

Mudanças climáticas no contexto amazônico brasileiro: uma análise das técnicas nucleadoras de restauração ambiental

Melissa Ely Melo¹

Resumo

O presente artigo tem como enfoque central a verificação da forma pela qual a implementação das técnicas nucleadoras de restauração ambiental pode contribuir para a preservação da biodiversidade e minimização dos efeitos das mudanças climáticas, tendo em vista o dever constitucional de restauração dos processos ecológicos essenciais. Traz-se breve reflexão acerca do contributo brasileiro à mudança do clima, especialmente no que concerne ao tratamento dado pelo poder público aos problemas advindos dos desmatamentos e queimadas ocorridas no contexto do bioma amazônico. Em seguida, justifica-se a opção pela abordagem das técnicas nucleadoras de restauração ambiental, em detrimento das técnicas convencionais de recuperação de áreas degradadas. Por fim estuda-se cada uma das técnicas nucleadoras, apresentando-as como alternativas possíveis à recomposição das áreas de Floresta Amazônica já em situação de degradação.

Palavras-chave

Técnicas nucleadoras de restauração ambiental – Mudanças Climáticas

Sumário

Introdução – 1. O contributo brasileiro à mudança do clima – 2. Técnicas nucleadoras de restauração ambiental; 2.1 Transposição de solo; 2.2 Transposição da chuva de sementes, semeadura direta e hidrossemeadura ecológica; 2.3 Introdução de mudas e grupos adensados e plantio de populações-referência; 2.4 Construção de poleiros artificiais e trampolins ecológicos, criação de abrigos para a fauna e transposição de galharia – Considerações Finais.

Introdução

O presente artigo traz algumas reflexões acerca da problemática ambiental, em especial no que se refere às alternativas aos desmatamentos e às queimadas ocorridas dentro do contexto do bioma amazônico brasileiro.

Tais práticas vêm sendo evidenciadas como as principais causas da contribuição do Brasil à mudança do clima, uma vez que correspondem à grande parte de suas

¹ Graduada em Direito pela PUC-RS. Especialista em Biossegurança e Mestre em Direito pela UFSC. Membro do GPDA- UFSC/CNPq. Professora de Direito Ambiental e do Curso de Pós-graduação em Direito Ambiental da UNDB. Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Direito e Meio Ambiente da UNDB-MA.

emissões em termos de gás carbônico. Tal contribuição faz com que tenha alcançado uma posição entre os cinco países com maior emissão do referido gás.

Em contrapartida, o ordenamento jurídico brasileiro além de prever o dever de preservar os bens ambientais, também assegura o dever constitucional de restauração dos processos ecológicos essenciais. Assim, os estudos acerca das possibilidades ecológicas de reparação do dano ambiental vêm sendo desenvolvidos de maneira bastante significativa. No entanto, denota-se a ausência da definição de metodologia condizente com os parâmetros constitucionais.

Demonstrar-se-ão, desta forma, as técnicas nucleadoras de restauração ambiental como as mais adequadas à efetivação do dever constitucional de restauração dos processos ecológicos essenciais, previsto no art. 225, parágrafo 1º, inciso I da Constituição Federal de 1988. Além disso, serão apresentadas como uma opção para reverter a situação de degradação ambiental em que se encontram inúmeras áreas amazônicas, no intuito de que tais técnicas possam contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

1 O contributo brasileiro à mudança do clima

As mudanças climáticas têm sido apontadas como um dos maiores desafios do século XXI. Tanto os padrões de consumo quanto de produção “insustentáveis” provocaram o acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera, no decorrer de pelo menos 150 anos, principalmente com a queima de combustíveis fósseis, o que vem contribuindo para a mencionada mudança de clima.²

Embora ainda haja polêmicas em torno das causas do referido problema, os dados mais recentes emitidos pelos Grupos de Trabalho do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima apontam as atividades humanas como as maiores responsáveis.

A comunidade internacional escolheu por meio da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) um regime de combate e distribuição dos ônus que decorrerão das mitigações do problema em tela. É, por sua vez, o Protocolo de Quito à Convenção que traz as responsabilidades em torno das limitações/reduções de emissão para os países desenvolvidos (Anexo I da Convenção),

² Contribuição do Brasil para evitar a Mudança do Clima. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 16.fev.2010.

baseadas no princípio das responsabilidades comuns, embora diferenciadas, daqueles vinculados às causas da problemática.³

A Convenção estabelece obrigações diferenciadas para os países listados no Anexo I e àqueles não listados, no que concerne à mudança do clima, ainda que o objetivo seja o mesmo: buscar um desenvolvimento baseado em baixo consumo de carbono. Mesmo que o Brasil não esteja listado entre os países que possuem obrigações quantificadas de limitação ou redução de emissões, vem trazendo algumas contribuições para a mitigação da questão, tais como as iniciativas no combate ao desflorestamento.⁴

Nos países desenvolvidos as emissões de gás carbônico advindas da queima de combustíveis fósseis significam a maior parte das emissões de gases de efeito estufa. Diversamente no Brasil, cerca de 90% das emissões estão relacionadas à conversão de florestas para usos distintos, especialmente agropecuários.⁵

Em torno de 70% do território brasileiro é coberto pelos biomas Amazônia e Cerrado, também grandes responsáveis pelas emissões nacionais dos gases de efeito estufa. Dentre as médias brutas de emissões por ano de gás carbônico, relativas às Mudanças da Terra e Florestas no período compreendido entre 1988 e 1994 (902,28 Tg CO₂/ano) 62% foram referentes ao bioma amazônico.⁶

Por intermédio da implantação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia pelo governo federal brasileiro, nos anos de 2004 a 2007 houve um significativo avanço na redução das emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. Principalmente com a aplicação de instrumentos de comando e controle no sentido de coibir o desmatamento ilegal, muito embora seja considerada insuficiente para manter o uso legal da terra a longo prazo. A demanda por produtos agropecuários pelos mercados internos e externos segue trazendo drásticas conseqüências para a floresta.⁷

Nesse sentido, a segunda etapa do referido Plano vem sendo construída, no intuito de estruturar ações de curto prazo para reverter os dados sobre o desflorestamento. Um dos pilares de sustentação desta nova fase do Plano diz respeito

³ Contribuição do Brasil para evitar a Mudança do Clima. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 16.fev.2010.

⁴ *Idem.*

⁵ *Idem.*

⁶ *Idem.*

⁷ Contribuição do Brasil para evitar a Mudança do Clima. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 16.fevereiro.2010.

ao incentivo direto de atividades de reflorestamento e de exploração sustentável de florestas.⁸

È relevante mencionar que o Protocolo de Quioto prevê, dentre os mecanismos de flexibilização visando o cumprimento dos compromissos firmados na Convenção de Mudança do Clima, o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). Trata-se do único com possibilidade de ser utilizado por aqueles países que não integram o Anexo I da Convenção-Quadro, dentre eles o Brasil. Assim os países desenvolvidos podem financiar determinados projetos nos países em desenvolvimento a fim de cumprir suas respectivas obrigações.⁹

Não se pode olvidar, todavia, das críticas tecidas ao MDL, principalmente no que diz respeito à transformação do problema das emissões em um mercado de oportunidades. Demonstrando-se, assim, a apropriação de uma questão ambiental pela lógica econômica e deslocando o âmbito de tomada de decisões para a esfera privada.¹⁰

Inúmeras iniciativas internacionais ainda necessitam serem tomadas a fim de que as medidas de flexibilização deixem de ser apenas compensação e possam de fato significar a redução das emissões dos gases de efeito estufa.¹¹

O art. 6º do Protocolo de Quioto permite o uso de sumidouros¹² para que os países cumpram suas metas, por meio de plantio de vegetação, manejo florestal, reflorestamento. Apesar disso, de acordo com dados emitidos no ano de 2009, dos mais de cinco mil projetos de atividades do MDL no Brasil, apenas dois são de reflorestamento.¹³ Muito embora a maior contribuição do país para a mudança climática advinha dos desmatamentos e das queimadas, colocando-o entre os cinco países maiores emissores de gás carbônico.¹⁴

⁸ *Idem.*

⁹ Art. 12 do Protocolo de Quioto.

¹⁰ CAVEDON, Fernanda, et al. Mudanças climáticas como uma questão de justiça ambiental: contribuições do direito da sustentabilidade para uma justiça climática. In: BENJAMIN, Antônio Herman V. (coord.). **Anais do 12º Congresso Internacional de Direito Ambiental.** Mudanças climáticas, biodiversidade e uso sustentável de energia. São Paulo: Imprensa Oficial, 2008. Vol. 1, p. 748.

¹¹ CAPELLI, Sílvia. Reflexões sobre o papel do Ministério Público frente à mudança climática: considerações sobre a recuperação das áreas de preservação permanente e de reserva legal. In: **Revista de Direito Ambiental**, ano 14, out/dez, 2009, n. 56. São Paulo: RT, p. 280-312, p. 287.

¹² De acordo com o art. 1º, item 8 da Convenção-Quadro os sumidouros são qualquer processo, atividade ou mecanismo que remova um gás de efeito estufa, um aerossol ou um precursor de um gás de efeito estufa da atmosfera.

¹³ Status atual das atividades do MDL no Brasil e no mundo. Disponível em <www.mct.gov.br> Acesso em: 16.fev.2010.

¹⁴ CAPELLI, Sílvia, 2009.

Para Capelli a razão para a utilização incipiente do MDL em projetos de reflorestamento estaria relacionada à ausência do requisito essencial da adicionalidade na recuperação de áreas de preservação permanente e reservas legais. Isto por que a recuperação de tais áreas já se trata de obrigação legal, prevista no Código Florestal.¹⁵ Entende-se por adicionalidade a

Característica e iniciativa (projetos, ações, políticas públicas etc.) onde a redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE) ou a maior capacidade de remoção de CO₂ da atmosfera é adicional ao que ocorreria na ausência desta iniciativa. Trata-se de um dos principais critérios para a aprovação de projetos de MDL (mecanismos de desenvolvimento limpo), uma vez que comprova a eficácia do mecanismo proposto.¹⁶

Observada a adicionalidade, o MDL apresenta condições de ser um importante instrumento no sentido de possibilitar a aplicação de recursos para que projetos de restauração de áreas degradadas ocorram no Brasil, desde que não em APPs e reserva legal.¹⁷

Com relação à restauração de áreas degradadas, existe, conforme Aumond, a carência de “concepção metodológica integradora”, que depende de abordagem sistêmica, abrangendo as diferentes áreas da ciência. Esta nova concepção deve estar baseada na inter-relação e inter-dependência essencial dos elementos, fenômenos físicos, biológicos e químicos.¹⁸

Quando a área encontra-se degradada, o seu fluxo de matéria e energia, considerando-a como sistema aberto, é encarado de maneira negativa (o nível de retenção interna é baixo), agindo como fonte de perdas irreversíveis e empobrecimentos, traduzidos no aumento da degradação ambiental. Os ecossistemas preservados, ao contrário, possuem estrutura organizacional fechada, com populações de animais e vegetais estabelecidas em permanente estado de mudanças e com a cadeia

¹⁵Sobre o tema cf. LEAL, Francine Hackim. O mecanismo de desenvolvimento limpo como incentivo à recomposição de áreas de preservação permanente e reserva legal. **Revista Carbono Social**, vol. 2, n. 2. Palmas: Instituto Ecológico, abr.-jun. 2008, p. 38-43.

¹⁶Disponível em:<<http://www.mudancasclimaticas.adi.org.br/glossario>> Acesso em 16.fevereiro.2010.

¹⁷Sobre o tema cf. Congresso Nacional. Comissão Mista Especial sobre Mudanças Climáticas. Relatório Final, junho de 2008. Disponível em:<<http://www.senado.gov.br>>Acesso em:16.fev.2010.

¹⁸AUMOND, Juarês José. Teoria dos sistemas: uma nova abordagem para recuperação e restauração ambiental. II Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental – UNIVALI/ Itajaí, realizado de 05 a 08 de outubro de 2003. **Livro de resumos**. p. 43-49, p. 43.

alimentar cíclica, alimentada pelo fluxo externo de matéria e energia, como gás carbônico e energia solar.¹⁹

Em ecossistemas preservados, cada grupo de organismo exerce suas funções ecológicas. Por exemplo, as plantas captam energia solar e realizam a fotossíntese, os herbívoros se alimentam dos vegetais e os fungos fazem a reciclagem dos nutrientes. O exercício destas funções permite que o ecossistema se mantenha em funcionamento e em auto-produção, respeitando os limites da termodinâmica.²⁰

O processo de restauração ambiental, desta forma, só pode ser compreendido a partir da noção de circulação dos fluxos de matéria e energia que mantêm os seres vivos em estado de equilíbrio dinâmico, dentro de um sistema instável. Existe nestes sistemas processo de incorporação contínua de matéria e energia, que faz surgir da instabilidade nova estabilidade, isto é, da desordem vem nova ordem, do desequilíbrio vem novo estado de equilíbrio instável.²¹

As áreas degradadas, por seu turno, como sistemas abertos, têm suas estruturas e padrões de organização em estado de equilíbrio estável, faltando-lhes os básicos mecanismos de vida. Para a recuperação da vida, portanto, necessitam ter o desequilíbrio proporcionado, ativando os mecanismos ecológicos, as condições de instabilidade e o fluxo de matéria e energia.²²

Deve haver o fechamento organizacional e, ao mesmo tempo, a abertura para o fluxo de matéria e energia, para que a restauração atinja o estado ecologicamente ativo. Conforme Aumond, é preciso desorganizar a paisagem morta no sentido de organizar nova paisagem viva. E, embora os processos naturais não possam ser substituídos, podem ser estimulados na busca desse novo estado. As práticas de recuperação tradicional, entretanto, não têm considerado os mecanismos de causa e efeito, as interações entre meio biótico e abiótico e suas conseqüências.²³

Muitos dos projetos de recuperação de áreas degradadas, ademais, vêm sendo implementados com falhas, prejudiciais à conservação *in situ*. Dentre os problemas apresentados nesses projetos, podem ser apontados os seguintes: preocupação muito marcante com o uso de espécies arbóreas; emprego de espécies exóticas, que acarreta a contaminação biológica no local e potencial degradação; uso de tecnologias bastante

¹⁹ AUMOND, Juarês José, 2003, p. 44.

²⁰ *Idem*.

²¹ *Idem*. Sobre o tema, cf. PRIGOGINE, Ilya; GLANSDORFF, Paul. **Termodinamic theory of structure, stability and fluctuations**. New York: Wiley, 1971.

²² AUMOND, Juarês José, 2003, p. 45.

²³ AUMOND, Juarês José, 2003, p. 45.

custosas, que impossibilitam a introdução de projetos de restauração em pequeno porte, os quais poderiam ser responsáveis pela restauração de biodiversidade.²⁴

Neste tipo de recuperação, não há preocupação com os fundamentos básicos da ecologia, sendo unicamente relacionados com o plantio de mudas, em detrimento da regeneração natural. Desta forma, não existe a busca pela restituição da complexidade presente na biodiversidade, nem pela representatividade de diferentes populações.²⁵

Por meio da ponderação dos aspectos ecológicos básicos, desenvolveu-se a restauração ambiental conforme uma nova perspectiva, na busca pela “imitação” da natureza, nos seus mais reduzidos detalhes, ou seja o conjunto de técnicas é empregado em núcleos distribuídos pela área em restauração, procurando recompor o mosaico ambiental^{26, 27}. Estas técnicas foram denominadas por Reis et al. como “técnicas nucleadoras de restauração”²⁸.

Tendo em vista a importância da definição de uma metodologia adequada para a recuperação e restauração de áreas degradadas, existe atualmente no CONAMA o Subgrupo de Trabalho Metodologia de Restauração e Recuperação de APPs, que discute a possibilidade de fixação de determinados parâmetros para implementar tal tarefa.²⁹ Neste momento parte-se para a análise das técnicas nucleadoras de restauração de áreas degradadas com o intuito de que sejam empregadas como uma possibilidade de contribuição à minimização da mudança do clima.

²⁴REIS, Ademir et al. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. In: Fundação O Boticário de proteção à natureza. **Natureza e Conservação**. Curitiba. v. 1. nº 1. p. 1-116. Abril, 2003a. p. 28-36, p. 28.

²⁵BECHARA, Fernando Campanhã, **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras**: floresta estacional semidecidual, cerrado e restinga. 2006. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura - “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006, p. 14.

²⁶“Ambiente heterogêneo no espaço, composto por manchas de habitat de diferentes tamanhos, caracterizadas por diferentes espécies, estrutura de vegetação ou de substrato, assim como, por diferentes concentrações de recursos abióticos e bióticos”. (WATANABE. Shiguo (Coord.). **Glossário de Ecologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: ACIESP n. 103. 1997, p. 170-171.

²⁷BECHARA, Fernando Camanhã, 2006, p. 19.

²⁸REIS, Ademir et al. A nucleação como ferramenta para a restauração ambiental. Seminário Temático sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Realizado em São Paulo, nos dias 12 e 13 de setembro de 2003b. **Anais ...** Instituto de Botânica.

²⁹Sobre o tema cf. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/ctgt.cfm>>

2 Técnicas nucleadoras de restauração ambiental

A nucleação é definida por Yarranton e Morrison como forma de sucessão³⁰ na qual a introdução de uma “espécie pioneira”³¹, em determinada área anteriormente sem cobertura vegetal, acarreta transformações no meio ambiente, capazes de criar condições para que ali exista a primeira comunidade natural, isto é, facilitando o aparecimento de flora, fauna e microorganismos. Desta forma, estes autores, ao estabelecerem o conceito de nucleação, perceberam a capacidade de certas espécies em propiciar meio mais adequado ao surgimento de outras, que se beneficiam das modificações trazidas pelas primeiras.³²

Assim, a nucleação pode ser compreendida como a capacidade de determinadas espécies em promover melhora no meio ambiente, capaz de aumentar a probabilidade de este ser ocupado por demais espécies. Durante os processos de sucessão, com a implantação de espécies que vão compor a comunidade e, posteriormente, com a sua morte, ocorrem mudanças, as quais vão permitir a colonização por outras espécies mais exigentes.³³

A seguir apresenta-se a abordagem específica sobre as principais técnicas nucleadoras de restauração de áreas degradadas.

2.1 Transposição de solo

Para mencionar a relevância da técnica de transposição de solo é necessário falar, em primeiro, da importância do solo na conservação da biodiversidade. Conforme Coutinho, tanto a biodiversidade quanto a atividade biológica encontram-se

³⁰ Sucessão: “Substituição progressiva de uma ou mais espécies, população, comunidade, por outra, em determinada área ou em um biótopo; compreende todas as etapas desde a colonização ou estabelecimento das espécies pioneiras até o clímax. A sucessão pode ser também modificada por forças fisiográficas que destroem a vegetação ou que produzem uma sucessão mais rápida. A ação do homem pode alterar o processo de sucessão natural”. Sucessão Primária: “Tipo de sucessão ecológica iniciada em um local inteiramente desabitado e sem a influência de organismos que eventualmente o tenham habitado em época anterior”. Sucessão Secundária: “Tipo de sucessão ecológica iniciada em área habitada, após ocorrência de perturbação, e influenciada pelo tipo de comunidade previamente existente”. (WATANABE, 1997, p. 222).

³¹ “Aquela que inicia a ocupação de áreas desabitadas”. (WATANABE, 1997, p. 99).

³² REIS, Ademir, et al., 2003a, p. 28. Sobre o tema, cf. YARRANTON, G. A.; MORRISON, R. G. Spatial dynamics of primary succession: nucleation. **Journal of Ecology** 62 (2). p. 417-428, 1974.

³³ *Idem*.

estritamente relacionadas com as funções e características responsáveis pela manutenção da capacidade produtiva do solo³⁴. Desta forma, entende-se que o solo é “[...] 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)”³⁵.

Assim, os organismos que habitam o solo são também seus componentes. A presente técnica objetiva restaurar o solo que, muito embora seja de extrema relevância para os ecossistemas, pois é responsável pela sustentação da vegetação, não é muito considerado nos projetos de recuperação de áreas degradadas mais convencionais³⁶. Com os processos de degradação, o solo é exposto a intensas alterações em suas composições química, biológica e estrutural, e uma das principais conseqüências da degradação diz respeito à perda de matéria orgânica, que retarda o processo sucessional³⁷.

As algas, por sua vez, são consideradas as colonizadoras primárias do solo, pois possuem a capacidade de captar carbono e nitrogênio da atmosfera e, por meio da fotossíntese, fixar o último no solo. Com a existência de nitrogênio, os fungos e as bactérias são também capazes de se desenvolver e de captar nutrientes dos minerais presentes no solo (como o fósforo, o cálcio e o ferro). Uma vez com a presença destes minerais e da água, é possível a existência de plantas, cujos finais dos ciclos de vida (decomposição) originarão mais matéria orgânica, com retenção de nutrientes, que serão vagarosamente liberados, possibilitando o aparecimento de outros colonizadores.³⁸

Por sua vez, a técnica de transposição de solo consiste na transferência de uma camada superficial do solo de uma região próxima da área degradada, mas que tenha uma condição não-degradada, com sucessões mais avançadas. É feita a transferência de um metro quadrado de solo, com profundidade inferior a dez centímetros, que já é capaz de criar núcleos de espécies de diversas formas de vida, as quais irão se estabelecer na

³⁴COUTINHO, H. L. C. 1999. Disponível em: <<http://cnps.embrapa.br/search/pesqs/tema2/tema2.html>> EMBRAPA Solos. Acesso em: 20 fev. 2008.

³⁵REIS, Ademir et al. A nucleação como ferramenta para a restauração ambiental. Seminário Temático sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Realizado em São Paulo, nos dias 12 e 13 de setembro de 2003. **Anais ...** Instituto de Botânica, 2003b. p. 34

³⁶REIS, Ademir et al., 2003b p. 34.

³⁷REIS, Ademir et al. Técnicas para a restauração através da nucleação. In: REIS, Ademir (org.). **Novos Aspectos na Restauração de Áreas degradadas**. Apostila do Mini-curso de Restauração Ambiental em Áreas Degradadas, realizado em Florianópolis, nos dias 15 a 19 maio de 2006. PET Biologia: Universidade Federal de Santa Catarina. 2006. p. 40-54, p. 42.

³⁸ *Idem*. Cf. COUTINHO, H. L. C., 1999.

área a ser restaurada³⁹. Tal estabelecimento de espécies é possível, pois, ao resgatar o solo, são trazidos juntamente com ele a micro, a meso e a macro fauna presentes nele, ou seja, sementes, propágulos de espécies vegetais pioneiras, microorganismos, fungos, bactérias, algas, etc, representando possível recolonização da área, pois reestruturam e fertilizam o solo.⁴⁰

Quando o solo é transposto, forma-se o banco de sementes⁴¹ do local em restauração, sendo que algumas sementes irão germinar, enquanto outras, as quais permanecerão enterradas, vão compor o banco de sementes da referida área.⁴²

O banco de sementes é considerado um dos mais relevantes fatores na restauração de áreas degradadas, pois ele dá início ao processo sucessional. Assim, as primeiras plantas que brotam do banco de sementes impedem a erosão e o comprometimento dos nutrientes do solo, além de propiciarem o surgimento de outras espécies, que necessitem menos intensidade luminosa para brotar e sobreviver.⁴³

Segundo Reis e Tres, a função básica dessa técnica é referente à introdução de espécies que são capazes de formar um banco de sementes permanente e desenvolverem-se em grupo na natureza, assim criando núcleos de vegetação. Esta vegetação atrai fauna definida como consumidora, preparando o meio para os seres que apareceram posteriormente e cumprindo papel de facilitadoras (facilitadoras para o aparecimento de outras espécies). Ao longo do tempo, os núcleos desenvolvidos vão formando “aglomerados de vegetação densa”, os quais vão ser os abrigos pioneiros para a fauna, além de serem responsáveis pelo surgimento das primeiras sementes no local.⁴⁴

Neste sentido, esses núcleos de solo atuam como pequenos locais de habitat ou “trampolins ecológicos”, exercendo a função de ligar (conectar) áreas conservadas às

³⁹ Vieira, ao transpor dezesseis metros quadrados (16m²) de solo para uma área de restinga em processo de restauração, obteve como resultado o aparecimento de 472 plântulas, sendo de 58 espécies, divididas em 45% herbáceas, 22% arbóreas, 16% arbustivas e 5% lianas. (VIEIRA, Neide K. **O Papel do Banco de Sementes na Restauração de Restinga sob Talhão de *Pinus elliottii* Engelm.** 2004. Dissertação. (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

⁴⁰ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina. Nucleação: integração das comunidades naturais com a paisagem. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Coord.). **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas.** São Paulo: Fundação Cargill, 2007. p. 29-55, p. 37-38. Esta técnica também foi denominada de “plantação de blocos de solo” por Winterhalder, quando a técnica foi utilizada para restaurar uma paisagem industrial em Ontário, no Canadá. (WINTERHALDE, K., 1996).

⁴¹ “Conjunto de sementes dispersas dentro ou sobre o solo, em estado dormente, do qual plântulas podem ser recrutadas para a população”. WATANABE. Shigueo (Coord.), 1997, p. 22.

⁴² REIS, Ademir *et al.* 2003b, p. 34.

⁴³ *Idem*, p. 41.

⁴⁴ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina 2007, p. 38.

áreas a serem restauradas. Também os animais que ali aparecerem desempenharão o papel de conectores entre uma área e outra, já que irão proporcionar o fluxo gênico (pela dispersão), o que garantirá a modificação da paisagem ao longo do tempo. Desta forma, as áreas já restauradas vão, aos poucos, alterando a paisagem da região como um todo, pois a fauna e a flora que se estabelecerem no local em restauração realizarão trocas de material genético com os locais próximos.⁴⁵

Por conseguinte, a fauna é responsável por inúmeras funções no solo, dentre elas: predação⁴⁶; controle biológico⁴⁷; parasitismo⁴⁸, tanto de plantas como de animais; auxílio na decomposição da serapilheira⁴⁹, por meio de sua fragmentação, aumentando a sua superfície e acelerando a ação dos microorganismos; distribuição de matéria orgânica, nutrientes e microorganismos, transportando-os para camadas de solo mais profundas, etc...⁵⁰

É na troca de material genético, ainda, que se encontra uma das principais vantagens da técnica em análise. Para que haja efetivamente esta circulação, entretanto, é preciso cuidado na escolha das amostras de solo a serem coletadas, pois todos os fragmentos que rodeiam a área em restauração devem ser transpostos para a área em restauração. Esta escolha somente será bem feita se, durante a elaboração do diagnóstico da área a ser restaurada, for feito o levantamento de todos os fragmentos da paisagem a ser conectada à área objeto de restauração, de acordo com a sugestão de Tres^{51, 52}.

⁴⁵ *Idem*, p. 39.

⁴⁶“Relação alimentar entre organismos de espécies diferentes, benéfica para um deles (predador), à custa da morte e consumo de outro (presa)”. (WATANABE. Shiguo (Coord.), 1997, p. 192).

⁴⁷“Deslocamento da posição de equilíbrio da densidade média da população de uma espécie para um nível inferior através da atuação de seus inimigos naturais (predadores, parasitas e patógenos). (WATANABE. Shiguo (Coord.), 1997, p. 58).

⁴⁸“Interação na qual um hóspede, o parasita, mantém-se temporária ou permanentemente sobre ou no interior de outro ser vivo, o hospedeiro, e a este prejudica. Parasitismo ocorre tanto no reino vegetal como no animal”. (WATANABE. Shiguo (Coord.), 1997, p. 181).

⁴⁹“Camada sob cobertura vegetal, consistindo de folhas caídas, ramos, caules, cascas e frutos, depositados sobre o solo. Equivalente ao horizonte O dos solos minerais”. (WATANABE. Shiguo (Coord.), 1997, p. 217).

⁵⁰REIS, Ademir *et al.*, 2006, p. 42. Sobre o tema, cf.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002; ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: MILTON, A.T.; HUNGRIA, M. (ed.). **Biologia dos solos do Cerrado**. V. 74, 1997. p. 19-31; CASTRO, Cibele Cardoso de. A importância da fauna em projetos de restauração. In: FUNDAÇÃO CARGILL (coord.). 2007. p. 57-75.

⁵¹TRES, Deisy Regina. Ecologia da paisagem aplicada à restauração ecológica. In: REIS, Ademir (Org.). **Novos Aspectos na Restauração de Áreas Degradadas**. Apostila do Mini-curso de Restauração Ambiental em Áreas Degradadas, realizado em Florianópolis, nos dias 15 a 19 maio de 2006. PET Biologia: Universidade Federal de Santa Catarina. p. 3-9, 2006, p. 7.

⁵²REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 40.

Quando estão em voga grandes empreendimentos, ou seja, responsáveis por intensos impactos em vastas áreas, é necessário que a transposição de solo seja planejada e executada desde o início das atividades, para que haja a transposição concomitantemente ao processo de remoção do solo. Também, no caso de instalação de hidrelétricas, para as quais muitas áreas são inundadas, a camada superficial destas áreas pode ser removida e transposta em áreas vizinhas degradadas. Ou, ainda, em casos de desmatamento e no planejamento de abertura de estradas, a camada superficial de solo pode ser removida antes da retirada da vegetação. Esta transposição faz parte do plano de resgate da biota, capaz de garantir o resgate de micro, meso e macroorganismos componentes do solo.⁵³

Vieira sugere a transposição do solo em diferentes estações do ano⁵⁴. Bechara, por sua vez, indica a transposição de solo para dias úmidos, com objetivo de manter a fauna e a flora características de ambientes menos expostos ao sol. O autor também menciona a necessidade de descompactação da área onde o solo será transposto, antes deste processo. Por fim, é recomendada a adubação orgânica com a transposição.⁵⁵

Segundo Rodrigues e Gandolfi, essa técnica vem sendo empregada em áreas que foram utilizadas para a mineração, principalmente após o estabelecimento da incumbência de recuperar o meio ambiente degradado por aquele que explorar recursos minerais, pelo parágrafo 2º do art. 225 da Constituição Federal de 1988. Para os autores, a técnica em análise tem-se demonstrado eficiente na restauração ambiental, além de reduzir os custos com a produção de mudas; garantir diversidade genética e florística superior na restauração e a variedade de espécies locais, obtida com o banco de sementes do solo transposto.⁵⁶

Em casos de solos contaminados por metais pesados, a recuperação vem sendo feita por meio da substituição desses solos somadas ao tratamento com plantas (fitorremediação). Em experimentos foi possível detectar-se o desenvolvimento de espécies vegetais cujas sementes acompanharam o solo transposto para o local⁵⁷. Por

⁵³ REIS, Ademir et al., 2003b, p. 34.

⁵⁴ VIEIRA, Neide, K., 2004.

⁵⁵ BECHARA, Fernando Campanhã, 2006, p. 120.

⁵⁶ RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/ Fapesp, 2000. p. 241-243.

⁵⁷ Sobre o tema cf. AGUIAR, R.. Técnica recupera solos contaminados por metais pesados. **CH on-line**. 04, abr. 2002. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/cienciahoje/chdia/n569.html>> Acesso em: 11 fevereiro 2008.

fim, ressalta-se que na aplicação desta técnica de transposição de solo existe forte probabilidade de serem trazidas sementes de espécies de distintas formas de vida, (como herbáceas, arbustivas, arbóreas) e em diferentes estágios sucessionais⁵⁸.

2.2 *Transposição da chuva de sementes, semeadura direta e hidrossemeadura ecológica*

Faz-se necessário esclarecer que a “chuva de sementes” pode ser entendida como o conjunto de sementes que são dispersas em determinada área, durante certo período. Ela resulta do conjunto de fatores de dispersão que atuam em uma comunidade, ou seja, constitui-se dos propágulos recebidos por uma comunidade por meio de variadas formas de dispersão, as quais possibilitam a entrada de sementes que, por sua vez, irão colonizar áreas em processo de sucessão primária ou secundária.⁵⁹

Os estudos em dispersão de sementes demonstram que a chuva de sementes é resultante de distintas formas e comportamentos de dispersão nos ecossistemas e, cientes deste conhecimento, no processo de restauração de áreas degradadas, devem ser criados mecanismos para tentar reproduzir a chegada natural de sementes. Assim, pode ser eliminado um dos maiores adversários da regeneração natural, a inexistência ou insuficiência de propágulos originários de novos indivíduos em uma área degradada.⁶⁰

De acordo com a doutrina ecológica, os propágulos necessitam ser enviados pelas plantas-mãe, para locais mais distantes, evitando condições não-favoráveis⁶¹ a sua germinação nas proximidades desta última. Com a dispersão, portanto, aumenta-se a probabilidade de serem encontrados locais mais favoráveis à vida⁶². Alguns estudos, ademais, constataram que plantas frutíferas têm potencial atrativo maior para os

⁵⁸ REIS, Ademir et al., 2006, p. 43.

⁵⁹ BECHARA, Fernando Campanha. **Restauração ecológica de restingas contaminadas por pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC**. 2003. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

⁶⁰ ESPÍNDOLA, Marina Bazzo de. **O papel da chuva de sementes na restauração da restinga no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005, p. 34.

⁶¹ Como o ataque de inimigos naturais, a intensidade da competição natural e até para evitar o endocruzamento (cruzamento entre espécies de mesma matriz genética). Sobre o tema, cf. JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in Tropical Forests. **Amer. Nat.**, v. 104, 1970. p. 501-528.

⁶² Sobre o tema, cf. WILLSON, M. F.. The ecology of seed dispersal. In: FENNER, M. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CAB International, 1992. p. 61-85.

dispersores, que carregam sementes de variadas espécies e locais, o que leva à conclusão de que as áreas cobertas por plantas frutíferas devem propiciar uma chuva de sementes mais intensa e, também, mais diversificada em relação às áreas sem as mesmas.⁶³

Existe grande ligação entre a distância de fragmentos de vegetação e a quantidade e qualidade da chuva de sementes, mais especificamente, a distância é inversamente proporcional à riqueza e abundância de espécies. Considera-se que esta ligação influencia na formação do banco de sementes, já que a maioria das espécies florestais tem como dispersores os animais, que, em sua maioria, evitam clareiras, principalmente quando não encontram abrigos ou alimento.⁶⁴

Depois de compreendido que a restauração envolve um conjunto de ações que levam à reativação dos processos biológicos de sucessão, o entendimento da funcionalidade dos ecossistemas e, com estes, a chuva de semente adquire papel importante no sentido de demonstrar o grau de potencialidade da paisagem que envolve a área a ser restaurada⁶⁵. Por isso, a coleta da chuva de sementes de áreas próximas conservadas, mensalmente, durante o período de um ano, no mínimo, constitui-se na maneira de encontrar a variedade de espécies da região onde se encontra a área a ser restaurada⁶⁶.

Também com a coleta mensal da chuva de sementes de áreas vizinhas conservadas e a sua disposição em núcleos nas áreas em processo de restauração, eleva-se a frequência de circulação de animais no local, pois estará mais apto à existência da fauna. Ao ser feita a disposição mensal das sementes, além disso, é gerado alimento para o ano inteiro, permitindo a existência de diversidade de espécies de fauna para consumi-lo. Desta forma, é melhorada a qualidade de habitat disponível, garantindo a sobrevivência de algumas espécies consideradas “chaves” para que existam conexões entre as áreas em processo de restauração e o restante da região.⁶⁷

Diante da dificuldade de chegada de sementes em áreas degradadas, tanto por meio da chuva de sementes, quanto pelo banco de sementes, o solo fica sujeito à erosão, o que diminui ainda mais seus nutrientes e deteriora a sua estrutura, levando a uma

⁶³ ESPÍNDOLA, Marina Bazzo de, 2005, p. 35. Sobre o tema, cf. WUNDERLE JÚNIOR, J. M.. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forestry Ecology Management**, nº 99, 1997. p. 223-235.

⁶⁴ *Idem*, p. 36. Sobre o tema, cf. CUBINA, A.; AIDE, T. M.. The effect of distance from forest edge rain soil seed bank in a tropical pasture. **Biotropica** nº 33, 2001. p. 260-267.

⁶⁵ *Idem*, p. 36.

⁶⁶ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 43.

⁶⁷ *Idem*, p. 44.

degradação maior da área. Neste caso algumas medidas podem ser tomadas e, dentre elas, o fornecimento de sementes ao solo, no intuito de gerar novo banco de sementes e recobrir o solo com vegetação inicial.⁶⁸

Este fornecimento pode ser feito pela “semeadura direta”, técnica que consiste na introdução de sementes por meio de sua distribuição na superfície da área degradada, o que é imprescindível para o restabelecimento da resiliência⁶⁹ do meio ambiente em análise. Pode ser realizado manualmente com o lançamento direto de sementes ao solo ou mecanicamente, por meio de um lançador de sementes, processo utilizado em áreas maiores. Esta técnica vem sendo muito usada em países da África e na Austrália.⁷⁰

A “hidrossemeadura ecológica” consiste no processo mecanizado (por meio de lançador de sementes) daquela, em conjunto com água, fertilizantes e agentes cimentantes, que facilitam a aderência das sementes no mesmo.⁷¹

É indicada a utilização de sementes de espécies nativas características da região em que a área a ser restaurada se encontra. Além disso, outros cuidados devem ser tomados na escolha das espécies, tendo em vista que estas darão início ao processo de restauração do local. Deve-se optar, assim, por espécies cujo crescimento seja rápido, para, em caráter breve, recobrir o solo e interromper a erosão. Também é importante o uso de espécies cujos sistemas radiculares (de raízes) sejam profundos, promovendo o transporte de água e nutrientes e a entrada de ar no solo. Desta forma, espécies mais exigentes quanto à qualidade do solo poderão se desenvolver na área.⁷²

No entanto existem dificuldades práticas na obtenção de sementes nativas, o que, muitas vezes, impulsiona os executores de projetos de recuperação ambiental a utilizar sementes de espécies exóticas com grandes potenciais invasores, levando à estagnação da restauração do local. Uma das sugestões de Reis et al. para a superação do problema é a seleção de gramíneas com ciclos de vida anuais. Desta maneira, elas contribuirão para a primeira cobertura vegetal do solo, descompactando-o, acumulando

⁶⁸ REIS, Ademir et al., 2006, p. 44.

⁶⁹ “A capacidade de um sistema suportar perturbações ambientais, mantendo sua estrutura e padrão geral de comportamento, enquanto sua condição de equilíbrio após modificações consideráveis. A resiliência é avaliada pelo tempo necessário para os sistema retornar à condição inicial. Quanto maior esse tempo, menor a resiliência”. (FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Aurélio – Século XXI: o dicionário eletrônico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2000).

⁷⁰ *Idem*.

⁷¹ REIS, Ademir et al., 2006, p. 45.

⁷² *Idem*, p. 44.

matéria orgânica e, ao final, possibilitando a existência de outras espécies, na continuidade do processo de sucessão ecológica.⁷³

Distinta sugestão para suprir a dificuldade com as sementes nativas é a transposição de chuva de sementes, técnica já descrita. Por meio dela pode ser garantida alta biodiversidade e a abundância de sementes durante todo o ano, mantendo os dispersores na área em restauração.⁷⁴

2.3 Introdução de mudas e grupos adensados e plantio de populações-referência

O emprego do plantio de mudas é bastante utilizado nas técnicas de recuperação mais tradicionais, embora a distribuição destas mudas ao longo de toda a área degradada torne o processo custoso e leve à fixação do processo sucessional por tempo excessivo, trazendo unicamente o desenvolvimento dos indivíduos plantados.⁷⁵

O processo de restauração por nucleação, por sua vez, também pode ser ampliado com o plantio de mudas. Todavia, é preciso haver processo criterioso de seleção das espécies, para que sejam formados pequenos núcleos de espécies, mas com forte poder de nucleação, ou seja, espécies com potencial de interações com outras espécies, a médio e longo prazo, cabendo às outras técnicas propiciar as espécies mais pioneiras^{76, 77}.

O plantio dessas mudas traz a formação dos denominados “grupos de Anderson⁷⁸”, consistentes em três, cinco ou treze mudas plantadas em distância de meio metro, de forma homo ou heterogênea e, em número máximo de trezentas mudas por hectare. Essas mudas devem receber, por um período, cuidados, como capina, adubação e irrigação, até comporem núcleos que proporcionem sombra e, consecutivamente, condições para o aparecimento de outras espécies, por sua vez, características de locais sombreados.⁷⁹

Como garantia de que as espécies escolhidas vão de fato exercer o papel de núcleos com bastante variabilidade genética, é preciso ter conhecimento do seu sistema

⁷³ *Idem*, p. 45.

⁷⁴ *Idem*.

⁷⁵ REIS, Ademir et al., 2006, p. 51.

⁷⁶ “Aquele que inicia a ocupação de áreas desabitadas”. (WATANABE. Shiguelo (Coord.), 1997, p. 99).

⁷⁷ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 44.

⁷⁸ ANDERSON, M. L.. Plantación em grupos espaciados. *Unasyuva*, nº 7 (2), 1953. p 61-70.

⁷⁹ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 44.

reprodutivo e, assim, determinando como ocorrerá a variabilidade genética, territorial e temporalmente.⁸⁰

Os núcleos devem ser formados com alguns exemplares da mesma espécie (para garantir a viabilidade), mas incluindo distintas formas de vida, como ervas, arbustos, lianas e árvores. Aquelas espécies, que em curto período, florescem e frutificam atrairão predadores, polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos. Ou seja, visto de maneira global, este desenvolvimento traz condições para a vida de outros organismos na área. Este fenômeno torna-se ainda mais evidente se na escolha de espécies houver a preocupação com a produção de alimentos durante o ano inteiro.⁸¹

Por meio dessa técnica, podem ser produzidas sementes e mudas que representem todas as formas de vida, restituindo todos os nichos ecológicos dispostos em ilhas com alta diversidade. Ao longo do tempo, as ilhas irradiam distintas espécies e formas de vida para o restante da área. E, levando em conta, que a origem destas espécies é de áreas conservadas, não há necessidade de identificação das mesmas, o que torna mais rápido o processo de implantação.⁸²

Reis e Wiesbauer, quanto ao material genético a ser inserido, sugerem que as espécies raras, com ameaça de extinção e, também, as com boas probabilidades de acarretar interações com outras espécies devem ser escolhidas como produtoras de pomares de sementes para, mais tarde, as respectivas mudas serem introduzidas na região.⁸³

No mesmo sentido, o plantio de populações-referência, ou seja, o plantio de quantidade de plantas suficientes para representar uma determinada espécie, com o objetivo de formar “população mínima viável”, a qual tenha capacidade de garantir a variabilidade genética, minimizando o endocruzamento⁸⁴ com o decorrer do tempo e, desta forma, conservando o “potencial evolutivo” das espécies.

Com o desenvolvimento desta população, a tendência é de que, aos poucos, se estabeleça a conexão com áreas vizinhas, por causa dos cruzamentos que ocorrerão. Segundo Reis e Tres, esses “núcleos produtores” devem ser plantados na proximidade

⁸⁰ *Idem*, p. 45-46.

⁸¹ REIS, Ademir et al., 2006, p. 51.

⁸² BECHARA, Fernando Campanhã, 2006, p. 168.

⁸³ REIS, Ademir; WIESBAUER, M. B. O uso de sementes na restauração ambiental. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. (Eds.). **Pomares de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: Fupef, 2006. p. 83-92.

⁸⁴ “Cruzamento ou acasalamento de indivíduos mais próximos geneticamente do que é esperado ao acaso”. (WATANABE. Shigueo (Coord.), 1997, p. 91).

dos grandes fragmentos de vegetação, evitando o decréscimo da variabilidade genética, que ocorreria se houvesse isolamento. Os autores, inclusive, sugerem que as “populações-referência” podem ser inseridas em áreas agrícolas com o objetivo de aumentar a permeabilidade⁸⁵ da matriz⁸⁶ e possibilitar a conexão entre os fragmentos de habitat.⁸⁷

Existe, em verdade, a necessidade de planejamento conjunto entre as áreas com fragmentos de vegetação e as áreas produtoras de sementes, buscando o aumento da integridade entre as inúmeras unidades da paisagem, ou seja, procurando restabelecer a conexão entre essas áreas, para que, com o passar do tempo, não se tornem fragmentos isolados fardados ao desaparecimento. Além disso, em termos de médio e longo prazo, essas áreas serão capazes de fornecer sementes de qualidade, para serem usadas em outras áreas degradadas em processo de restauração. Para os referidos autores, elas poderão ser vislumbradas como verdadeiros “pomares abertos de semente”, aptos a garantir o fluxo gênico das populações que futuramente serão inseridas em outros projetos de restauração na mesma região.⁸⁸

2.4 Construção de poleiros artificiais e de trampolins ecológicos, criação de abrigos para a fauna e transposição de galharia

A chegada de propágulos à determinada área degradada é fator fundamental para a recomposição da mesma, conforme foi visto na abordagem sobre a chuva de sementes. Tanto aves quanto morcegos são considerados os animais mais eficientes na dispersão de sementes, ainda que os morcegos (por defecarem durante o vôo em áreas abertas) desempenhem papel restaurador mais relevante ao nível de paisagem⁸⁹. Por

⁸⁵ “Resistência das unidades da matriz aos fluxos biológicos”. (TRES, Deisy Regina, 2006, p. 5). “Medida da livre entrada de novos membros para uma comunidade ou sociedade”. (WATANABE, Shiguo (Coord.), 1997, p. 184).

⁸⁶ “Unidade da paisagem que controla a dinâmica a paisagem. Em geral essa unidade pode ser reconhecida por recobrir a maior parte da paisagem (isto é, sendo a unidade dominante em termos de recobrimento espacial), ou por ter um maior grau de conexão de sua área (isto é um menor grau de fragmentação). Numa segunda definição, particularmente usada em estudos de fragmentação, a matriz é entendida como o conjunto de unidades de não-habitat para uma determinada comunidade ou espécie estudada”. (METZGER, Jean Paul. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y.; et al. (Org.e Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. São Paulo: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p. 49-76, p. 8).

⁸⁷ REIS; Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 46-47. Em conformidade com o Código Florestal brasileiro, Lei nº 4.771 de 1965.

⁸⁸ *Idem*, p. 47.

⁸⁹ BECHARA, Fernando Campanhã, 2006, p. 107.

isso, no intuito de possibilitar a chegada dessas à área degradada e, assim, influenciar na aceleração do processo sucessional, a atração dos mencionados animais é indispensável na restauração.⁹⁰

As árvores remanescentes em áreas de agricultura e pecuária são muito utilizadas por aves e morcegos por distintos motivos: repouso ao longo dos vôos entre as áreas de vegetação; fixação de residência; alimentação ou local para eliminar seus resíduos. Como conseqüência, ao redor destas áreas formam-se núcleos de regeneração com intensa diversidade, por causa da chuva de semente proporcionada por esses animais.⁹¹

Diante dessas constatações, sugere-se a implantação de poleiros artificiais, ou seja, a criação de locais para facilitar o pouso de aves e morcegos, no sentido de intensificar a chuva de sementes nas áreas em restauração. Por meio da chuva também será formado o banco de sementes da área. Lembra-se ainda que a escolha das técnicas de restauração deve ser feita tendo cuidado com a manutenção de dispersores no local, dependente do oferecimento de locais para o repouso e de alimento para os mesmos, função desempenhada pelos poleiros.⁹²

Com a presença desses animais nos poleiros, haverá a concentração de sementes no local, atraindo consumidores para essas áreas⁹³. De acordo com os experimentos já realizados, há eficiência maior da técnica durante as primeiras fases dos processos de restauração, já que, à medida que a área vai sendo restaurada, naturalmente vão criando-se poleiros no local. Entretanto, acredita-se que o papel fundamental desempenhado pelos poleiros é o de “trampolim ecológico”, pois eles formam corredores imaginários entre a área em restauração e os fragmentos próximos. Mas os estudos demonstram que não deve haver concentração superior a quatro poleiros por hectare.⁹⁴

Os poleiros artificiais podem ser divididos em dois tipos: os secos e os vivos, cada qual com finalidades diferentes. Os poleiros secos são estruturas que se parecem com galhos secos de plantas e objetivam atuar como locais de repouso, busca de alimento e caça para as aves.⁹⁵

⁹⁰ REIS, Ademir et al., 2006, p. 45-46.

⁹¹ *Idem*, p. 46.

⁹² *Idem*.

⁹³ Sobre o tema, cf. a “teoria de saciação do predador” (JANZEN, D. H., 1970).

⁹⁴ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 40.

⁹⁵ *Idem*, p. 42. Esta técnica vem sendo cada vez mais empregada e, com sucesso, como pode ser conferido em: ESPÍNDOLA, Marina Bazzo, 2005; BECHARA, Fernando Campanhã,

Podem ser elaborados com diferentes tipos de materiais, como madeira e bambu. Desde que apresentem ramificações (para o pouso das aves); tenham altura suficiente para serem utilizados como local de caça e estejam espalhados pela área. Evidencia-se o uso desse artifício de restauração em projetos do *Sustainable Agriculture Research and Education Program* da Universidade do Estado da Califórnia, nos Estados Unidos, no controle de pragas em lavouras, servindo como poleiros para corujas e falcões.⁹⁶

Nas áreas de plantação de espécies arbóreas invasoras, como o caso do *Pinus sp.* se indica a possibilidade de “anelamento” de algumas árvores, isto é, o desbaste das camadas superficiais do tronco na parte inferior da árvore, causando a sua morte, mas sem a sua derrubada, para que possa servir de poleiro seco. Demais espécies invasoras também podem ter a mesma serventia, todavia, ressalta-se a necessidade de promoção de sua morte para interromper a invasão.⁹⁷

Conforme Bechara, o procedimento de anelamento das árvores exóticas deve estar prevista nos planos de manejo, a serem implantados nas unidades de conservação. O autor sugere, também, a imposição legal da técnica de anelamento de espécies exóticas para atuarem como poleiros artificiais em áreas de silvicultura.⁹⁸

Outra variação é a instalação de cabos aéreos, conectando os poleiros no intuito de aumentar a área de pouso das aves e, também, auxiliar na sustentação dos mesmos, o que se revela bastante dificultoso, haja vista a presença do vento. Indica-se, ademais, o uso de cordas de variados materiais e diâmetros, almejando atrair a maior quantidade de espécies de aves.⁹⁹

Os poleiros vivos, por sua vez, desempenham a função de imitar árvores vivas em diversas formas, atraindo animais com diferentes hábitos. Os morcegos, por exemplo, utilizam-se dos poleiros para fazer seus rituais de alimentação dos frutos de árvores próximas. Quando os próprios poleiros são capazes de fornecer frutos, algumas aves frugívoras (que se alimentam de fruta) também fazem uso dos mesmos.¹⁰⁰

2006; TRES, Deisy Regina. **Restauração ecológica de uma mata ciliar em uma fazenda produtora de *Pinus taeda* L. no norte do Estado de Santa Catarina**. 2006. Dissertação. (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

⁹⁶ REIS, Ademir et al., 2006, p. 46. Sobre o tema, cf. INGELS, C.. Birds of prey assist farmers. **Sustainable Agriculture** 1 (5), 1992. Disponível em: <<http://www.sarep.ucdavis.edu/NEWSLTR/v5n1/sa-6.html>> Acesso em: 15 fev. 2008.

⁹⁷ REIS, Ademir et al., 2006, p. 46. Sobre o tema, cf. Bechara, Fernando Campanhã, 2003.

⁹⁸ BECHARA, Fernando Campanhã, 2006, p. 222.

⁹⁹ *Idem*, p. 172.

¹⁰⁰ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 42.

De acordo com o grupo de animais que se intenta atrair, deverá ser a forma do poleiro. Assim, o poleiro pode ser elaborado com o plantio de espécie lianosa (trepadeira), que possui crescimento rápido, na base do poleiro seco. Com o desenvolvimento do poleiro vivo, será criado ambiente atrativo para morcegos e aves, o que pode ser incrementado com o emprego de espécie lianosa frutífera, atuando na área como “bagueira”¹⁰¹.¹⁰²

O incremento dos poleiros vivos pode, ainda, ser feito pela introdução de diferentes espécies de bromélias, por meio do resgate dessas de árvores caídas. Esta introdução poderá aumentar a capacidade de nucleação dos poleiros, pois elas atrairão flora e fauna que se desenvolvem nos seus reservatórios de água.¹⁰³

Os poleiros vivos também podem desempenhar função distinta da atração de dispersores, quando são inseridos lado a lado, formando “torre de cipós”, auxiliam na formação de barreira para conter o vento, que, em áreas desabitadas, pode ser intenso, dificultando a presença de plantas e animais. Ao atuarem como barreiras, propiciam abrigo para morcegos e criam um micro-clima dentro da área degradada.¹⁰⁴

Considera-se que diferentes formas de poleiros podem ser desenvolvidas com a observação dos fenômenos naturais e comportamento dos dispersores no meio ambiente¹⁰⁵. Seus efeitos podem ser percebidos não apenas ao nível local, mas na paisagem, diante da grande circulação das aves entre os poleiros, a qual auxilia na dispersão de propágulos¹⁰⁶.

Para que haja restauração ambiental em uma determinada área, é necessária, também, a existência de abrigos para a fauna, pois, em locais abertos, os animais ficam à mercê de seus predadores, acarretando a quase inexistência desses em áreas degradadas. Neste sentido, a base da técnica de criação de abrigos para a fauna volta-se para o amontoamento de galharia, isto é, galhos, tocos de madeira e resíduos florestais em geral e pedras, distribuídos em núcleos dentro da área em restauração. Com a formação desses núcleos, cria-se micro-clima adequado ao refúgio de animais, além de servir como poleiros para predadores.¹⁰⁷

¹⁰¹ “Espécies que podem ser usadas para promover encontros interespecíficos (entre outras espécies) em áreas degradadas, assim desempenhando a função de nucleadoras”. (REIS, Ademir et al., 1999).

¹⁰² REIS, Ademir *et al.*, 2006, p. 49; BECHARA, Fernando Campanhã, 2006, p. 107.

¹⁰³ REIS, Ademir *et al.*, 2006, p. 49.

¹⁰⁴ *Idem.*

¹⁰⁵ *Idem.*

¹⁰⁶ BECHARA, Fernando Campanhã, 2006, p. 117.

¹⁰⁷ REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 42.

Com a presença de fauna, também poderão encontrar-se sementes nesses locais, trazidos com os primeiros. Com a dispersão das sementes, ademais, existirá diversidade genética no local. De acordo com os experimentos da técnica, a curto e médio prazo, haverá conexões entre essas áreas de abrigo e outros fragmentos de vegetação, já que novas populações são criadas. Por fim, alguns dos elementos utilizados para compor o abrigo, como a galharia, irão decompor-se, fertilizando o solo e propiciando a germinação de sementes e, posteriormente, a sobrevivência da flora mais característica de locais úmidos e com sombra.¹⁰⁸

A galharia usada para transposição pode ser retirada de áreas destinadas à mineração, alagamento para hidrelétricas ou exploração florestal. O emprego desta técnica com material advindo das Hidrelétricas de Itá e Quebra-queixo, no Estado de Santa Catarina, obteve sucesso na restauração ambiental. Neste caso, a galharia trazida apresentou efeito nucleador e, ainda, resgatou flora e fauna. Foram trazidos, juntamente com a galharia: sementes, raízes, caules com capacidade de rebrotar e animais, como pequenos roedores, répteis e anfíbios. O resultado foi a colonização e o surgimento de biodiversidade na área em restauração.¹⁰⁹

A técnica também se demonstra eficaz com barreira ao tráfego do gado nas áreas em restauração, em detrimento das cercas de arame farpado, usadas com mais frequência. A disposição da galharia não impede a passagem de animais nativos de porte mais significativo que não poderiam adentrar a área no caso da existência de cerca. Para Bechara, evitar a entrada do gado é ação mais importante do que qualquer “[...] plantio, intervenção ou manejo”^{110 111}.

Por sua vez, os trampolins ecológicos, são pontos de habitat espalhados na paisagem, dizem respeito à possibilidade de intervenção na matriz, no intuito de aumentar lentamente a sua permeabilidade, para os fluxos biológicos. Nas áreas agrícolas e de plantios florestais, em que a matriz produtora é extensa, o fluxo gênico é impedido de ser efetivo. Estabelece-se, então, o desafio de criar “pequenos ambientes nucleadores”. Neste sentido, são inseridos continuamente com as filas de plantio, no caso dos plantios florestais, núcleos com em torno de dezesseis mudas de árvores que cumpram o papel de “facilitadoras”, com ocorrência de um núcleo por hectare. Embora, para o produtor, haja diminuição na produção, a recompensa é a grande função na

¹⁰⁸ *Idem.*

¹⁰⁹ REIS, Ademir et al., 2006, p. 50.

¹¹⁰ BECHARA, Fernando Campanhã, 2006, p. 152.

¹¹¹ *Idem.*

preservação da biodiversidade e na recomposição da paisagem, o que pode auxiliar na certificação do seu produto.¹¹²

Com a presença dos trampolins ecológicos, os animais encontram pequenos abrigos, onde podem repousar, alimentar-se e reproduzir-se. Neste caso, mesmo áreas de produção, como agricultura e silvicultura, são capazes de servir de habitat secundário para esses animais. A introdução de trampolins ecológicos ao longo da área de produção ou em abandono cria, ao longo do tempo, fluxos biológicos, pois tendem a diminuir a área de dispersão das espécies, o que auxilia na conectividade entre as unidades da paisagem. Os trampolins atuam como pontos de ligação entre os fragmentos remanescentes.¹¹³

Por todo exposto pôde-se perceber que existem muitas possibilidades de se recompor ambientes, fazendo com que estes retornem a *status* bastante semelhante ao que existia antes da degradação. Assim, as técnicas nucleadoras de nucleação apresentam-se não só condizentes com o dever constitucional de restauração dos processos ecológicos essenciais, como também passíveis de serem utilizadas em projetos com intuito de conter o efeito das mudanças climáticas.

Considerações finais

Evidenciou-se que, apesar das iniciativas do poder público no sentido de conter o processo de devastação da Floresta Amazônica, os desmatamentos e queimadas ocorridas nesse bioma são os principais responsáveis pela grande contribuição brasileira à mudança do clima.

Neste sentido apontou-se a restauração de áreas amazônicas degradadas como uma possibilidade de efetivação do dever constitucional de restauração dos processos ecológicos essenciais e, ao mesmo tempo, uma possibilidade de mitigação das mudanças climáticas.

No entanto, denotou-se que existe a ausência de fixação de parâmetros legais para a metodologia a ser empregada na restauração de áreas degradadas, por isso buscou-se demonstrar a capacidade das técnicas nucleadoras em restaurar os processos essenciais, em conformidade com o artigo 225, parágrafo 1º, inciso I da Constituição Federal de 1988.

¹¹² REIS, Ademir; TRES, Deisy Regina, 2007, p. 47.

¹¹³ *Idem*, p. 48.

Constatou-se que as técnicas nucleadoras de restauração possuem, cada qual, distintos efeitos funcionais, de acordo com os experimentos já realizados e referenciados neste artigo. Apresentam, ademais, características próprias, que, quando aplicadas de maneira conjunta são capazes de contemplar muitos fatores ecológicos básicos, promovendo processos sucessionais, o que contribui para incrementar a energia e a biodiversidade na área degradada.

Assegurou-se que, quanto maior for a diversidade das técnicas aplicadas e de criação de núcleos, mais elas se tornam efetivas. Ao serem implementadas ao mesmo tempo, as distintas técnicas geram tipos diferentes de alimentos e abrigo, possibilitando a presença de vários grupos biológicos e suas respectivas reproduções. Os núcleos criados tendem a espalhar diversidade pela área em restauração, tornando possível a conexão entre todos os níveis das cadeias alimentares, intensificando a resiliência ambiental. É fundamental, entretanto, que as áreas objeto das técnicas nucleadoras de restauração recebam monitoramento anual ou, preferencialmente, bianual, com a finalidade de que sejam tomadas medidas necessárias para a sua eficácia.

Neste sentido, sugere-se que a implementação da restauração ambiental, pelas técnicas nucleadoras, pode ser tomada como mecanismo adequado para a implantação de projetos de restauração em áreas degradadas da Floresta Amazônica, com intuito de manter a funcionalidade desse bioma, além de tentar-se minimizar os efeitos das mudanças climáticas.