



Zig Koch

Natureza & Conservação

Abril . 2003 . vol 1 . nº 1 - April . 2003 . vol 1 . nº 1

FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO
DE PROTEÇÃO À NATUREZA



Rozerra Campos Villaya

Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais

Ademir Reis - Doutor em Biologia Vegetal - UNICAMP, Biólogo, Professor Titular UFSC¹

Fernando Campanhã Bechara - Mestre em Biologia Vegetal, UFSC, Eng. Florestal

Marina Bazzo de Espindola - Bióloga, Mestranda em Biologia Vegetal, UFSC

Neide Koehntopp Vieira - Bióloga, Mestranda em Biologia Vegetal, UFSC

Leandro Lopes de Souza - Biólogo, UFSC

Resumo: A restauração de áreas degradadas representa uma atividade básica para a conservação *in situ* refazendo comunidades e formando corredores entre fragmentos vegetacionais. A nucleação é um princípio sucessional na colonização de áreas em formação e representa uma técnica básica para as atividades antrópicas que se proponham contribuir para o restabelecimento de comunidades. Técnicas básicas de nucleação são tratadas no sentido de avaliar a melhor forma de aplicá-las em áreas degradadas, proporcionando uma maior diversidade para que ocorra uma estabilização o mais rapidamente possível, com a mínima entrada artificial de taxas energéticas. São tratadas como técnicas de nucleação: transposição de solo, semeadura direta e hidrossemeadura, poleiros artificiais, transposição de galharia, plantio de mudas em ilhas de alta diversidade e coleta de sementes com manutenção da variabilidade genética. A nucleação tornar-se-á uma técnica usual, quando, efetivamente, a legislação for mais explícita sobre o assunto e for ampliada a formação de recursos humanos sobre os princípios básicos da sucessão dos ecossistemas.

Palavras-chave: sucessão, conservação *in situ*, corredores artificiais.

Introdução

A redução das áreas ocupadas por vegetação nativa tem levado a alarmantes taxas de perdas de biodiversidade e ao empobrecimento dos recursos genéticos (Myers *et al.*, 2000). A conservação *in situ* ainda é a melhor forma de manutenção de biodiversidade, uma vez que permite a continuidade dos processos evolutivos (Kageyama, 1987).

A criação e a implantação de unidades de conservação é a melhor forma de efetivação da conservação *in situ*, porém, devido ao processo de fragmentação a que os ecossistemas estão expostos, é necessário que sejam desenvolvidas tecnologias eficientes para a manutenção da diversidade genética. A restauração

dos ecossistemas degradados pode ser um instrumento para a formação de corredores que venham a unir os fragmentos remanescentes, permitindo assim a continuidade do fluxo gênico, necessário para a manutenção das espécies e da viabilidade de suas populações.

Os programas de restauração tradicionalmente são executados com alguns vícios que comprometem o modelo de conservação *in situ*: uma visão fortemente dendrológica, com uso quase que exclusivo de espécies arbóreas; utilização de espécies exóticas, propiciando a contaminação biológica local e potencializando a degradação; tecnologias muito caras, inviabilizando pequenos projetos que pudessem efetivamente restaurar a biodiversidade através de processos naturais de sucessão. Somam-se ainda a esses fatores a falta de ações concretas de empresas responsáveis por grandes obras, para restaurar as áreas impactadas pelos seus investimentos, e as deficiências na formação de recursos humanos para fiscalizar, orientar e executar programas de restauração ambiental.

O presente trabalho visa divulgar técnicas alternativas de restauração a baixos custos que se fundamentam em processos sucessionais naturais, tendo como base o princípio da nucleação.

Embasamento ecológico para a restauração através da nucleação

A nucleação é entendida como a capacidade de uma espécie em propiciar uma significativa melhoria nas qualidades ambientais, permitindo um aumento na probabilidade de ocupação deste ambiente por outras espécies (Yarranton & Morrison, 1974).

No processo de sucessão, as espécies componentes de uma comunidade, após a sua implantação e posterior morte, modificam-na, permitindo que outros organismos mais exigentes possam colonizá-la. Há registros, no entanto, de espécies que são capazes de modificar os ambientes de forma mais acentuada. Essas espécies são tratadas de forma distinta na literatura.

Ricklefs (1996) denominou-as de espécies facilitadoras, considerando-se que facilitação é o processo pelo qual a espécie, numa fase inicial, altera as condições de uma comunidade, de modo que as espécies subseqüentes tenham maior facilidade de estabelecimento.

Hurlbert (1971) descreveu que, potencialmente, cada indivíduo dentro de uma comunidade pode interagir com cada um dos outros que compartilham essa mesma comunidade. Dentro desse contexto, o autor propõe o conhecimento das probabilidades de encontros interespecíficos de cada espécie como uma ferramenta básica para o entendimento da estabilidade de uma comunidade. Para o autor, as espécies com

¹areis@ccb.ufsc.br

maiores probabilidades de encontros interespecíficos são as que mais contribuem para o aceleração do ritmo de sucessão de uma comunidade.

Yarranton & Morrison (1974) constataram que a ocupação de áreas, em processo primário de formação do solo por espécies arbóreas pioneiras, propiciou a formação de pequenos agregados de outras espécies ao redor das espécies colonizadoras, acelerando o processo de sucessão primária. Esse aumento do ritmo de colonização, a partir de uma espécie promotora, foi denominado pelos autores de nucleação. Scarano (2000) usou o termo "planta focal" para plantas capazes de favorecer a colonização de outras espécies, como a palmeira *Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze e plantas do gênero *Clusia* L., capazes de propiciar a formação de moitas na restinga, favorecendo o desenvolvimento de cactáceas e bromeliáceas.

Em ambientes secos, o fenômeno de "hydraulic lift" (remanejamento de água das camadas mais profundas para horizontes mais superficiais do solo) representa uma efetiva nucleação, capaz de propiciar o desenvolvimento de arbustos e ervas que não conseguem atingir o lençol freático (Dawson, 1993; Horton & Hart, 1998).

Bechara *et al.* (1999) registraram que a associação entre larvas bioluminescentes de *Pyrearinus termitilluminans* (Coleoptera) e térmitas, no Cerrado brasileiro, atraem vários outros artrópodes como aranhas, centopéias, formigas, larvas de borboletas, escorpiões e outros insetos. Estes, por sua vez, atraem pássaros e morcegos que, ao deixarem localmente suas fezes, propiciam a formação de cupinzeiros, num significativo aumento na fitodiversidade. Possivelmente, esses cupinzeiros atuam como poleiros para pássaros onívoros que, por sua vez, dispersam sementes contidas em seu trato digestivo, formando núcleos de vegetação ao redor dos cupinzeiros, que contêm as larvas bioluminescentes.

Miller (1978) e Winterhalder (1996) sugeriram que a capacidade de nucleação de algumas plantas pioneiras é de fundamental importância para processos de revegetação de áreas degradadas. Robinson & Handel (1993) aplicaram a teoria da nucleação em restauração ambiental e concluíram que os núcleos promovem o incremento do processo sucessional, introduzindo novos elementos na paisagem, principalmente, se a introdução dessas espécies se somar à capacidade de atração de aves dispersoras de sementes.

A capacidade nucleadora de indivíduos arbóreos remanescentes em áreas abandonadas após uso na agricultura ou em pastagens mostrou que tais indivíduos atraem pássaros e morcegos que procuram proteção, repouso e alimentos. Esses animais propiciam o transporte de sementes de espécies mais avançadas na sucessão, contribuindo para o aumento do ritmo sucessional de comunidades florestais secundárias (Guevara *et al.*, 1986). Selecionando quatro árvores nessa condição, do gênero *Ficus* Tourn.

ex Lin., Guevara & Laborde (1993) houve registro da deposição de 8.268 sementes, de 107 espécies vegetais, no período de seis meses. Essas quatro figueiras isoladas foram visitadas por 47 espécies de pássaros frugívoros e 26 não frugívoros durante o período. Zimmermann (2001), observando quatro indivíduos de *Trema micrantha* Blume (grandiúva-de-anta) em área urbana, registrou, durante 13 horas de observação, a presença de 18 espécies de aves que consumiram 767 frutos.

A capacidade de dispersão de sementes por aves e morcegos é evidenciada no estudo de caso da Ilha de Krakatau, na Indonésia, que foi totalmente destruída em 1883 por um vulcão. Nessa ilha, Whittaker & Jones (1994) avaliaram todas as espécies locais após um século de recolonização natural. Registraram a presença de 124 espécies com síndrome de dispersão endozoocórica, associadas aos morcegos e pássaros que migravam das ilhas mais próximas. Com esse estudo, os autores constataram que o processo de colonização e sucessão da floresta de Krakatau é uma excepcional evidência da habilidade dos pássaros e morcegos para formarem uma nova comunidade florestal tropical em condições de grande isolamento. Os autores concluíram, ainda, que, com base no observado em Krakatau, uma das formas mais eficientes e rápidas de restaurar áreas degradadas seria o plantio de espécies produtoras de frutos, capazes de atrair uma grande variedade de agentes dispersores, formando, portanto, núcleos de biodiversidade dentro de áreas degradadas.

Reis *et al.* (1999) constataram que o etnoconhecimento, principalmente de caçadores, mostra que algumas plantas, de forma especial, quando frutificadas, exercem uma grande atração sobre a fauna, pois atraem tanto os animais que vêm se alimentar de seus frutos como aqueles que as utilizam para predação de outros animais. Essas plantas são denominadas de bagueiras. Os autores citados sugeriram que as plantas bagueiras, ou seja, aquelas que são capazes de atrair uma fauna diversificada, devem ser utilizadas como promotoras de encontros interespecíficos dentro de áreas degradadas, exercendo, no contexto aqui tratado, o papel de nucleadoras.

O comportamento diversificado das aves, por ser muito diferenciado, pode ser aproveitado em processos de restauração através de formas muito variadas. McClanahan & Wolfe (1993) observaram que a colocação de poleiros artificiais atrai determinadas aves que os utilizam para emboscar suas presas e, ao mesmo tempo, depositar sementes de outras espécies. Isso ocorre porque muitas das aves que apresentam preferência pelo forrageamento em galhos secos são onívoras.

A nucleação pode atuar sobre toda a diversidade dentro do processo sucessional envolvendo o solo, os produtores, os consumidores e os decompositores.

Odum (1986) afirmou que a estabilidade de uma área relaciona-se mais intimamente com a diversidade funcional do que com a estrutural (de biomassa existente). Dessa afirmação, deduz-se a importância das técnicas nucleadoras, pois elas são capazes de refazer, dentro das comunidades, distintos nichos ecológicos diferenciados, associados aos organismos que as compõem.

Técnicas nucleadoras para a restauração

Transposição de solo

O solo pode ser entendido como um complexo de seres vivos, materiais minerais e orgânicos de cujas interações resultam suas propriedades específicas (estrutura, fertilidade, matéria orgânica, capacidade de troca iônica, etc.). Os organismos do solo não são apenas seus habitantes, mas também seus componentes. A biodiversidade e a atividade biológica estão estreita e diretamente relacionadas a funções e características essenciais para a manutenção da capacidade produtiva dos solos (Coutinho, 1999).

As algas são tidas como colonizadoras primárias do solo, pela sua capacidade de fixar carbono e nitrogênio da atmosfera através dos processos de fotossíntese e fixação biológica de nitrogênio, respectivamente. A partir daí, fungos e bactérias terão recursos para se desenvolver e liberar nutrientes dos minerais do solo, como o fósforo, o cálcio e o ferro. O solo formado, havendo disponibilidade de água, permitirá o crescimento de plantas que, ao serem decompostas, gerarão matéria orgânica que reterá nutrientes, liberando-os lentamente para os próximos colonizadores (Coutinho, 1999).

Durante processos degradativos, o solo sofre profundas modificações quanto às suas composições química, biológica e estrutural. A perda da matéria

orgânica é a principal consequência da degradação, retardando o processo sucessional de restauração.

A transposição de pequenas porções (núcleos) de solo não-degradado representa grandes probabilidades de recolonização da área com microorganismos, sementes e propágulos de espécies vegetais pioneiras, como ilustra a **FIGURA 1**.

O objetivo desta técnica é a restauração do solo, componente de grande importância nos ecossistemas, responsável pela sustentação da vegetação, embora pouco enfocado nos projetos de restauração. Com a transposição de solo, reintroduzem-se populações de diversas espécies da micro, meso e macro fauna/flora do solo (microrganismos decompositores, fungos micorrízicos, bactérias nitrificantes, minhocas, algas, etc.), importantes na ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo.

A transposição de solo consiste na retirada da camada superficial do horizonte orgânico do solo (serapilheira mais os primeiros 5 cm de solo) de uma área com sucessão mais avançada. Winterhalder (1996) demonstrou as vantagens dessa técnica para a restauração e Rodrigues & Gandolfi (2000) propuseram a retirada de uma camada mais profunda de até 20 cm de solo.

Discute-se, ainda, se a transposição de solo de comunidades avançadas com grande diversidade de micro, meso e macroorganismos é preferível à de solo com processo de sucessão intermediária e predominância de biota de caráter mais pioneiro. Sugerimos, portanto, transpor solos de distintos níveis sucessionais.

Quando o "novo" banco de sementes é disposto na área degradada, grande parte das sementes de espécies pioneiras que originalmente estavam enterradas no solo ficam na superfície e tendem a germinar, já que em geral essas sementes são fotoblásticas positivas. As sementes que, após a transposição, continuarem enterradas e não germinarem comporão o novo banco de sementes na área degradada.

No caso de empreendimentos que envolvem a degradação de grandes áreas, a transposição da camada fértil do solo merece ser planejada no sentido de haver transposição concomitante ao processo de remoção e degradação. Em hidrelétricas, onde a área do lago terá o solo inundado, as áreas degradadas pela formação de áreas de empréstimo e bota-fora podem ser cobertas com o solo fértil disponível na área do futuro lago. Essa ação é parte integrante de um programa de resgate da biota, pois representa uma forma eficiente de garantir a sobrevivência de muitas populações de micro, meso e macroorganismos que vivem no solo.

Semeadura direta e hidrossemeadura

As áreas degradadas carecem de propágulos (esporos, sementes, túberas, etc.) que recolonizem a área. Uma ação urgente consiste na formação de um novo banco

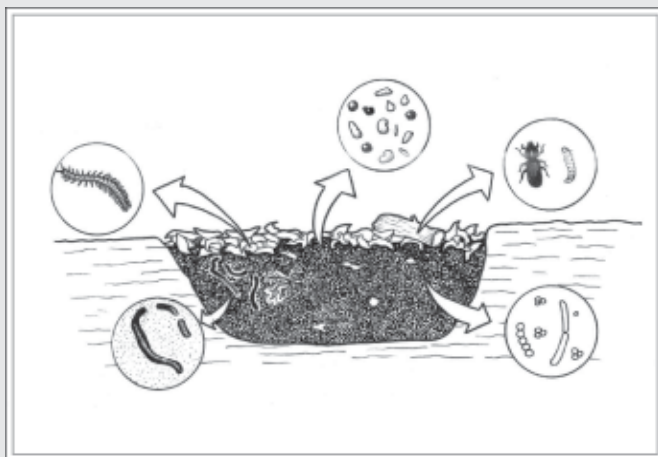


Figura 1: A transposição de solo permite a colonização da área degradada com uma diversidade de micro, meso e macro organismos capazes de nuclear um novo ritmo sucessional.

de sementes e a cobertura do solo para que ocorra a retomada da resiliência ambiental. Processos de semeadura são as formas mais diretas para recompor o banco e a cobertura da área.

A chuva natural de sementes, provocada pela ação de agentes bióticos (fauna) e abióticos (vento e água), propicia a chegada de sementes que têm a função de colonizar áreas em processo de sucessão primária ou secundária. A sua intensidade depende da proximidade de áreas com cobertura vegetal e da ação dos vetores de dispersão. Em áreas degradadas, a ação dos agentes bióticos fica comprometida, prevalecendo os agentes abióticos.

A ação do homem em promover a formação de núcleos capazes de intensificar a chuva de sementes permite um expressivo aumento na colonização de uma área degradada.

As semeaduras diretas ou hidrossemeaduras, tradicionalmente, utilizam coquetéis de gramíneas perenes exóticas e leguminosas que rapidamente fornecem cobertura ao solo. Por outro lado, ao se instalarem, permanecem na área através de processos regenerativos, evitando a nucleação e, conseqüentemente, impedindo a sucessão. Esses coquetéis são fontes comuns de contaminação biológica em Unidades de Conservação.

Estudos de auto-ecologia que sugerem espécies nativas promotoras da retomada de resiliência ambiental ainda são necessários. Algumas características ecológicas, entretanto, são desejadas nas espécies que impulsionam o início do processo de restauração: o crescimento rápido para a cobertura do solo e interrupção do processo erosivo; o desenvolvimento de sistemas radiculares profundos que promovem a percolação de água e de nutrientes e a aeração do solo, necessárias para o desenvolvimento de microorganismos; contribuição para o acúmulo de matéria orgânica e nutrientes no solo e imobilização de nutrientes na comunidade. Essas características favorecem o melhoramento das condições edáficas da área degradada, permitindo a instalação de espécies mais exigentes no local. Nesse sentido, cada espécie atua como elemento nucleador, propiciando o desenvolvimento não somente de espécies vegetais, como também de animais e microorganismos ao seu redor.

As gramíneas, diante de sua alta capacidade de colonização, de produção de matéria orgânica e de melhoria da qualidade do solo, são fundamentais nesse primeiro momento do processo de restauração. Dentro do princípio da nucleação, recomenda-se a utilização de gramíneas anuais, capazes de produzir palhada e propiciar o processo sucessional.

Existe, no entanto, dificuldade de obtenção de sementes de espécies nativas, o que muitas vezes resulta, por exemplo, na utilização de espécies exóticas com alta potencialidade invasora, geralmente as *Brachiaria* spp. (capim-braquiária), que apresentam

alelopatia e grande capacidade regenerativa, estagnando o processo sucessional no local em que são empregadas.

Sugere-se, então, que sejam selecionadas gramíneas anuais e que apresentem baixos níveis de alelopatia, pois, após contribuírem para a cobertura, descompactação do solo e acúmulo de matéria orgânica, cedem espaço, após a sua morte, a novas espécies, dando continuidade à sucessão ecológica. Na falta de gramíneas nativas, admite-se, quando, fora de Unidades de Conservação de Proteção Integral, o uso de gramíneas exóticas anuais. Para o inverno, a utilização de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) podem, no sul do Brasil, produzir uma efetiva proteção do solo com suas palhadas. Para o período de verão, o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) e o teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad.) podem ser opções enquanto não houver disponibilidade de sementes de gramíneas nativas anuais, mais adequadas para processos de restauração. Para promover a cobertura inicial do solo e a formação de um novo banco de sementes, é sugerida a utilização de semeadura com alta diversidade. Para isto, pode-se utilizar a semeadura direta ou a hidrossemeadura ecológica. Essa é uma técnica mecanizada, na qual uma mistura de sementes, água, fertilizantes e agentes cimentantes favorecem a aderência das sementes ao substrato na área a ser restaurada.

Recomenda-se, ainda, quebrar a dormência de apenas uma parte das sementes. Aquelas sem tratamento vão formar um banco de sementes, permitindo que ocorra germinação ao longo dos anos. A formação de um novo e efetivo banco de sementes atua, também, como agente nucleador de um banco mais diversificado (Austrália, 2001).

Poleiros artificiais

Aves e morcegos são os animais mais efetivos na dispersão de sementes, principalmente quando se trata de transporte entre fragmentos de vegetação. Propiciar ambientes para que esses animais possam pousar, constitui uma das formas mais eficientes de atrair sementes em áreas degradadas.

McDonnell & Stiles (1983) instalaram poleiros artificiais em campos abandonados e registraram que eles funcionavam como foco de recrutamento de vegetação devido ao incremento na deposição de sementes por aves nesses locais.

McClanahan & Wolfe (1993) verificaram que, em área altamente fragmentada, os poleiros para avifauna (árvores mortas erguidas) aceleraram a sucessão inicial, aumentando a diversidade de espécies e a quantidade de sementes em 150 vezes, principalmente de espécies pioneiras. Esses autores recomendam que os poleiros devem ser associados a outras técnicas de revegetação, como o plantio de espécies raras.

Guevara *et al.* (1986) descreveram que árvores remanescentes em pastagens funcionam como poleiros naturais para aves e morcegos frugívoros, que os utilizam para repouso (ao cruzarem de um fragmento florestal para outro), proteção, alimentação (poleiros frutíferos) ou residência. As árvores remanescentes tornaram-se núcleos de regeneração de alta diversidade na sucessão secundária inicial, decorrente da regurgitação, defecação ou derrubada de frutos e sementes pelas aves e morcegos. Os autores ainda concluíram que os poleiros constituíram um bom exemplo do processo de nucleação, descrito por Yarranton & Morrison (1974).

Nesse sentido, recomenda-se a implantação de poleiros artificiais para descanso e abrigo de aves e morcegos dispersores de sementes como técnica de nucleação para a restauração de grandes áreas abertas. A técnica resulta em núcleos de diversidade ao redor dos poleiros que, com o tempo, irradiam-se por toda a área degradada. Por ser uma técnica de

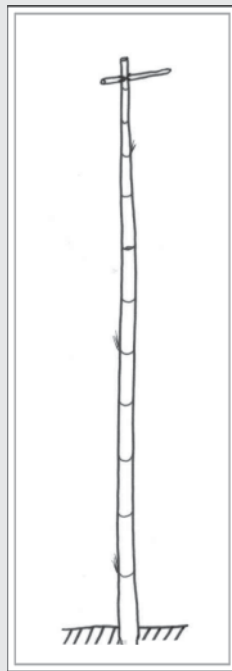


Figura 2: Os poleiros secos imitam ramos secos onde algumas aves preferem pousar para descansar e forragear suas presas. A estadia destas aves nos poleiros permite que novas sementes possam colonizar as áreas degradadas, formando núcleos de diversidade advinda dos fragmentos vizinhos.

baixo custo, pode-se, opcionalmente, maximizar sua função, propiciando um ambiente favorável para que as sementes depositadas sob os poleiros possam germinar e produzir plantas nucleadoras. Para isso, recomenda-se colocar sob os poleiros camada de alguma palhada capaz de manter a umidade do solo e alguma matéria orgânica que venha a nutrir as plântulas emergidas ao redor dos poleiros.

Propõem-se diversos tipos de poleiros artificiais, entre eles: poleiro seco, poleiro vivo, "torre de cipó" e poleiro de cabo aéreo.

O poleiro seco imita galhos secos de árvores para que as aves os utilizem principalmente como locais de observação para o forrageamento, principalmente de insetos. Pode ser feito de varas de bambu (nas quais são deixadas as ramificações laterais superiores) enterradas perpendicularmente ao solo (FIGURA 2). O poleiro vivo imita o aspecto de galhos de árvores com folhagem, sendo que as aves podem usá-lo para repouso, visualização de caça e também para alimentação. Pode ser feito da mesma forma que os poleiros secos, procedendo-se, na base, ao plantio de

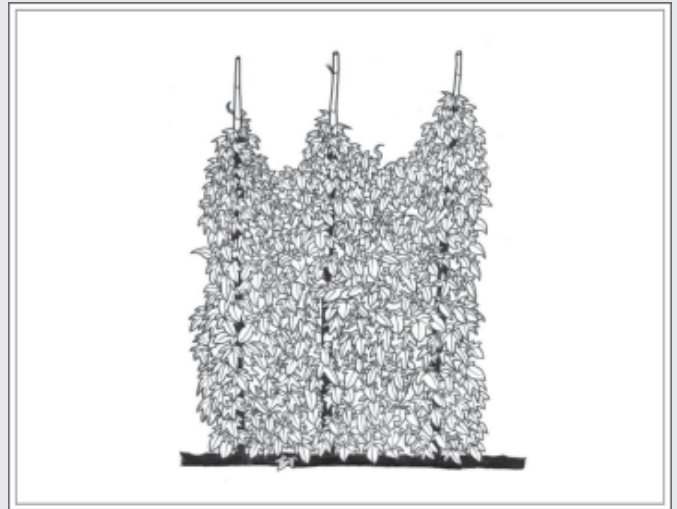


Figura 3: As torres de cipó oferecem abrigo para aves e morcegos e, por sua vez estes animais transportam sementes dos fragmentos vegetacionais vizinhos, formando núcleos de diversidade que num processo sucessional, atraem outras espécies animais e vegetais.

indivíduos de espécie lianosa de crescimento rápido, de preferência zoocórica ou que exerça outro tipo de nucleação, como as lianas associadas com bactérias fixadoras de nitrogênio.

A "torre de cipó" imita árvores dominadas por cipós em bordas de mata que têm o papel de abrigo para aves e, principalmente, morcegos, além de propiciar um microclima favorável no interior de sua estrutura para implantação de espécies esciófitas (FIGURA 3). A torre de cipó é uma técnica que possui inúmeras variações, podendo ser instalada de forma individual, em círculos ou lineares. Outra variação é a torre de cipó para quebra-ventos, que é constituída por faixas compridas e estreitas, perpendiculares à direção dos ventos dominantes e flanqueadas nos dois lados por poleiros vivos mais baixos (entrelaçados), dando a forma de "V" invertido para o desvio de correntes de

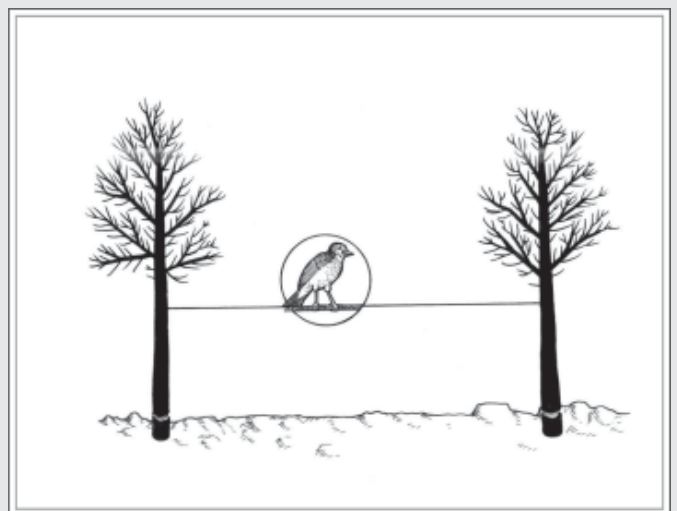


Figura 4: Cabos aéreos podem aumentar as superfícies dos poleiros artificiais, promovendo maiores probabilidades de chegada de propágulos e de nucleação em áreas degradadas.



Figura 5: Restos de vegetação quando enleirados podem oferecer excelentes abrigos para uma fauna diversificada e um ambiente propício para a germinação e desenvolvimento de sementes de espécies mais adaptadas aos ambientes sombreados e úmidos.

ar para cima.

As torres de cipó merecem mais estudos devido ao seu potencial diversificado no controle de microclima e no abrigo para morcegos.

Finalmente, o poleiro de cabo aéreo imita a fiação dos postes da rede elétrica, forma de poleiro já integrada à paisagem para muitos pássaros. Essa técnica pode ser utilizada de forma a ampliar a função dos poleiros secos, através da sua união com cordas ou qualquer outro material disponível (FIGURA 4).

Transposição de galharia

Em áreas destinadas à mineração ou ao represamento de hidrelétricas, onde grandes áreas de solo são removidas (áreas de empréstimo e bota-fora), a

principal causa da degradação ambiental está na total ausência de nutrientes no solo. Qualquer fonte de matéria orgânica disponível na região deve ser utilizada, principalmente aquelas com nutrientes imobilizados.

Exemplos comuns nessas áreas são os resíduos da exploração florestal. Evitando a queima, este material pode ser enleirado, formando núcleos de biodiversidade básicos para o processo sucessional secundário da área degradada.

As leiras de galharia no campo constituem, além de incorporação de matéria orgânica no solo e potencial de rebrotação e germinação, abrigos e microclima adequados para diversos animais, como roedores, cobras e avifauna, pois são locais para ninhos e alimentação. As leiras normalmente são ambientes propícios para o desenvolvimento de larvas de coleópteros decompositores da madeira, cupins e outros insetos (FIGURA 5).

Essa técnica foi utilizada com sucesso na restauração de áreas de empréstimo nas Hidrelétricas de Itá e Quebra-Queixo/SC, onde foi observado que a galharia recolhida da área do lago, além de seu efeito nucleador, contribuiu para um efetivo resgate da flora e da fauna. Aderidos à galharia, foram transportadas também sementes, raízes, alguns caules com capacidade de rebrota, pequenos roedores, répteis e anfíbios. Estas leiras colonizaram e irradiaram diversidade nas áreas de empréstimo (Reis, 2001).

Plantios de mudas em ilhas de alta diversidade

A implantação de mudas produzidas em viveiros florestais é uma forma de gerar núcleos capazes de atrair maior diversidade biológica para as áreas degradadas. O plantio de toda uma área degradada

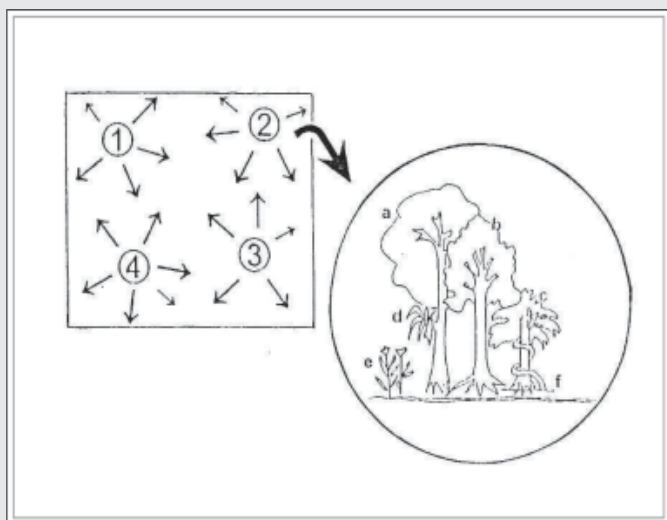


Figura 6: Centros de alta diversidade de espécies e de formas de vida com floração/frutificação durante todo o ano formam ambientes nucleadores de diversidade dentro de áreas degradadas.



Figura 7: Coletores de sementes dentro de comunidades de variados níveis de sucessão disponibilizam sementes de muitas espécies, de diversas formas de vida e de grande variabilidade genética durante todos os meses do ano.

com mudas geralmente é oneroso e tende a fixar a composição no processo sucessional por um longo período, promovendo apenas o crescimento dos indivíduos das espécies plantadas.

A produção de ilhas como defendido por Reis *et al.* (1999) e Kageyama & Gandara (2000) sugere a formação de pequenos núcleos onde são colocadas plantas de distintas formas de vida (ervas, arbustos, lianas e árvores), geralmente com precocidade para florir e frutificar de forma a atrair predadores,

polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos formados. Isso gera, rapidamente, condições de adaptação e reprodução de outros organismos, como as plantas nucleadoras registradas nos trabalhos que embasaram a teoria desta proposta de restauração. A efetividade do conjunto de núcleos criados através das ilhas de alta diversidade concretiza-se em sua máxima atividade quando o planejamento desses núcleos previr uma contínua produção de alimento durante todo o ano da forma mais diversificada possível. O planejamento inclui as variações fenológicas e as formas de vida como previstas na FIGURA 6.

Coleta de sementes com manutenção da variabilidade genética

Processos naturais de dispersão de sementes tendem a propiciar a manutenção da diversidade genética das populações colonizadoras, tornando a disseminação um processo aleatório e dificilmente privilegiando sementes de um ou poucos indivíduos no processo de colonização de uma área. A diversidade genética favorece a adaptação às mais variadas situações ambientais.

O processo de coleta de sementes, no entanto, nem sempre consegue manter a diversidade genética de populações, uma vez que, geralmente, poucos

Tabela 1: Relacionamento entre as técnicas nucleadoras de restauração e seus efeitos funcionais através de processos sucessionais secundários.

EFEITOS ECOLÓGICOS FUNCIONAIS	TÉCNICAS DE NUCLEAÇÃO				
	Plantio de mudas em ilhas	Semeadura direta / Hidrosseadura ecológica	Poleiros artificiais	Transposição de solo	Transposição de galharia
Recomposição do banco de sementes e plântulas		X	X	X	
Recomposição da micro e macro fauna/flora do solo				X	X
Reposição da matéria orgânica no solo	X			X	X
Recomposição da chuva de sementes		X	X		
Colonização da área por dispersores de sementes (aves e morcegos)	X		X		
Atração de polinizadores	X	X			
Contenção de processos erosivos	X	X			
Abafamento de processos de contaminação biológica	X	X			
Resgate de flora					

indivíduos são representados nos lotes de sementes coletados, fazendo com que os viveiros florestais produzam grande quantidade de mudas meio-irmãs, ou seja, provenientes de um mesmo indivíduo.

Vencovski (1987) discutiu a representatividade genética intrapopulacional e sugeriu que os lotes de sementes utilizados em viveiros fossem provenientes de, no mínimo, 12 a 13 indivíduos, no sentido de atender às variações ambientais do novo sítio e evitar que os novos cruzamentos, localizados na área implantada, fossem endogâmicos.

É desejável que o material genético a ser colocado nas áreas degradadas, dentro da visão nucleadora, tenha a maior heterozigiosidade possível, pois a sucessão da área dependerá do material genético produzido localmente nas gerações seguintes.

Um programa de coleta durante todo o ano e o mapeamento do maior número possível de matrizes de cada uma das espécies selecionadas aumentará a probabilidade efetiva das espécies e da sua função nucleadora.

Uma das formas de garantir o abastecimento de sementes durante todo o ano e de forma diversificada é a colocação de coletores de sementes permanentes dentro de comunidades vegetais estabilizadas, como sugeriram Reis *et al.* (1999). Esses coletores, distribuídos em comunidades vizinhas das áreas degradadas, em distintos níveis de sucessão primária e secundária, captam parte da chuva de sementes nesses ambientes, propiciando uma diversidade de formas de vida, de espécies e de variabilidade genética dentro de cada uma das espécies (**FIGURA 7**). O material captado nos coletores pode ir para canteiros de semeadura indireta (sementeiras) ou ser semeado diretamente no campo, onde formará pequenos núcleos com folhas e sementes dentro das áreas degradadas.

Considerações finais

A atividade de restauração, tendo como princípio básico a nucleação, tende a facilitar o processo sucessional natural, tornando-se mais efetiva quanto mais numerosos e diversificados forem esses núcleos.

A **TABELA 1** caracteriza os principais efeitos funcionais de cada uma das técnicas nucleadoras, denotando as principais atividades de cada uma delas. Cada uma tem as suas particularidades e, em conjunto, abrangem fatores básicos para a promoção da sucessão: aumento de energia e biodiversidade sobre o ambiente degradado.

A utilização de ações nucleadoras, capazes de proporcionar uma maior resiliência na sucessão secundária de áreas degradadas, representa um compromisso em reproduzir processos sucessionais primários e secundários naturais. Refazer ecossistemas de forma artificial representa um desafio no sentido de iniciar um processo de sucessão o mais semelhante possível com

os processos naturais, formando comunidades diversificadas biologicamente que tendam a uma estabilização o mais rapidamente possível com a mínima entrada artificial de taxas energéticas.

A escolha das técnicas para distintos ambientes, sejam elas unidades de conservação ou corredores entre elas, implica em primar sempre pela não introdução de plantas exóticas que possam contaminá-las.

A escolha de técnicas nucleadoras para uma determinada área deve buscar o maior número possível delas, pois nas ações nucleadoras se complementarão no sentido de rapidamente formar uma comunidade mais estabilizada. Quanto maior o número de ações nucleadoras, maiores serão as chances de aumento do ritmo sucessional.

A proposta de restauração através do princípio da nucleação tornar-se-á uma realidade quando houver, efetivamente, maiores esclarecimentos na legislação e no esforço em formar recursos humanos voltados a reproduzir a natureza em seus princípios sucessionais.

Referências

- Austrália. 2001. *Coastal dune management: a manual of coastal dune management and rehabilitation techniques*. Coastal Unit/DLWC: p. 86. NSW Department of Land and Water Conservation. Newcastle.
- Bechara, E. J. H.; Colepicolo-Neto, P.; Viviani, V. R.; Barros, M. P.; Costa, C. 1999. Colors and Biological Functions of Beetle Bioluminescence. *An. Acad. Bras. Ci.* 71(2): 169-174.
- Coutinho, H. L. C. 1999. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://cnps.embrapa.br/search/pesqs/tema2/tema2.html>. EMBRAPA Solos. Arquivo capturado em 24 de junho de 2002.
- Dawson, T. E. 1993. Hydraulic lift and water use by plants: implications for water balance, performance and plant-plant interactions. *Oecologia* 95: 565-574.
- Guevara, S., Purata, S. E.; Van Der Maarel, E. 1986. The role of remnant trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* 66: 77-84. Holanda.
- Guevara, S.; Laborde, J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107/108: 319-338.
- Horton, J. L.; Hart, S. C. 1998. Hydraulic lift a potentially important ecosystem process. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 232-235.
- Hurlbert, S. 1971. The nonconcept of species diversity: a critic and alternative parameters. *Ecology* 52 (4): 577-586.
- Kageyama, P. Y. 1987. Conservação "in situ" de recursos genéticos de plantas. *IPEF* 35: 7-37.
- Kageyama, P. Y.; Gandara, F. B. 2000. Recuperação de áreas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*.

- P. 261. Universidade de São Paulo / Fapesp. São Paulo
- McClanahan, T. R.; Wolfe, R. W. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology* 7 (2): 279-288.
- McDonnell, M. J.; Stiles, E. W. 1983. The structural complexity of the old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. *Oecologia* 56: 109-116.
- Miller, G. 1978. A method of establishing native vegetation on disturbed sites, consistent with the theory of nucleation. In: *Proceedings of the 3rd Annual Meeting, Canadian Land Reclamation Association*. Pp. 322-327. Laurentian University. Sudbury.
- Myers, N., Mittermeier, R. A. Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Odum, E. P. 1986. *Ecologia*. Ed. Guanabara. Rio de Janeiro. P. 263.
- Reis, A. 2001. Avaliação da recuperação de taludes e áreas de empréstimo na UHE Itá, através da sucessão e dispersão de sementes. Relatório final de pesquisa, FAPEU, Florianópolis, 42 P.
- Reis, A. 2001. *Avaliação da recuperação de taludes de área de empréstimo na Usina Hidrelétrica de Itá, através da sucessão e dispersão de sementes*. Relatório FAPEU-GERASUL (não-publicado). Florianópolis. 24 p.
- Reis, A., Zambonin, R. M.; Nakazono, E. M. 1999. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. *Série Cadernos da Biosfera 14*. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica / Governo do Estado de São Paulo. São Paulo. 42 p.
- Ricklefs, R. E. 1996. *A economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica*. 3. ed. Pp. 357-358. Guanabara/Koogan. Rio de Janeiro.
- Robinson, G. R.; Handel, S. N. 1993. Forest Restoration on a closed landfill rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology* 7:271-278.
- Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S. 2000. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. Pp. 241-243. Universidade de São Paulo / Fapesp. São Paulo.
- Scarano, F. R. 2000. *Marginal plants: functional ecology at the Atlantic Forest periphery*. Tópicos atuais em botânica: palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica. Pp. 176-182. EMBRAPA/Sociedade Botânica do Brasil. Brasília.
- Vencovski, R. 1987. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. *IPEF* 35: 79-84.
- Winterhalder, K. 1996 [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.udd.org/francais/forum1996/TexteWinterhalder.html>. The restoration of industrially disturbed landscape in the Sudbury, Ontario mining and smelting region. Arquivo capturado em 24 de junho de 2002.
- Whittaker, R. J.; Jones, S. H. 1994. The role of frugivorous bats and birds in the rebuilding of a tropical forest ecosystem, Krakatau, Indonesia. *Journal of Biogeography* 21: 245-258.
- Yarranton, G.A.; R.G. Morrison. 1974. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. *Journal of Ecology* 62(2): 417-428.
- Zimmermann, C. E. 2001. O uso da grandíúva, *Trema micrantha* Blume (Ulmaceae), na recuperação de áreas degradadas: o papel das aves que se alimentam de seus frutos. *Tangara* 1 (4): 177-182. Melopsittacus Publicações Científicas.