

CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS FLORESTAIS

Eduardo LLERAS¹

RESUMO

Os principais aspectos da conservação dos recursos genéticos florestais são abordados. Para conservação *in situ*, é esboçado um modelo das ações principais necessárias para dimensionar as áreas de conservação, o tamanho mínimo aceitável das populações e definir as estratégias de manejo. Descrevem-se a prospecção, o levantamento e a seleção de áreas, bem como a pesquisa sobre biologia de populações. Assinala-se a diferença entre biodiversidade e variabilidade genética, bem como a importância dos sistemas reprodutivos no manejo. São descritos os diversos métodos de conservação *ex situ*: por semente, *in vivo* (em bancos de germoplasma), *in vitro* e através da criopreservação, discutindo-se os méritos relativos de cada um.

Palavras-chave: Conservação *in situ* e *ex situ*, variabilidade genética, populações, reservas genéticas, florestas, recursos genéticos.

ABSTRACT

The main aspects of the conservation of forest genetic resources are reviewed. For *in situ* conservation, a model with the pertinent steps for the adequate dimensioning of a conservation areas, minimum acceptable population sizes and the definition of management strategies is presented. Short description of some of the more important activities, such as prospection, survey and selection of target areas, as well as research into population biology, including reproductive biology, gene flow and biochemical characterization are given. The differences between biodiversity and genetic variability as well as the importance of reproductive systems in terms of management schemes is discussed. The main methods of *in situ* conservation: by seed, *in vivo* (gene banks), *in vitro*, and through criopreservation are discussed in terms of their relative merits.

Key words: *In situ* and *ex situ* conservation, genetic variability, populations, genetic reserves, forests, genetic resources.

1 INTRODUÇÃO

A conservação pode adotar vários modelos, desde reservas naturais intocáveis até reservas sob diversos graus de manejo ou ainda jardins botânicos. Existe um aspecto temporal igualmente amplo, que vai desde ações emergenciais, tais como o resgate de espécies em eminente perigo de extinção, até a conservação de habitats ou ecossistemas, presumivelmente para eternidade. Da mesma maneira, existe um amplo espectro de formas e intensidades de manejo.

FRANKEL (1984) anota "quaisquer que sejam seus objetivos, o manejo não é um conceito nocional, mas um programa ou um procedimento, executado ou pelo menos programado em nosso tempo, com um impacto esperado que deve ocorrer dentro de uma escala de tempo mensurável e previsível". Anota, adicionalmente, que esta escala, ou seja, o tempo durante o qual o manejo, seu impacto ou ambos devem estar operativos, pode ser um conceito nocional já que se estende desde o período de tempo mais curto - tal como a manipulação do sistema reprodutivo durante uma geração, até um comprometimento a longo prazo - como por exemplo, manter a heterozigose ao nível do mar.

Propõe três elementos básicos de conservação: o primeiro é o objetivo ou o alvo principal - uma espécie, associação, comunidade ou ecossistema; o segundo é o que ele chama de "escala de tempo envolvida" - que reflete a dimensão temporal durante o qual se espera que um programa permaneça operativo. Esta escala pode variar desde uma geração (por exemplo, preservação de uma árvore em particular) até perpétua, quando não se prevê um final. O terceiro elemento é o manejo. Todos os tipos de manejo, inclusive sua ausência, podem afetar drasticamente as relações numéricas entre as espécies podendo até afetar a sobrevivência das mesmas.

De modo geral, três estratégias básicas de conservação são possíveis:

- a) fornecer o espaço necessário para sobrevivência global, continuando o processo de adaptação evolutiva;
- b) aceitar extinção ou remoção de espécies para as quais é impossível atender os requerimentos espaciais, com conseqüências imprevisíveis para as outras espécies, e
- c) manejar o tamanho e estrutura de populações para espécies selecionadas. Todas as três fazem parte da conservação dos recursos genéticos florestais.

(1) Pesquisador, Centro Nacional de Pesquisas de Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN / EMBRAPA, Caixa Postal 02-372, Brasília, D.F.

O primeiro caso, embora seja a solução ideal, não apresenta grandes problemas de manejo; implica em ações políticas dirigidas ao estabelecimento e manutenção de grandes porções do ecossistema intocados. São recursos genéticos potenciais que somente serão aproveitáveis após prospecções, levantamentos e pesquisas a nível de população.

No segundo caso, encontra-se grande parte dos recursos genéticos florestais. Embora na sua maioria, não se trate de extinção de espécies, na prática, a variabilidade genética adequada de muitas espécies florestais de importância somente poderá ser garantida através da conservação *ex situ*. Para definir essa variabilidade genética, serão necessárias as mesmas ações de pesquisa mencionadas anteriormente, adicionadas de todas aquelas inerentes aos procedimentos de conservação *ex situ*.

O terceiro caso é o que envolve propriamente ações de manejo. Igual aos anteriores, estas dependem de uma série de pesquisas que vão desde a definição das áreas onde ocorrem populações importantes das espécies-alvo, até o estudo detalhado da biologia das comunidades e populações para estabelecer programas adequados de manejo.

Referindo-se ao manejo de reservas, FRANKEL (1984) nota que os dados são tendenciosos, salientando que isto se deve à dificuldade de manejar espécies vegetais, atribuível a dois fatores: a grande diversidade de sistemas reprodutivos em plantas - desconhecidos para a maioria das espécies, e à dificuldade ecológica de "manejar" espécies vegetais sem interferir drasticamente com o ecossistema.

No presente trabalho será dada uma visão global de alguns dos aspectos teóricos e dos problemas fundamentais envolvidos na conservação de florestas perenes, enfatizando as diferenças entre espécies de origem temperada e tropical.

2 BIODIVERSIDADE E VARIABILIDADE GENÉTICA

Embora a variabilidade genética seja parte integrante da biodiversidade, como considerado corretamente pela Organização das Nações Unidas para a Convenção Internacional a ser assinada no Rio de Janeiro, os dois conceitos não devem ser confundidos.

A biodiversidade expressa o número de taxa (espécies e subespécies) existentes em uma região e é uma expressão quantitativa, enquanto que a variabilidade genética representa a variação existente dentro de um táxon (população, subespécie ou espécie) e é qualitativa (FIGURA 1). Esta diferença é muito importante quando se trata de conservação de recursos genéticos.

A conservação de recursos genéticos, sejam estes florestais ou não, tem por objetivo manter ampla variabilidade genética de espécies de interesse para o homem, para posterior utilização. Dentro do mandato de conservação de recursos genéticos, a conservação da biodiversidade é uma consequência secundária e não o objetivo principal; ao se conservar populações intactas de espécies de importância econômica e social dentro de seu hábitat natural, são conservadas por "arrastão" muitas outras espécies.

3 SISTEMAS GENÉTICOS

Como anotado por FRANKEL (1984), uma das maiores limitações ao manejo de áreas de conservação radica na extrema complexidade dos sistemas genéticos existentes em plantas. BEARDMORE (1984) afirma que as espécies tropicais apresentam maior variabilidade genética que as da zona temperada ou cosmopolita. Para LLERAS (1985), isto expressa a diferença básica entre espécies que sacrificaram a heterozigose e consequentemente seu potencial evolutivo, para manter alto

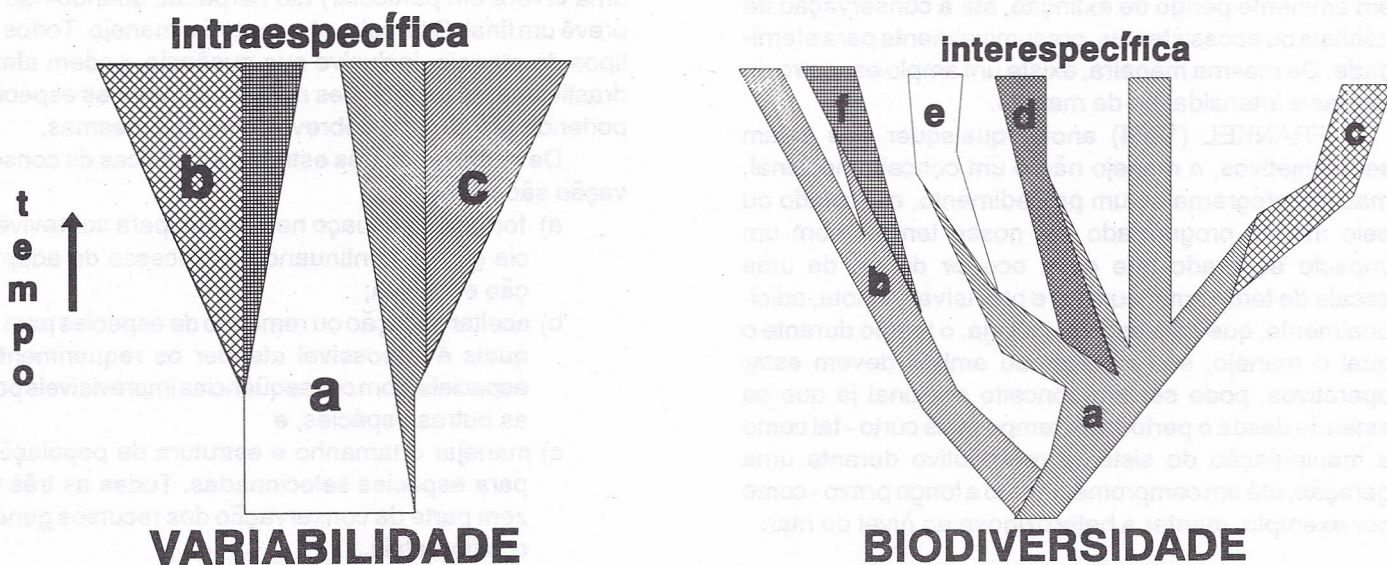


FIGURA 1 - Comparação entre variabilidade e biodiversidade

ajuste ("fitness") a seu hábitat através de sistemas reprodutivos alógamos ou apomícticos.

A FIGURA 2 apresenta uma sinopse de sistemas genéticos com relação a estes e outros fatores. Acima da linha central encontra-se a maioria das espécies perenes tropicais enquanto que abaixo da mesma estão tanto muitas perenes temperadas como a maioria das anuais. Nos trópicos, a maioria das espécies não é exposta a condições extremas todos os anos, estando adaptada a condições ambientais muito mais homogêneas que as da zona temperada. Como conseqüência, apresentam faixas de tolerância muito mais estreitas, às condições climáticas que as espécies temperadas, o que significa que pequenas modificações ambientais as afetam de maneira muito mais marcante.

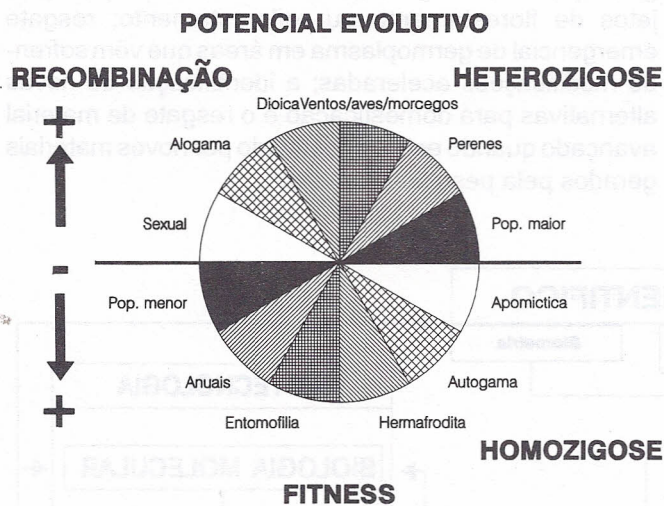


FIGURA 2 - Sinopse dos sistemas genéticos

Um dos fatores primordiais para justificar experimentação genética através de recombinação alta é a não previsibilidade da capacidade de adaptação das gerações futuras, sendo que é para espécies com faixas de tolerância estreitas, a contínua pressão exercida pelo meio ambiente garante que isto seja "lembrado" a cada geração. Para espécies de espectro mais amplo, o ambiente é muito mais previsível, já que apenas em situações catastróficas será sobrepassada a capacidade de adaptação.

A maior variabilidade genética e conseqüente biodiversidade nos trópicos não é devida a uma maior variabilidade nas condições ambientais. A grande diversidade de nichos está determinada pelas faixas de tolerância mais estreitas de suas espécies, com uma repartição muito mais estreita do ecossistema.

Em termos de manejo, então, existem grandes diferenças entre florestas tropicais e temperadas, começando pelo tamanho efetivo das populações a serem conservadas, sendo necessárias estratégias de manejo diferentes, dependendo das espécies serem primariamente alógamas, autógamas ou apomícticas. Portanto, uma das primeiras prioridades de pesquisa para a conservação dos recursos genéticos florestais deverá ser os

sistemas genéticos e a biologia reprodutiva das espécies-alvo.

4 MANEJO DE RECURSOS GENÉTICOS

Um fluxo aproximado das ações envolvidas em um programa integrado de manejo de recursos genéticos vai desde a prospecção das áreas para conservação ou coleta até pesquisas de mercado no próprio processo de domesticação (FIGURA 3). As ações de maior relevância incluem:

4.1 Levantamento, diagnóstico e definição de áreas e prioridades

Este complexo de atividades multidisciplinares, objetiva definir que e onde, conservar a biodiversidade e os recursos genéticos. Para isto, são necessários levantamentos estratégicos da região como um todo ou de áreas específicas, tomando como base os zoneamentos biológicos e agroecológicos; a identificação das áreas com alta biodiversidade e endemismos e a localização da ocorrência de variabilidade genética de populações sob pressão antrópica.

Inclue-se aqui o conjunto de ações necessárias para implementação das áreas de conservação de biodiversidade e variabilidade genética, assim como para resgate e coleta para conservação *ex situ*. Todos os outros fatores sendo iguais, deve dar-se prioridade às áreas de conservação já estabelecidas, sejam estas parques nacionais, reservas biológicas, reservas ecológicas, santuários ou outros.

4.2 Ecologia

Este conjunto de disciplinas fornece a base técnica fundamental para a conservação *in situ* da biodiversidade ou variabilidade genética, sendo também essencial para algumas das atividades da conservação *ex situ* tais como coleta e implantação de bancos de germoplasma florestais.

A nível de ecossistema e comunidade, são pesquisados os fatores bióticos e abióticos necessários para o levantamento, diagnóstico, seleção, implantação e dimensionamento das áreas de conservação. A nível de espécies, são abordados aspectos da biologia de populações, tais como estrutura, dinâmica e biologia reprodutiva, imprescindíveis na definição dos tamanhos das populações a serem conservadas, e das estratégias de amostragem e coleta, tratando-se de conservação *ex situ*.

A conservação da variabilidade genética de populações exige um conhecimento detalhado de sua estrutura e sistema reprodutivo. Pesquisas profundas são impossíveis para números muito grandes de espécies, de maneira que é necessário definir prioridades que permitam inferências para outra taxa. Calcula-se que entre 12 e 15 espécies devem ser selecionadas inicialmente para este propósito. Estima-se que cada espécie

exigirá uma equipe de uns 20 pesquisadores durante um período de três a cinco anos, com custo aproximado de US\$ 150,000.

4.3 Biotecnologia

A biotecnologia tem diversas aplicações na conservação de recursos genéticos florestais. É utilizada na caracterização de germoplasma através de isoenzimas e de sondas moleculares geradas com as técnicas de RFLP ou do sistema de amplificação gênica - PCR.

No futuro o germoplasma poderá ser conservado como DNA puro ao invés de sementes ou tecidos, o que resolverá muitos dos problemas técnicos enfrentados atualmente para conservação *ex situ*. A conversão deste DNA ou outros tipos de germoplasma já existentes tais como embriões, tecidos, óvulos e pólen, em indivíduos é um campo enorme para aplicação da biotecnologia.

Muitas espécies florestais precisam ser domesticadas antes de atingir seu potencial econômico. Este processo pode ser encurtado dramaticamente pela biotecnologia em seus diversos aspectos tais como: a cultura de tecidos, a clonagem e a engenharia genética.

A produção de mudas florestais em escala industrial precisa de material livre de patógenos potenciais e doenças, o que implica também em toda uma tecnologia de produção de antissoros para detecção e controle de pesquisas que levem ao melhor entendimento dos processos de defesa já presentes em muitos materiais naturalmente resistentes.

4.4 Coleta

A coleta é o principal mecanismo para enriquecer as coleções de germoplasma com material autóctone. Em termos de espécies florestais, as principais prioridades para coleta são: a coleta de germoplasma das espécies-alvo para estabelecimento de bancos de germoplasma, coleções de trabalho e viveiros para projetos de florestamento ou reflorestamento; resgate emergencial de germoplasma em áreas que vêm sofrendo modificações aceleradas; a identificação de novas alternativas para domesticação e o resgate de material avançado quando este é substituído por novos materiais gerados pela pesquisa florestal.

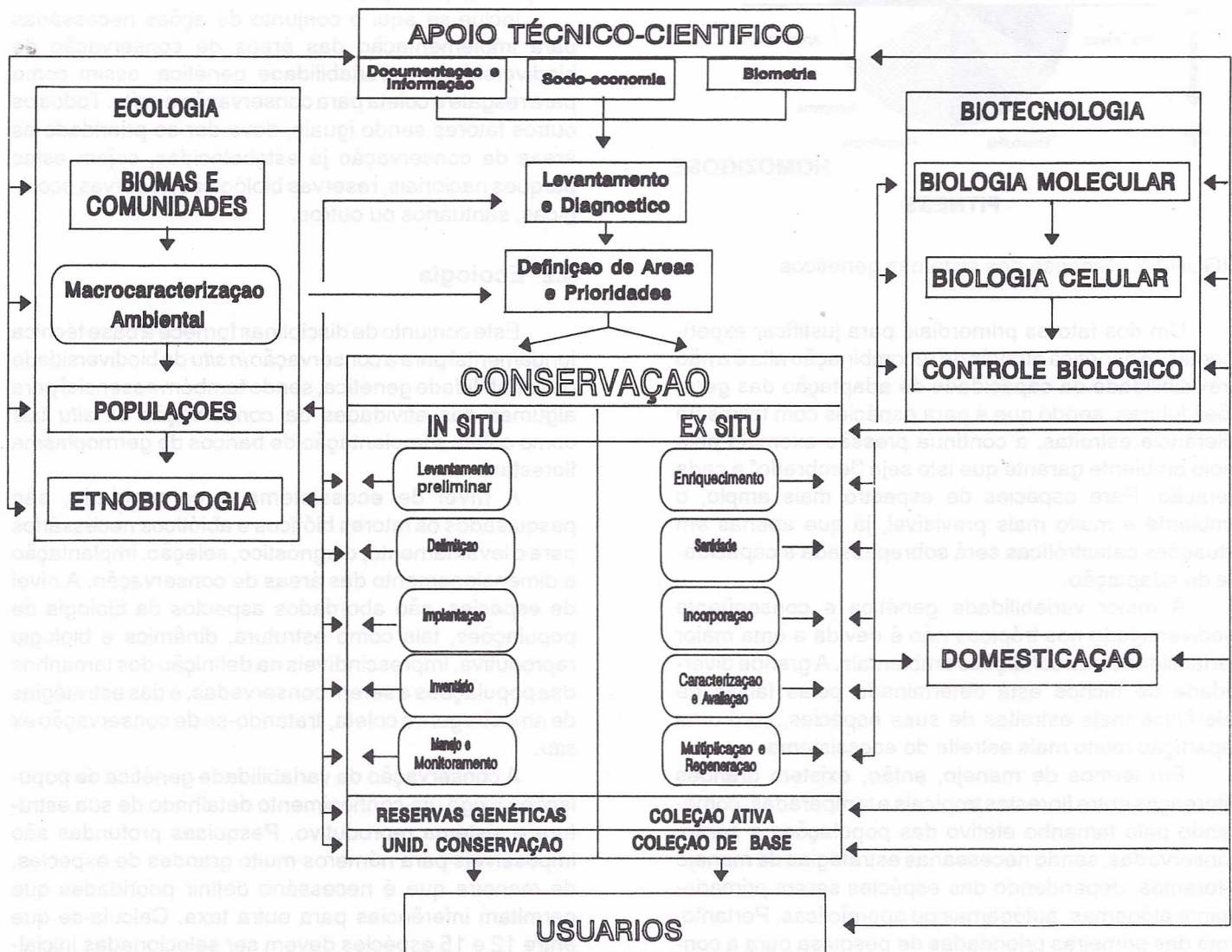


FIGURA 3 - Fluxo de atividades no manejo dos recursos genéticos

4.5 Conservação

A conservação pode ser *in situ*, quando o material é conservado no local de origem, nas mesmas condições sob as quais foram originadas as adaptações ao meio ambiente, ou *ex situ*, quando é conservado em locais diferentes daqueles onde evoluiu.

A conservação de germoplasma *in situ* é freqüentemente confundida com conservação integrada da natureza. Porém, são atividades bem diferentes, como pode ser constatado na TABELA 1. Enquanto a primeira se preocupa principalmente com preservação do ecossistema e/ou comunidades e em evitar perdas de espécies dentro destes, a conservação de recursos genéticos *in situ* é, nas palavras de Otto Frankel "a manutenção continuada de uma população na comunidade à qual pertence, dentro do ambiente ao qual está adaptada".

As reservas genéticas são unidades dinâmicas de conservação da variabilidade genética de populações de interesse atual ou potencial para a humanidade. Atuam como reservatórios naturais de genes sob contínua pressão de seleção, e diferem de outros esquemas de

conservação em que a população constitui o parâmetro básico de conservação.

Estas podem ser de vários tipos e formar parte de outras unidades de conservação. Por razões práticas, não existem condições para montar um sistema de unidades de conservação independente e alienado dos outros esquemas de conservação já existentes no país.

Dentro das unidades de conservação onde estão localizadas as reservas genéticas, sejam estas parques nacionais, reservas ecológicas ou biológicas, santuários, reservas extrativistas ou reservas indígenas, estas estão dedicadas à conservação da variabilidade genética de espécies definidas. Para isto, são necessários inventários florísticos e faunísticos completos, com levantamentos detalhados das populações sob conservação.

Conforme o tipo de espécie sendo conservada, podem ir desde unidades com pouco ou nenhum manejo, no caso de espécies silvestres, onde a maior preocupação é garantir que os tamanhos e a estrutura das populações mantenham diversidade genética em estado nativo, até unidades com manejo intensivo para espécies domesticadas ou semidomesticadas, onde o homem

TABELA 1 - Comparação entre conservação da natureza e de recursos genéticos

CONSERVAÇÃO		
DA NATUREZA		GENÉTICA
PROTEÇÃO	<p>ECOSSISTEMAS E COMUNIDADES</p> <p>ESPÉCIES AMEAÇADAS</p> <p>SITIOS HISTÓRICOS, BELEZAS CENICAS, MANANCIAS, ETC.</p>	<p>PORÇÃO SIGNIFICATIVA DO "POOL" GENÉTICO DE ESPÉCIES</p> <p>VARIABILIDADE GENÉTICA DE POPULAÇÕES</p>
	<p>AS ÁREAS MAIORES NECESSARIAS PARA MANTER RESERVAS NATURAIS PROTEGEM AS RESERVAS GENÉTICAS.</p> <p>GARANTINDO A VARIABILIDADE GENÉTICA DAS ESPÉCIES PRIORITARIAS, SÃO CONSERVADAS NUMEROSAS ESPÉCIES QUE NÃO SÃO ALVO ESPECÍFICO DE PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO GENÉTICA.</p>	
MANEJO	<p>O USO DA ÁREA É MÍNIMO</p> <p>A PESQUISA É LIMITADA A CASOS ESPECIAIS</p> <p>DA-SE PRIORIDADE AO TURISMO</p> <p>NÃO DEVE RETIRAR-SE NENHUM MATERIAL</p>	<p>A ÁREA É UTILIZADA PARA PESQUISA</p> <p>PODE SER RETIRADO GERMOPLASMA</p> <p>DIVERSAS MODALIDADES DE MANEJO:</p> <ul style="list-style-type: none"> *MODERADO (EXTRATIVISMO) *MEDIANO (PASTORIL) *INTENSIVO (RAÇAS LOCAIS)

é responsável total ou parcialmente pela estrutura das populações e comunidades, e ainda pela sobrevivência da espécie.

A conservação *ex situ* visa manter amostras representativas de populações ou culturas, para que, após caracterizadas, avaliadas e multiplicadas, estejam disponíveis para melhoramento genético ou pesquisas correlatas.

Métodos tradicionais de conservação por semente representam mais de 90% de todo o germoplasma existente, sendo que a maioria das culturas importantes têm sementes ortodoxas, que podem ser conservadas sob condições de baixa umidade e temperatura. Porém, à medida que é incorporado um número crescente de espécies tropicais no mundo todo, muitas com sementes recalcitrantes que não toleram dessecação e baixas temperaturas, outras estratégias estão adquirindo importância.

Embora a conservação *in vitro* seja proposta como uma das alternativas mais interessantes, até o momento tem-se mostrado de pouca utilidade. As espécies perenes tropicais, especialmente as florestais, não se adaptam facilmente a este tipo de manejo, a contaminação é muito alta, e pode esperar-se alto grau de variação somática. Inclui cultura de tecidos e células e criopreservação. Esta última modalidade ainda é incipiente mas de grande promessa, onde sementes inteiras, embriões, pólen e ainda fragmentos de DNA são conservados em nitrogênio líquido a temperatura de -196° C.

Também têm-se dado muito ênfase às coleções vivas *ex situ*. Porém, estas também apresentam limitações sérias. A área necessária para mantê-las é extremamente grande, com estimativas conservadoras da ordem de 1 hectare por população para a maioria das perenes tropicais. Grande parte dos técnicos no assunto concordam em que é o método mais caro e conseqüentemente o mais vulnerável quando há escassez de recursos.

Assim, cada dia parece mais evidente que sempre que possível, a conservação de populações em seu habitat natural pode ser uma das estratégias mais adequadas. Além de ser a mais efetiva quanto aos custos, já que não exige ações muito complexas, é a mais adequada sob o ponto de vista biológico. Por outro lado, no caso de perenes, é a mais eficiente em relação a tempo, visto que o germoplasma é geralmente representado por adultos, de modo que o período de espera entre banco de genes e primeira safra se reduz de vários anos a zero.

Como regra prática, sempre que a longevidade da semente seja inferior ao ciclo reprodutivo da espécie, deve ser preferida a conservação *in situ*.

4.6 Caracterização e avaliação

Estes dois processos, fundamentais para o aproveitamento do germoplasma, são realizados em níveis morfológico, citogenético e genético-bioquímico. A caracterização e avaliação permitem discernir, entre os

acessos disponíveis quais possuem características desejáveis para atingir os objetivos propostos, tanto a nível de pesquisa básica quanto aplicada, e ainda permitem assegurar a manutenção de bancos de dados sobre os acessos não utilizáveis no momento, mas que podem apresentar importância estratégica no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEARDMORE, J. A. 1984. Extinction, survival and genetic variation in: *Genetics and Conservation* (C. Shonewald-Cox et alii eds.). BENJAMIN/CUMMINGS Publ. Co. Menlo Park pp. 125-159.
- FRANKEL, O. H. 1984. The place of management in conservation. In: *Genetics and Conservation* (C. Shonewald-Cox et alii eds.). BENJAMIN/CUMMINGS Publ. Co. Menlo Park pp. 1-14.
- LLERAS, E. 1985. Sistemas genéticos y su importancia en el manejo de recursos genéticos de frutales nativos de la Amazonia. Visión preliminar. *Memória del curso sobre manejo de recursos genéticos en frutales nativos de la selva baja* (A.M. Pinchinat e L. Salinas B., eds.) IICA, Lima, Peru, Série de Ponencias, Resultados y Recomend. de Eventos Técnicos N° 349 pp. 19-30.