amostradas; N = número total de indivíduos amostrados; n<sub>i</sub> = número de indivíduos amostrados para a i-ésima espécie; ln = logaritmo neperiano.

#### Avaliação da cobertura de gramíneas invasoras

Para todas as áreas avaliadas é analisada a porcentagem da área coberta por gramíneas invasoras. Para isso, em cada unidade amostral é avaliada a porcentagem de cobertura de gramíneas invasoras, de forma que o valor de cobertura é dado pelo valor médio das estimativas realizadas por parcela.

A cobertura de gramíneas corresponde à projeção vertical da parte aérea das plantas de uma dada população sobre a superfície do solo, a qual se expressa em porcentagem da área total da comunidade. O uso da cobertura é preferível porque é um bom indicador da biomassa da população, considerando que a biomassa reflete o desempenho da população na competição pelos fluxos de matéria e energia na comunidade. A cobertura pode ser avaliada visualmente quando a comunidade vegetal pode ser observada, como no caso das gramíneas invasoras.

A avaliação específica da cobertura de gramíneas invasoras fornece uma boa indicação das necessidades de intervenção nas áreas de plantio, bem como orienta práticas de controle e manutenção destas áreas, haja vista que as gramíneas interferem demasiadamente no desenvolvimento das mudas plantadas, bem como no estabelecimento e recrutamento de plântulas de espécies regenerantes.

## Diagnóstico

Os dados são avaliados individualmente, levando-se em consideração aspectos técnicos desejados e recomendados pelo LERF/ESALQ/USP e comparados com parâmetros estabelecidos na Legislação vigente no Estado de São Paulo para restauração florestal de áreas degradadas (Resolução SMA nº 08/ 2007). Estes dados são utilizados como indicadores e recebem diferentes pesos, em função de sua importância na restauração de áreas degradadas. Considera-se de alta importância os parâmetros que podem comprometer todo o plantio na área restaurada a curto prazo e em função da difícil correção desses parâmetros; de média importância considera-se os parâmetros que podem comprometer o plantio na área restaurada a médio prazo e podem ser corrigidos; e aos indicadores de baixa importância considera-se os parâmetros que podem comprometer o plantio a longo prazo ou podem ser facilmente corrigidos. Indicadores de alta importância recebem peso três, de média importância peso dois e de baixa importância peso um. Na TABELA 4 encontram-se descritos os parâmetros avaliados e o grau de importância de cada um deles.

As pontuações para cada parâmetro variam de 0 a 3, sendo assim distribuídos: 0 – nos casos que a ação ou atividade não foi empregada ou esteve abaixo do estabelecido na legislação; 1 - para parâmetros considerados insatisfatórios; 2 - para parâmetros considerados mediantemente satisfatórios; e 3 - para parâmetros considerados satisfatórios (Tabela 5). Assim, para cada área avaliada, os parâmetros são pontuados conforme a TABELA 4 e multiplicados pelo seu peso, em função de seu grau de importância.

Com base na avaliação desses parâmetros e na ponderação das notas obtidas pelo grau de importância, obtém-se uma tabela diagnóstica da área restaurada e uma nota final para a mesma (Tabela 6). Essa nota final pode ser comparada à nota hipoteticamente obtida por um projeto ideal, que obteve nota máxima em todos os parâmetros. Com base nesse modelo, o órgão ambiental ou uma empresa contratante de um serviço de restauração florestal poderia definir uma nota mínima para a área restaurada para aceitar, rejeitar ou exigir melhorias em um determinado projeto ou programa de restauração ecológica.

Além de servir como forma de julgar se um determinado projeto foi bem conduzido ou não, esse método de avaliação é uma poderosa ferramenta para o manejo e condução da área restaurada ao longo do tempo, possibilitando a correção de problemas antes que se perca todo o serviço executado, como já observado em diversas situações. Isso é evidenciado pelo fato de que praticamente todas as áreas restauradas apresentam uma série de pontos positivos e negativos que as caracterizam, sendo perfeitamente normal que algumas ações de manejo tenham de ser realizadas para que a área restaurada alcance um patamar de qualidade desejado.

Vale ressaltar que para esse método ser utilizado como ferramenta para a tomada de decisão no manejo de áreas restauradas é preciso que informações adicionais complementem a avaliação, já o método diagnostica se a área restaurada está ou não de acordo com os objetivos inicialmente propostos, sem explicar porque um determinado parâmetro teve uma nota baixa.

Por exemplo, a baixa cobertura de copa dos indivíduos plantados, que nada mais é do que um reflexo do reduzido desenvolvimento das mudas, pode ser resultado da deficiência nutricional, do preparo inadequado do solo, do uso de mudas de baixa qualidade, do ataque de formigas cortadeiras, da deriva de herbicidas, do controle deficiente de plantas daninhas, dentre tantos outros fatores. Nesses casos, a experiência do profissional que está realizando a avaliação dos parâmetros é fundamental para que não apenas se diagnostiquem problemas, mas também se proponham soluções para sua correção.

**Tabela 4** - Grau de importância dos parâmetros avaliados.

Grau de importância	Parâmetro	Critério	Peso
Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- riqueza de espécies;</li> <li>- diversidade média (H');</li> <li>- cobertura de copa;</li> <li>- cobertura de gramíneas;</li> <li>- mortalidade das mudas plantadas;</li> <li>- presença de espécies exóticas invasoras;</li> <li>- distribuição ordenada das mudas no campo a partir de grupos de plantio</li> </ul>	podem comprometer todo o plantio da área restaurada a curto prazo e em função da difícil correção.	3
Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- presença de espécies exóticas não invasoras;</li> <li>- altura das mudas plantadas</li> </ul>	podem comprometer o plantio da área restaurada à médio prazo e podem ser corrigidos.	2
Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- presença de espécies ameaçadas de extinção;</li> </ul>	podem comprometer o plantio a longo prazo ou podem ser facilmente corrigidos.	1

**Tabela 5** - Pontuações possíveis de cada parâmetro avaliado, com base em critérios estabelecidos pela legislação vigente do estado de São Paulo e recomendados para áreas restauradas com plantio com idade de um a dois anos.

Parâmetro	Critério	Pontuação
Riqueza média de espécies arbustivas e arbóreas	< 30 spp.	0
	de 30 a 59 spp	1
	de 60 a 79 spp	2
	≥ 80 spp	3
Diversidade média (H')	abaixo de 1,0	0
	entre 1,1 e 2,0	1
	entre 2,1 e 3,0	2
	> 3,0	3
Presença de espécies arbustivas e arbóreas exóticas invasoras	presença	0
	ausência	3
Presença de espécies arbustivas e arbóreas exóticas (não regionais)	presença	0
	ausência	3
Presença de espécies arbustivas e arbóreas ameaçadas de extinção	presença	3
	ausência	0
Altura média das mudas plantadas	< 0,5 m	0
	entre 0,6 e 1,0 m	1
	entre 1,1 e 1,5 m	2
	> 1,5 m	3
Mortalidade após replantio (1666 ind./ha) – densidade de ind./ha	> 10 %	0
	entre 5,1 e 10,0%	1
	entre 3,1 e 5,0 %	2
	< 3%	3
Cobertura de copa	< 20%	0
	entre 20 e 50 %	1
	entre 50 e 80 %	2
	> 80 %	3
Cobertura de gramíneas invasoras	> 30 %	0
	entre 20 a 30 %	1
	entre 10 a 19 %	2
	< 10 %	3
Distribuição ordenada das mudas no campo a partir de grupos de plantio (ex. preenchimento e diversidade)	houve	3
	não houve	0

**Tabela 6** - Tabela diagnóstica de uma área restaurada hipotética, apresentando as notas obtidas em cada parâmetro, a ponderação dessas notas por seus respectivos pesos, e a nota final do projeto. Essas notas podem ser comparadas a uma nota final máxima que seria obtida por um projeto ideal.

Parâmetros avaliados	Peso (grau de importância)	Nota máxima do parâmetro	Nota obtida do parâmetro	Nota final máxima	Nota final obtida
<b>Comunidade implantada: diversidade e florística</b>					
Riqueza de espécies	3	3	2	9	6
Diversidade média (H')	3	3	3	9	9
Presença de espécies exóticas invasoras	3	3	1	9	3
Presença de espécies exóticas não invasoras	2	3	0	6	0
Presença de espécies ameaçadas de extinção	1	3	0	3	0
<b>Comunidade implantada: estrutura</b>					
Mortalidade das mudas plantadas	3	3	3	9	9
Altura média das mudas plantadas	2	3	2	6	4
Cobertura de copa	3	3	2	9	6
Cobertura de gramíneas	3	3	1	9	3
Distribuição orientada dos grupos de plantio	3	3	3	9	9
<b>Pontuação total:</b>				<b>78 (100%)</b>	<b>49 (62,8%)</b>

## Comentários finais

Para que a restauração ecológica cumpra com seu papel de conservação e resgate da biodiversidade, restabelecendo florestas restauradas biologicamente viáveis, é fundamental que todos os níveis dessa biodiversidade sejam contemplados, incluindo a diversidade de ecossistemas, de espécies e de genes, e sejam compatíveis com os ecossistemas adotados como referência. Além disso, o uso de elevados níveis de biodiversidade nas ações de restauração ecológica parece ser essencial para ampliar as chances de perpetuação das comunidades vegetais em médio e longo prazo na área restaurada, dadas as limitações ecológicas inerentes a paisagens antrópicas e os impactos negativos decorrentes das mudanças climáticas globais.

## Referências

- Baptista-Maria, V. R., R. R. Rodrigues, G. Damasceno Junior, F. S. Maria & V. C. Souza. 2009. Composição florística de florestas estacionais ribeirinhas no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 23: 535-548.
- Barbosa, L. M., J. M. Barbosa, K. C. Barbosa, A. Potomani, S. E. Martins & L. M. Asperti. 2003. Recuperação florestal com espécies nativas no Estado de São Paulo: pesquisas apontam mudanças necessárias. *Floresta Estatístico* 6: 28-34.
- Becker, C. G., C. R. Fonseca, C. F. B. Haddad, R. F. Batista & P. I. Prado. 2009. Habitat split and the global decline of amphibians. *Science* 318: 1775-1777.
- Bischoff, A., B. Vonlanthen, T. Steinger & H. Müller-Schärer. 2006. Seed provenance matters – effects on germination of four plant species used for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology* 7: 347-359.
- Brancalion, P. H. S., S. Gandolfi & R. R. Rodrigues. 2009a. Incorporação do conceito da diversidade genética na restauração ecológica. In: Rodrigues, R. R., P. H. S. Brancalion & I. Isernhagen (org.) *Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. p. 37-54. São Paulo: Instituto BioAtlântica.
- Brancalion, P. H. S. 2009. *Contribuição de adaptações locais e da plasticidade em sementes e plântulas para a ocorrência de Euterpe edulis e Syagrus romanzoffiana em três formações florestais do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Chazdon, R. L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320: 1458-1460.
- Chazdon, R. L., C. A. Harvey, O. Komar, D. M. Griffith, B. G. Ferguson, M. Martýnez-Ramos, H. Morales, R. Nigh, L. Soto-Pinto, M. van Breugel & S. M. Philpott. 2009. Beyond reserves: a research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. *Biotropica* 41: 142-153.
- Fenster, C. B. & L. F. Galloway. 2000. Inbreeding and outbreeding depression in natural populations of *Chamaecrista fasciculata* (Fabaceae). *Conservation Biology* 14: 1406-1412.
- Harris, J. A.; Hobbs, R. J.; Higgs, E.; Aronson, J. 2006. Ecological restoration and global climate change. *Restoration Ecology* 14: 170-176.
- Hufford, K. M. & S. J. Mazer. 2003. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 147-155.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de biomas e de vegetação*. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169&id=](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169&id=)>. Acesso em: 12/11/2009.
- Isernhagen, I., P. H. S. Brancalion, R. R. Rodrigues, A. G. Nave & S. Gandolfi. 2009. Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. In: Rodrigues, R. R., P. H. S. Brancalion & I. Isernhagen (org.) *Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. p.87-126. São Paulo: Instituto BioAtlântica.

Lamb, D., P. D. Erskine & J. A. Parrota. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310: 1628-1632.

Lesica, P.; Allendorf, F. W. Ecological genetics and the restoration of plant communities: mix or match? 1999. *Restoration Ecology* 7: 42-50.

McKay, J. K., C. E. Christian, S. Harrison & K. J. Rice. 2005. "How local is local"? A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restoration Ecology* 13: 432-440.

Moritz, C. 2002. Strategies to protect biological diversity and the evolutionary process that sustain it. *Systematics Biology* 51: 238-254.

Mortlock, W. 2000. Local seed for revegetation: where will all that seed come from? *Ecological Management and Restoration* 1: 93-101.

Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

Norden, N., R. L. Chazdon, A. Chao, H. Jiang & B. Vélchez-Alvarado. 2009. Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. *Ecology Letters* 12: 385-394.

Pickett, S. T. A. & R. S. Ostfeld. 1995. The shifting paradigm in ecology. In: Knight, R. L. & S. F. Bates (eds.) *A new century for natural resources management*. p. 262-295. Washington D.C.: Island Press.

Ratter, J. A., S. Bridgewater, J. F. Ribeiro, T. A. B. Dias & M. R. Silva. 2000. Distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer* 5: 5-43.

Rey Benayas, J. M. R., A. C. Newton, A. Diaz, J. M. Bullock. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystems services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science* 325: 1121-1124.

Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni & M. M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141-1153.

Rodrigues, R. R., R. A. F. Lima, S. Gandolfi & A. G. Nave. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142: 1242-1251.

São Paulo. Resolução n. 08/2007, de 07 de março de 2007. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 08/03/2007. Seção Meio Ambiente.

Sebbenn, A. M. 2002. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. *Revista do Instituto Florestal* 14: 115-132.

Senzen, U. U., R. L. Chazdon & K. E. Holsinger. 2005. Genetic consequences of tropical second-growth forest restoration. *Science* 307: 891.

Smith, S. L., A. A. Sher & T. A. Grant III. 2007. Genetic diversity in restoration materials and the impacts of seed collection in Colorado's restoration plant production industry. *Restoration Ecology* 15: 369-374.

SERI. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. <www.ser.org> & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Tabarelli, M., A. V. Aguiar, M. C. Ribeiro, J. P. Metzger & C. A. Peres. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation* (no prelo).

Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco & J. M. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.