

# RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS AUTÓCTONES E SEUS USOS NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Eduardo Alberto Vilela-Morales<sup>1</sup>  
Afonso Celso Candeira Valois <sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo busca incrementar o uso dos recursos genéticos vegetais autóctones tendo em vista a redução da dependência do Brasil por espécies exóticas. Trata da riqueza do País em recursos genéticos e sua importância para o desenvolvimento sustentável da agricultura, além de abrir uma discussão sobre os caminhos alternativos para o bom uso da biodiversidade, que os citados recursos encerram.

Palavras-chave: biodiversidade, recursos genéticos autóctones, germoplasma, conservação e uso, agricultura sustentável.

## AUTOCHTHONOUS PLANT GENETIC RESOURCES AND THEIR USES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

## ABSTRACT

The present article looks for an increased use of autochthonous plant genetic resources in order to reduce the dependence of Brazil on exotic species. It makes reference to the abundance of genetic resources in the Country and their importance for development of sustainable agriculture, and opens a discussion about the alternative ways for using its own biodiversity.

Key words: biodiversity, autochthonous genetic resources, germplasm conservation and use, sustainable agriculture.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o país mais rico em diversidade biológica de plantas, animais e microrganismos, além de possuir invejável acervo de recursos naturais edáficos, climáticos, hídricos e de revestimento florístico. Acredita-se que o país possua cerca de 20% de toda a biodiversidade existente no planeta, ao mesmo tempo

---

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr. PhD, Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, 69011-970 Manaus (AM)  
e-mail: morales@cpaa.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr. PhD, Embrapa Sede, Caixa Postal 040315, 70770-900 Brasília (DF)  
e-mail: valois@sede.embrapa.br

que contém em torno de 19% dos solos agricultáveis do mundo. Apesar de toda essa riqueza, o Brasil é altamente dependente dos produtos exóticos, cujo atual e necessário intercâmbio do germoplasma desejado torna-se cada vez mais dificultado em face das leis de propriedade intelectual e acesso aos recursos genéticos, já considerados em muitos países que servem de fontes desses genótipos.

É verdadeiramente esplendoroso o manancial de recursos genéticos autóctones existentes no Brasil, capaz de assegurar o uso sustentável do capital biótico e abiótico de forma vantajosa, com o emprego consciente do capital intelectual. Trata-se de um país que ostenta os cinco principais biomas implantados em seus 851 milhões de hectares, o quinto maior em extensão do globo terrestre, onde somente para plantas o montante de 55 mil espécies, muitas delas endêmicas do país, corresponde a cerca de 21% do total mundial catalogado. Isto eleva sobremaneira a responsabilidade nacional pela manutenção e uso sustentável desses recursos doados pela natureza, principalmente para evitar a erosão genética ou mesmo a extinção de espécies que levaram séculos para serem criadas e disponibilizadas para a população brasileira.

A agrobiodiversidade, cujos componentes entram no sistema de produção para uma agricultura sustentável, além de considerar os agroecossistemas onde está contida, exerce um papel importantíssimo para o estabelecimento de cadeias produtivas para o agronegócio brasileiro. A continuidade desse processo requer o abastecimento básico constante de germoplasma, assegurado pela pronta disponibilidade de genótipos, o que eleva a importância pelos recursos genéticos autóctones, que se constitui em valor biótico estratégico e de segurança nacional, para o bem-estar da sociedade.

No entanto, para o seu correto manejo e utilização com visibilidade atual e futura, tanto em programas de melhoramento genético como em outras ciências afins, há necessidade do envolvimento de uma ação sistêmica, abrangendo os fatores diretos e indiretos para potencializar o seu emprego com vantagens comparativas e competitivas. No presente trabalho é feita uma discussão abalizada desses aspectos considerando a conservação e uso dos recursos genéticos autóctones no desenvolvimento sustentável.

## BASES PARA O DESENVOLVIMENTO

### Desenvolvimento Agropecuário

De maneira geral, as atividades econômicas inerentes ao setor agropecuário são bastante dependentes de recursos genéticos, embora – pelo tipo de produtos utilizados – sejam mais relacionadas com o germoplasma de espécies exóticas. Na prática, a utilização desses recursos visa ao aumento de produção, produtividade e oferta de novos produtos para o consumo humano. Assim, a agricultura comercial, por exemplo, é grande demandante de germoplasma, pois, em sua maioria, se baseia no uso em torno de apenas quinze produtos, sendo que cerca da metade de todo alimento produzido no mundo advém do trigo, milho, arroz, cevada, sorgo e batata, que foram alvo de pesquisas por países desenvolvidos por mais de cem anos.

Mais da metade das variedades recomendadas para plantio, no Brasil, é de origem estrangeira, a despeito de ser o país detentor da maior biodiversidade mundial. Este fato mostra que existe enorme necessidade de uma maior exploração dos recursos genéticos autóctones, até por motivos estratégicos e de segurança nacional. Dentro de uma ótica de sustentabilidade, existe premência para que se desenvolvam esforços concentrados para o aprofundamento dos conhecimentos sobre a biodiversidade disponível, para determinar os componentes de importância atual e potencial para utilização, ou seja, os recursos genéticos potenciais.

Em termos gerais, no Brasil ocorrem diversos tipos de plantas nativas que podem enriquecer o processo de utilização no desenvolvimento agropecuário do país. Como exemplo, podem ser citadas as seguintes espécies incluídas em grupos específicos: *Indigofera anil* e *Bixa orellana* (corantes); *Vanilla fragrans* e *Cinnamomum verum* (especiarias); *Theobroma cacao* e *Paullinia cupana* (estimulantes); *Urena lobata* e *Attalea* spp. (fibrosas); *Bertholletia excelsa* e *Swietenia macrophylla* (florestais); *Echinochloa* spp. e *Panicum* spp. (gramíneas forrageiras); *Phaseolus lunatus* e *Vigna unguiculata* (leguminosas de grãos); *Calopogonium* spp. e *Pueraria phaseoloides* (leguminosas forrageiras); *Caryocar villosum* e *Theobroma grandiflorum* (fruteiras); *Hevea brasiliensis* e *Manilkara bidentata* (laticíferas); *Cephaelis ipecacuanha* e *Pilocarpus jaborandi* (medicinais); *Arachis hypogaea* e *Elaeis oleifera* (oleaginosas); *Aniba rosaeodora* e *Carapa guianensis* (plantas produtoras de óleos essenciais); *Capsicum* spp. e *Spilanthus acmella* (hortaliças); *Cattleya*

spp. e *Heliconia* spp. (ornamentais); *Mauritia flexuosa* e *Orbignya phalerata* (palmeiras); *Ipomoea batatas* e *Manihot esculenta* (raízes e tubérculos); *Derris nicou* e *Tephrosia* spp. (plantas pesticidas).

Os usuários tradicionais de recursos genéticos têm sido os melhoristas, além de profissionais de disciplinas afins, a exemplo da taxonomia, genética, fisiologia, fitopatologia e ecologia. Presentemente outras áreas científicas vêm apresentando um crescente interesse, como a etnobiologia, biologia molecular e biologia celular. É nos acessos de germoplasma que podem ser encontradas fontes de variabilidade genética para a obtenção de genótipos produtivos, adaptados às diversas condições ecológicas e resistentes a fatores bióticos e abióticos, em consonância com as necessidades do desenvolvimento agropecuário sustentável.

De uma maneira geral, a variabilidade genética é obtida de forma mais expressiva nos centros de origem e de diversidade do germoplasma, ou mesmo em linhagens preliminares ou avançadas, ou em cultivares elites ou primitivas. Para a satisfação dessa demanda é imprescindível que os acessos de germoplasma sejam bem caracterizados e avaliados, tanto em termos de caracteres qualitativos quanto quantitativos. Também, é preciso que não haja lacuna quanto à efetiva documentação e informação sobre sua origem, características e potencial de uso, e que os acessos sejam adaptados, possuam caracteres utilitários desejáveis e que se disponham de métodos adequados para incorporar o germoplasma no esquema de melhoramento genético.

A demanda da agropecuária por recursos genéticos necessita cada vez mais da utilização de métodos e processos biotecnológicos para alcançar o sucesso da agropecuária sustentável. Na aplicação de biotecnologias para atender às demandas de recursos genéticos, entre outros, são considerados os seguintes processos: (a) propagação *in vitro*; (b) variação e seleção somaclonal; (c) conservação de anteras, pólen e embriões; (d) mapeamento genético; (e) hibridação somática através do isolamento e fusão de protoplastos; (f) prospecção de genes; (g) marcadores moleculares; (h) engenharia genética para a obtenção de plantas transgênicas; (i) direcionamento no aproveitamento de caracteres poligênicos no processo de melhoramento genético; (j) criopreservação de sementes, pólen, sêmen e embriões; (k) fixação biológica de nitrogênio; (l) bipartição e transferência de embriões e fertilização *in vitro*; e (m) tolerância de genótipos a condições bióticas e abióticas.

Para satisfazer às demandas da agropecuária sustentável por recursos genéticos, o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) deveria, entre outras ações, considerar prioritárias as seguintes ações e esforços institucionais:

Promover estudos ecogeográficos e taxonômicos que permitam fundamentar o mapeamento da distribuição de espécies prioritárias;

- desenvolver métodos adequados para a coleta e a conservação de recursos genéticos autóctones;
- promover o desenvolvimento de tecnologias modernas para a detecção e o controle de pragas e patógenos de importância quarentenária;
- promover o intercâmbio de amostras de germoplasma com o objetivo de melhorar a qualidade genética do germoplasma disponível;
- promover a implantação de bancos de germoplasma regionais nas diversas regiões ecogeográficas brasileiras;
- desenvolver e adequar métodos e processos para caracterização e avaliação de germoplasma, principalmente com o objetivo de estimular sua utilização;
- definir e estabelecer coleções nucleares;
- determinar custos e benefícios econômicos, sociais, culturais e ambientais da conservação e preservação de germoplasma;
- desenvolver um sistema de informações de recursos genéticos.

### Desenvolvimento Sustentável

Em geral, toda forma de desenvolvimento agrícola, com expressivos benefícios socioeconômicos, gera graus diferentes de agressão à natureza. Essa agressão pode aumentar em relação direta com a intensidade dos sistemas utilizados, embora muitos sistemas primitivos sejam muito mais devastadores. Para contornar a agressão ambiental, surge o conceito do “desenvolvimento sustentável”, como alternativa para a obtenção de desenvolvimento socioeconômico com baixos níveis de agressão ao ambiente. Muitas instituições consideram que o planejamento desse tipo de desenvolvimento oferece expressiva ação de alta relevância socioeconômica e cultural. Todavia, planejar,

promover e realizar este tipo de desenvolvimento exige forte componente de integração e complementação institucional. Somente por meio da adequação da estrutura organizacional, que leve em conta todos os aspectos envolvidos no desenvolvimento proposto, é que será possível obter sucesso nas metas estabelecidas.

Contudo, é preciso que se entenda que o desenvolvimento sustentável requer a revisão do modelo global de desenvolvimento adotado pelo país. No Brasil, como nos demais países emergentes, adota-se uma política de desenvolvimento que imita a que é posta em prática pelos países desenvolvidos. Sabe-se que essa postura de desenvolvimento é altamente predatória do meio ambiente. As chuvas ácidas, o efeito estufa, as catástrofes ambientais, em geral, têm lugar nos países do Primeiro Mundo. Desenvolvimento sustentável não é um conceito mágico. Depende de uma profunda revisão da política de desenvolvimento de um país. Pode-se considerar que a política de desenvolvimento tem conotações sistêmicas. Não se pode alterar um elemento sem que todo o sistema seja simultaneamente alterado. Portanto, não se deve entender que seja possível adotar uma atitude de desenvolvimento sustentável para uma determinada região, sem que o mesmo enfoque seja adotado para todo o país. Esta é a única forma de fazer vingar o conceito de sustentabilidade.

Numa perspectiva de sustentabilidade, a interação homem-natureza torna-se fundamental. Os critérios quantitativos, calcados em eficiência econômica, cedem lugar à qualidade de vida no planeta. Essa mudança de enfoque acarreta drásticas conseqüências ao modelo de desenvolvimento vigente. O ser humano, em sociedade, precisa ser alvo da atividade econômica. Ele se transforma, ao mesmo tempo, em sujeito e objeto de todas as formas de geração de riquezas. A exploração da biodiversidade tem por finalidade atenuar – e até eliminar –, as terríveis contradições sociais em que vivemos, causadas especialmente pela excessiva acumulação de riqueza. O lapso entre muito ricos e muito pobres tende a diminuir quando se pensa em termos de sustentabilidade.

Condição essencial para o aproveitamento sustentável da biodiversidade é a organização de programas que incluam ações integradas e complementares. Para conseguir uma ação eficiente, os programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) devem considerar como fundamentais, entre outros, os seguintes aspectos: (a) levar em consideração os interesses nacionais e implementar e fazer observar a legislação pertinente; (b) combinar, de forma

equilibrada, pesquisa científica, desenvolvimento e validação de tecnologias, transferência de tecnologias e marketing; (c) estudo de cadeias produtivas e agronegócio; (d) integrar e complementar, sempre que possível, objetivos e interesses de instituições públicas e privadas; e (e) apoiar e estimular, regional e nacionalmente, o fortalecimento institucional. Conseqüentemente, os esforços devem ser dirigidos aos seguintes aspectos:

- desenvolver processos tecnológicos adequados ao aproveitamento socioeconômico e cultural dos produtos alternativos oferecidos pela biodiversidade;
- estimular o desenvolvimento de tecnologias modernas, com ênfase sobre as biotecnologias, que permitam o aproveitamento dos recursos genéticos em atividades agropecuárias, florestais, e de medicina e saúde;
- identificar e estimular o desenvolvimento de mercados locais, regionais e internacionais para os produtos alternativos da biodiversidade;
- desenvolver estratégias socioeconômicas que permitam o retorno de benefícios para as populações localizadas nos biomas detentores de recursos genéticos;
- desenvolver projetos específicos para o manejo e conservação dos recursos genéticos disponíveis.

Para que o desenvolvimento sustentável seja factível em termos nacionais e regionais, é importante considerar os aspectos relacionados com a soberania e os direitos de propriedade sobre os recursos naturais e, conseqüentemente os recursos genéticos, estabelecidos por diferentes protocolos mundiais, como é o caso do de Estocolmo em 1972 e do Rio de Janeiro em 1992. A implementação dessas iniciativas baseia-se nas seguintes premissas:

O desenvolvimento socioeconômico é essencial para garantir ao ser humano um meio ambiente favorável à vida e ao trabalho. É ele responsável pela criação, no planeta, de condições favoráveis à melhoria da qualidade de vida.

Os países têm o direito soberano sobre seus recursos e a responsabilidade de assegurar que atividades realizadas dentro de sua jurisdição ou controle não prejudiquem o meio ambiente nacional e de outros países, garantindo melhor qualidade de vida aos habitantes do planeta.

A defesa da soberania nacional não implica, necessariamente, desconsiderar a cooperação regional e internacional, que deve sempre se coadunar com a salvaguarda de interesses das políticas nacionais que procuram a busca de soluções.

Em face da importância que os recursos genéticos apresentam para uma sólida atuação sustentável, é oportuno lembrar a situação mundial desses recursos, conforme foi apresentada durante o Keystone Madras Dialogue, Keystone (1990):

- as coleções de germoplasma estão dispersas não somente entre os países, mas também, entre as várias instituições de cada país;
- as coleções de germoplasma são mantidas por meio de procedimentos empíricos, que não levam em consideração a biologia reprodutiva, a estrutura genética das amostras que representam as populações e a integridade genética do germoplasma conservado;
- pessoal que trabalha com recursos genéticos tem pouco treinamento em áreas fundamentais do conhecimento, como por exemplo, botânica sistemática e genética de populações, disciplinas essenciais para a determinação da amostragem e coleta de germoplasma;
- os sistemas de recursos genéticos são carentes de manuais ou guias de procedimento para os diferentes tipos de germoplasma;
- acompanhamento das ações com recursos genéticos não dispõe de "comitês de assessoramento por culturas" (Crop Advisory Committees), fundamentais para avaliar as atividades e determinar o estado, as necessidades e os progressos alcançados;
- as atividades de coleta e conservação in situ necessitam, cada vez mais, de ações de prospecção da biodiversidade, a fim de identificar áreas onde a diversidade genética está concentrada;
- germoplasma coletado necessita ser caracterizado e avaliado, com descritores adequados para sua compatibilização e utilização pelos programas de melhoramento genético;
- as bases de dados sobre recursos genéticos dos sistemas nacionais necessitam tanto estar armazenadas com segurança quanto disponíveis

para sua interação com os sistemas regionais, nacionais e globais, bem como para pronta utilização;

- os sistemas nacionais de quarentena precisam ser fortalecidos para facilitar o fluxo de germoplasma e o controle de pragas e doenças inerentes à atividade; e
- a pesquisa científica para definição de biotecnologias adequadas para a conservação, caracterização e intercâmbio de germoplasma necessita de apoio mais efetivo, como por exemplo, da cultura de tecidos, da criopreservação e do DNA fingerprint.

### Demandas e Estratégias

Na definição e implementação de prioridades, o estudo, a captura, o enriquecimento, a conservação e a utilização do potencial da diversidade genética são condições fundamentais para definir e executar prioridades que permitam ordenar a obtenção dos resultados. Neste aspecto, Lacy, citado por Falk (1990), considera a fundamentação das ações em bases científicas, como condição essencial para a efetiva política de conservação e utilização da variação genética.

Entre essas tecnologias, duas relacionadas com bancos genômicos merecem destaque: a) criopreservação de células, e b) criopreservação de DNA, ou de seus fragmentos (Mattick et al., 1992). No primeiro caso, como as células preservam as diferentes formas de controle da hereditariedade, é imperioso que a obtenção de células obedeça aos fundamentos estabelecidos para amostrar as características genéticas das populações. No segundo caso, embora não seja preservada toda a estrutura genética da população, o material genético conservado apresenta valor incalculável para as atividades de melhoramento genético, principalmente para aquelas que utilizam procedimentos biotecnológicos, a exemplo da engenharia genética.

Outro importante fator para a plena utilização dos recursos genéticos é o processo de domesticação. Parece bastante recomendável que sejam organizados projetos para a domesticação de espécies com potencial socioeconômico e cultural. Exemplo dessa premência pode ser encontrado nas palmeiras da região amazônica, onde, embora tenham sido descritas cerca de 232 espécies em 32 gêneros, apenas a pupunha (*Bactris gasipaes*) está em

estádio mais avançado de domesticação, a ponto de somente ocorrer na região sob condições de cultivo (Valois, 1994). Para se ter uma visão mais ampla da importância da domesticação como fulcro para a utilização do germoplasma, cita-se o caso do dendê (*Elaeis guineensis*) que, após cerca de 100 anos de domesticação, passou da produtividade de óleo em torno de 300 kg/ha/ano para um volume superior a 10.000 kg/ha/ano.

Um planejamento sustentável deve sugerir que, para efeitos de domesticação, sejam priorizadas as espécies que apresentam características de adaptação ambiental e precocidade, potencial para elevada produtividade, possuam valor socioeconômico ou cultural e ampla variabilidade genética. Neste sentido, e dentro de um quadro de integração institucional, os procedimentos de domesticação devem ser estabelecidos para levar em conta, dentre outros, os seguintes fatores: (a) nível de ocorrência de recursos genéticos nas condições naturais; (b) identificação da máxima variabilidade genética; (c) manejo adequado do germoplasma; (d) levantamento do conhecimento etnobiológico existente; (e) estabelecimento de processos de melhoramento genético, também os com forte componente biotecnológico; e (f) identificação do índice de aproveitamento agrícola e industrial.

Os enfoques tecnológicos a serem cobertos envolvem diversas linhas de ação que vão desde o levantamento da diversidade genética, conservação *in situ* de populações e comunidades, até a conservação *ex situ* e utilização do germoplasma. Pode-se deduzir que um programa de pesquisa abrangente para recursos genéticos, incluindo também os componentes da biodiversidade (Giacometti, 1992; Vilela-Morales et al., 1995), deve considerar estudos e pesquisas em diferentes áreas, entre as quais merecem destaque as seguintes: (a) biologia evolutiva e ecologia, como instrumentos para melhor entender a estrutura populacional e a formação de espécies; (b) etnobiologia, para que se conheça o relacionamento entre a sociedade e o meio ambiente; (c) biologia econômica, para levantar o potencial de utilização das espécies; (d) estrutura genética das populações, como meio para definir centros de diversidade, centros de domesticação e genepools; e (e) sistemas para conservação do germoplasma.

Técnicas biotecnológicas como isoenzimas, Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP), Polymerase Chain Reaction (PCR), Random Amplified Polimorphic DNA (RAPD), Amplified Fragment Length

Polymorphism (AFLP) e microssatélites constituem instrumentos para caracterizar e avaliar o germoplasma mais rapidamente e com maior eficiência. Já as técnicas de engenharia genética oferecem perspectivas para a transferência e uso de caracteres ou genes de importância econômico-social. De uma maneira geral, pode-se afirmar que as biotecnologias são consideradas como procedimentos que não somente aumentam a eficiência dos organismos utilizados, mas, principalmente, oferecem novas possibilidades para uma melhor exploração dos recursos oferecidos pela biodiversidade, transformando-se assim em alternativas para o desenvolvimento sustentável.

Na identificação do potencial oferecido pela biodiversidade devem-se levar em conta características genéticas importantes como adaptação ambiental, tolerância ao estresse, e qualidade etc., considerando sempre que as modernas tecnologias poderão promover sua transferência e utilização, inclusive em outras espécies. Assim, na identificação de caracteres desejáveis para condições semelhantes àquelas apresentadas pelo ambiente litorâneo, a coleta, caracterização e avaliação de espécies que ocorrem naqueles ambientes, como a grama das praias, será de fundamental importância, pois eventualmente estas características poderão ser transferidas para outras espécies.

No aproveitamento do potencial oferecido pela biodiversidade brasileira em relação a espécies arbóreas, deve-se levar em consideração a dificuldade que representa a conservação *ex situ* do germoplasma em relação à sua utilização provocada pela área e custos necessários e, principalmente, pelo longo período de espera para que o germoplasma expresse as características das populações que deram origem às amostras. Provavelmente, uma das poucas alternativas para esta situação poderá ser a identificação de características superiores ou utilitárias na fase de seedlings ou em nível celular. Nesse ponto, três aspectos devem ser considerados: (a) a diversidade genética encontrada deve ser coletada e conservada *ex situ*, por medida de segurança; (b) as populações identificadas como desejáveis devem ser conservadas *in situ* e caracterizadas e avaliadas; e (c) as características encontradas no germoplasma conservado *in situ* devem ser validadas em laboratórios utilizando-se tecnologias modernas que comprovem seu valor qualitativo e quantitativo.

É recomendável que, para cada bioma, sejam estabelecidos programas interativos e complementares de ciência e tecnologia com os seguintes objetivos: (a) melhorar o nível de conhecimento sobre o potencial da diversidade genética

regional; (b) promover a geração de tecnologias para o aproveitamento da variabilidade genética disponível; e (c) estimular a utilização da biodiversidade, por meio da disponibilidade de tecnologias para atender as áreas empresariais de fármacos, medicina, produção de alimentos e bioenergia.

A experiência vem mostrando a necessidade de que as tecnologias a serem estabelecidas sejam orientadas a fundamentar e/ou fortalecer as seguintes ações:

- promover a coleta, conservação e intercâmbio de germoplasma utilizando técnicas *in vitro* como cultura de meristemas, criopreservação e, potencialmente, estimular o estabelecimento de bancos de coleções nucleares de germoplasma e bancos genômicos;
- promover sensíveis aumentos na eficiência e eficácia dos programas tradicionais de melhoramento genético, por meio dos seguintes procedimentos: (a) identificação e levantamento do potencial social, econômico e cultural dos caracteres qualitativos e quantitativos dos recursos genéticos autóctones; (b) isolamento de genes e manutenção de bibliotecas genômicas; (c) recombinação gênica com fontes não tradicionais de variabilidade genética; (d) seleção de linhagens superiores em laboratório; (e) propagação em massa de genótipos superiores; (f) diminuição do período de tempo necessário para a obtenção de genótipos desejáveis; e
- promover a obtenção de processos ou princípios ativos mais eficientes pelo uso de organismos engenheirados mediante procedimentos de biologia molecular.

Embora os estudos científicos de botânica, zoologia, genética, conservação de germoplasma, biologia molecular, biologia celular e outros sejam indispensáveis para o sucesso dos programas direcionados ao desenvolvimento socioeconômico, quando realizados de forma setorial ou pontual apresentam baixos níveis de retorno. Somente ações coordenadas sob o marco de uma política interinstitucional e interdisciplinar, com forte enfoque multiprofissional, poderão fortalecer programas de desenvolvimento dirigidos à obtenção de alternativas empresariais nas seguintes áreas: (a) produtos químicos: etanol, acetona, butanol, proteínas, enzimas e polissacarídeos; (b) produtos farmacêuticos: antibióticos, enzimas, vacinas e hormônios; (c) produtos energéticos: biogás e biomassa; (d) produtos alimentícios: laticínios, bebidas, fermentos, aditivos,

adoçantes, proteínas e outros; (e) defensivos agrícolas: pesticidas microbiais e inoculantes; e (f) prestação de serviços: tratamento de águas, despoluição ambiental e tratamento de lixo e esgotos.

## RECURSOS GENÉTICOS

### Biodiversidade e Germoplasma

A diversidade biológica ou biodiversidade é freqüentemente relacionada com a diversidade de espécies, embora apresente um profundo relacionamento ecológico e evolucionário (Falk, 1990). De fato, biodiversidade é a variabilidade apresentada pelos organismos vivos, dentro de espécies, entre espécies e ecossistemas (UNEP, 1992). Conseqüentemente, é a variação que ocorre sob três enfoques: genes, espécies e ecossistemas (Mcneely et al., 1990). Assim, diversidade genética é o somatório da informação genética existente nos organismos que constituem a flora, a fauna e a microbiota que, se adequadamente identificada e capturada, passa a constituir os recursos genéticos, fonte da variação genética disponível ou variabilidade genética.

Em relação ao potencial oferecido pela biodiversidade, o Brasil é um dos poucos países do mundo que possuem altos níveis de diversidade biológica ou megadiversidade, provavelmente como efeito da diversidade apresentada pelos seus diferentes biomas e ecossistemas ao longo do seu território. Em número de espécies, Mcneely et al. (1990) consideram os seguintes valores: (a) 55.000 de plantas superiores, com destaque para palmeiras; (b) 3.010 de vertebrados terrestres; 428 de mamíferos; 516 de anfíbios; 467 de répteis; 1.622 de aves e 3.000 de peixes de água doce; e (c) 10 a 15 milhões de insetos, muitos deles de famílias ainda não descritas. Isto tudo sem contar com o enorme potencial oferecido pela microbiota que poderá constituir- fonte de recursos genéticos de valor inestimável.

Quanto à variação genética existente na natureza, os genepools ou complexos gênicos, agrupamentos populacionais de espécies de um dado gênero, são conjuntos estratégicos a considerar, pois neles são mantidas as informações genéticas relativas à diversificação de populações no âmbito da área de dispersão geográfica de cada gênero. De fato, ao levar em conta a diversidade de biomas e ecossistemas que constituem o território nacional, é importante capturar o máximo de estruturas genéticas desenvolvidas como mecanismo de adaptação

e de relacionamento entre os seres vivos que constituem a flora, fauna e microbiota em cada situação.

Um aspecto importante a considerar no que diz respeito aos genepools são os princípios estabelecidos por Harlan & Wet (1971) de interesse para o melhoramento genético: (i) genepool primário (GPI), no qual o cruzamento da espécie de interesse com outras espécies gera progênies férteis e capazes de manifestar os efeitos das trocas gênicas; (ii) genepool secundário (GP2), em que o cruzamento da espécie de interesse com outras espécies gera progênies com níveis variáveis de esterilidade, mas ainda com possibilidade de manifestar efeitos das trocas gênicas; e (iii) genepool terciário (GP3), no qual o cruzamento da espécie de interesse com outras espécies gera progênies anômalas, com expressivos índices de esterilidade ou completamente estéreis, conseqüentemente incapazes de manifestar trocas gênicas, a não ser que sejam utilizadas modernas tecnologias para superar as barreiras naturais.

Parece que na situação do GP I as trocas estão mais relacionadas com alelos de genes comuns entre as espécies mais relacionadas, enquanto que nos GP2 e GP3 as trocas podem ocorrer no nível de transferência de genes inexistentes na espécie de interesse. Assim, embora no passado as atividades e prioridades para recursos genéticos tenham sido dirigidas com maior intensidade para a situação do GPI, os agrupamentos GP2 e GP3 acenam com um enorme potencial de características genéticas desejáveis ou estratégicas para as espécies de interesse socioeconômico, como pode ser deduzido pelos trabalhos de Watson (1970), Hahn et al. (1980) e Hodgkin & Debouk (1992). Embora muitas características genéticas tenham sido transferidas utilizando-se procedimentos clássicos de melhoramento genético, o aproveitamento do potencial oferecido pela biodiversidade poderá aumentar sensivelmente com o desenvolvimento e uso de modernas tecnologias que permitam tanto superar as barreiras biológicas que separam as espécies, como permitir o aproveitamento de caracteres genéticos potenciais.

Em todo o mundo, pode ser claramente identificada uma demanda por germoplasma para atender às atividades científico-tecnológicas que fundamentam os programas de desenvolvimento, como pode ser observado nos trabalhos de Duwick (1984) e Nass et al. (1993), embora exista uma aparente inadequação dos recursos oferecidos pelas coleções e pela demanda gerada para a pesquisa, principalmente aquela gerada pelo melhoramento genético, em que os seguintes fatores são limitantes:

- falta de informação consistente sobre fatores bióticos e abióticos que afetam o germoplasma;
- baixo nível de caracterização e avaliação do germoplasma mantido nas coleções, principalmente quanto a características adaptativas de produção e qualidade;
- inexistência de procedimentos eficientes para avaliação rápida do germoplasma;
- inexistência de métodos e procedimentos adequados para estimular a utilização do germoplasma em programas de melhoramento genético; e
- dificuldade para obter o germoplasma devido à distância e aos entraves burocráticos.

### Potencial do Germoplasma Autóctone

Ao mesmo tempo em que a biodiversidade apresenta um potencial expressivo para utilizar a diversidade genética em benefício da humanidade, o desconhecimento de seu valor constitui o principal componente do risco para provocar perdas irreversíveis da diversidade genética. Neste ponto, pode-se afirmar que a corrida para resgatar o potencial genético da biodiversidade brasileira é um evento que merece muita atenção, pois trata-se de uma atividade de risco provocada pelo desconhecimento do valor potencial. De fato, dentro do universo de estruturas genéticas existentes, somente algumas poucas deverão apresentar características com perspectivas desejáveis para atender à demanda cultural e socioeconômica atual.

Por outro lado, existe o risco permanente de muitas estruturas genéticas já terem sido perdidas em função da constante degradação ambiental que verificada nos diferentes biomas. Estimativas mostram que os índices de desflorestamento nas regiões tropicais são tão intensos que poderão provocar até ao final do século a extinção de 15 a 50% das florestas tropicais. Esta situação pode ser mais acentuada na América Latina, se for levado em conta que esta região somente mantém 2% das florestas tropicais sob áreas protegidas, ao passo que a África o faz em 4% e a Ásia em 6% (Wilson, 1988).

Embora as áreas protegidas para conservação ambiental da América Latina possam, aparentemente, diminuir a urgência por ações de resgate e/ou captura

da variação genética potencial é recomendável que seja feita uma reflexão, pois inexiste uma política nacional conjunta e coordenada para conservação e aproveitamento da diversidade genética autóctone. Assim, ainda que o valor da biodiversidade existente seja potencialmente alto, nem todas as áreas protegidas estão situadas em locais com expressiva diversidade genética, e muitas destas áreas estão sendo submetidas a uma constante degradação provocada pela falta de manejo e manutenção em níveis adequados.

Na conservação da variação genética duas ações podem ser enfatizadas: (i) conservação da diversidade genética *in situ* (variação genética potencial), por meio de reservas genéticas isoladas ou preferencialmente localizadas dentro de unidades de conservação ambiental, como parques, reservas, santuários, refúgios etc.; e (ii) conservação da variabilidade genética *ex situ* (variação genética capturada ou disponível), em coleções de recursos genéticos localizadas em jardins botânicos, arboretos, zoológicos e bancos de germoplasma.

Embora existam programas isolados para conservação ambiental, conservação da diversidade genética e aproveitamento do potencial existente, de fato estão ocorrendo três situações: (a) escassez crônica de recursos financeiros e humanos; (b) baixo nível ou inadequada representação da diversidade genética dos genepools nas coleções de germoplasma; e (c) falta de uma política para integrar em objetivos comuns as ações de conservação ambiental, ciência e tecnologia e desenvolvimento socioeconômico (Vilela-Morales et al., 1993; Vilela-Morales et al., 1995).

A variabilidade genética poderá transformar-se em fonte de recursos estratégicos necessários para o sucesso dos programas de desenvolvimento e com provável grande demanda internacional. Entretanto, seu valor apresenta-se aparentemente reprimido pelo desconhecimento de suas perspectivas socioeconômicas para o agronegócio. Assim, embora seja imperativo identificar a diversidade genética disponível e amostrá-la com o intuito de conservá-la, ao mesmo tempo é preciso, caracterizá-la, avaliá-la e torná-la disponível, com urgência. Todavia, apesar dos esforços realizados para implementar uma política de recursos genéticos conforme a demanda provocada pelas políticas de desenvolvimento, são poucas as coleções de germoplasma autóctone que existem e, na sua maioria, apresenta deficiências crônicas de recursos humanos e financeiros aliados a baixos níveis de representatividade e de identificação do seu potencial.

Neste aspecto, é fundamental avaliar as perspectivas para o aproveitamento das características genéticas do germoplasma de um genepool em outros ambientes em que suas características genéticas possam aumentar a eficiência e o valor dos sistemas produtivos regionais. Embora estas características isoladamente não transformem as populações em que ocorrem em materiais superiores, quando transferidas para cultivares, raças ou cepas superiores, poderão promover impactos tecnológicos da maior importância socioeconômica e possibilitar a obtenção de soluções desejáveis, como pode ser observado nas seguintes situações:

- obtenção de resistência ao mosaico da mandioca - *Manihot esculenta* - por meio de cruzamentos entre *M. esculenta* x *M. glaziovii* (Hahn et al., 1980);
- estabelecimento do potencial de aumento da eficiência fotossintética e conseqüente aumento de produção da borracha pela seringueira - *H. brasiliensis* - por cruzamentos com *H. pauciflora* x *H. guianensis*, híbrido natural denominado PUA7, que apresenta folíolos grandes e posicionados verticalmente (Valois, 1983);
- redução da altura e aumento da circunferência do caule da seringueira - *Hevea brasiliensis* - com a finalidade de aumentar a área de drenagem do látex e facilitar tratos culturais como o controle de doenças e pragas, pelo cruzamento recíproco entre *H. brasiliensis* x *H. camarguana* (Valois, 1983);
- aumento da produtividade de batata-doce - *Ipomea batatas* - utilizando germoplasma exótico (Kobayashi & Sakamoto, 1988);
- redução do ciclo cultural do amendoim - *Arachis hypogaea* - utilizando germoplasma do genepool brasileiro.
- estabelecimento do potencial de redução do ciclo inicial de produção para o complexo babaçu *Orbignya* spp., de uma média de 20 para 6 anos, pelo cruzamento de *O. phalerata* x *O. eichleri* ou pela utilização do híbrido natural *O. teixeirana* oriundo do cruzamento natural entre as duas espécies citadas (Anderson et al., 1991);
- estabelecimento do potencial de obtenção de pimenta-do-reino - *Piper nigrum* - resistente à fusariose (principal doença da pimenta-do-reino na Amazônia), por meio de uma possível fusão de protoplastos com *P. columbrinum*, que ocorre na região e se apresenta imune a essa doença.

## Recursos Genéticos e Desenvolvimento

A elaboração de programas para desenvolvimento regional que objetivem o aproveitamento das características do bioma devem considerar os seguintes fatores: disponibilidade de recursos naturais, fortalecimento institucional, capacitação de recursos humanos e perspectivas de retornos financeiros para os investimentos realizados. Assim, devem ser detalhados os seguintes aspectos:

- existência de diversidade e variabilidade genética com potencial socioeconômico;
- disponibilidade de estruturas técnico-científicas regionais com possibilidade de participação ativa;
- interesse do segmento empresarial em adotar inovações;
- disponibilidade de mecanismos legais (leis, normas e regulamentos), para estimular a utilização de tecnologias modernas nos empreendimentos empresariais;
- disponibilidade e/ou potencialidade de mecanismos adequados para comercialização.

Conseqüentemente, torna-se necessário estudar e detalhar os seguintes aspectos:

diretrizes programáticas, como: (a) os requerimentos em ciência e tecnologia necessários para apoiar o programa; (b) o estímulo a empreendimentos empresariais biotecnológicos como fonte de oportunidades alternativas para a região; (c) o nível de demanda, as barreiras e as perspectivas para uso de tecnologias modernas; e (d) o estabelecimento de prioridades para a execução das atividades programadas;

características institucionais, como: (a) a disponibilidade de instituições para apoiar o programa; (b) o nível necessário de cooperação, colaboração e interação institucional a ser obtido; (c) a infra-estrutura disponível, o nível de treinamento e a capacidade para disseminar as informações; (d) os mecanismos necessários para implementar processos de integração e evitar a duplicação de esforços; e (e) os mecanismos adequados para acompanhamento e avaliação dos projetos e recursos aplicados no programa;

aspectos produtivos e comerciais, como: (a) a substituição de processos e procedimentos tradicionalmente adotados; (b) os efeitos da utilização de tecnologias modernas sobre a produção tradicional; (c) o nível de impacto esperado nos sistemas tradicionais de comercialização; e (d) os procedimentos mais adequados para estimular o uso de tecnologias modernas.

A garantia de sucesso do programa repousa sobre ações interinstitucionais integradas que considerem os seguintes aspectos:

Capacidade institucional e inventário tecnológico. Levantamento, análise e diagnóstico do suporte técnico-científico regional, fundamentado na capacitação dos recursos humanos, na infra-estrutura disponível e no fortalecimento institucional, além do inventário das tecnologias disponíveis e necessárias.

Integração institucional. Organização de alternativas para estabelecer a integração das ações necessárias para implementar um ambiente institucional interativo, cooperativo e complementar em relação ao desenvolvimento de atividades para levantar, conhecer, conservar e utilizar o potencial oferecido pela diversidade genética.

Potencial da diversidade genética. Levantamento, análise e diagnóstico do potencial da diversidade genética regional, identificando sua dimensão, distribuição de endemismos e genepools, sua qualidade e seu valor socioeconômico.

Amostragem da diversidade genética. Definição de estudos e metodologias necessárias para estabelecer procedimentos de amostragem e coleta da variação genética em populações e comunidades da região, levando em consideração as áreas com maior diversidade genética, as áreas sob pressão antrópica e a disponibilidade de estruturas de conservação ambiental e reservas genéticas.

Conservação da diversidade genética. Definição de estratégias e procedimentos para conservação da diversidade genética *in situ*, por meio do estabelecimento de reservas genéticas.

Conservação da variabilidade genética. Definição de estratégias e procedimentos para conservação da variabilidade genética *ex situ*, por meio do estabelecimento de Bancos de Germoplasma.

Definição das tecnologias para caracterização e avaliação do germoplasma. Levantamento, análise e diagnóstico do potencial das tecnologias necessárias, disponíveis e a desenvolver, para utilizar nos procedimentos de caracterização e avaliação da variabilidade genética disponível, por meio de um sistema de screening do germoplasma.

Levantamento do valor socioeconômico do germoplasma. Definição de estratégias, estudos e metodologias necessárias para estabelecer os procedimentos relacionados com a identificação do valor socioeconômico do germoplasma e seu potencial de utilização no apoio a programas específicos para agricultura, saúde, indústria, bioindústria e manejo ambiental.

Definição de bases para estabelecer os custos operacionais das redes regionais. Definição de custos e alternativas necessárias para estabelecer, manter e operar redes de recursos genéticos relacionadas com os programas de desenvolvimento regional.

Intercâmbio e cessão de germoplasma. Definição dos procedimentos, atribuições e responsabilidades no estabelecimento de um sistema de intercâmbio e cessão de germoplasma, com ênfase aos aspectos da sanidade e ao valor socioeconômico.

Documentação e informação. Definição das bases para o estabelecimento de um sistema de documentação e informação sobre os recursos genéticos regionais, e

Definição de oportunidades empresariais. Identificação, levantamento, análise e diagnóstico tanto da demanda de acessos, características genéticas ou insumos potenciais do germoplasma em mercados locais, regionais e internacionais, como das oportunidades empresariais para uma ação conjunta em consórcios de universidades, entidades públicas e entidades privadas em relação a geração, validação de tecnologias e negócios que estimulem o aproveitamento socioeconômico da diversidade genética de cada região.

Ao levar em conta o potencial científico-tecnológico disponível para apoiar alternativas empresariais, é possível afirmar que as linhas a seguir oferecem perspectivas:

- para a produção agrícola: (a) propagação por meio de cultura de tecidos e órgãos de plantas arbóreas e herbáceas de espécies florestais, medicinais, aromáticas, inseticidas, corantes e ornamentais; (b) limpeza clonal de plantas e sementes; (c) cultura de microrganismos para uso alimentar e produção de fármacos; (c) aquacultura (moluscos, crustáceos, peixes e algas); e (d) biofertilizantes (compostos orgânicos, inoculantes, micorrizas etc.);

- para processos bioindustriais tradicionais: (a) produção de biomassa microbial como fonte protéica suplementar para produtos de uso tradicional; (b) obtenção de polissacarídeos, antibióticos, álcool etc., por meio do metabolismo de microrganismos; (c) tratamento de resíduos, reciclagem, produção de biogás e destruição do substrato orgânico como meio para controlar a poluição ambiental; (d) melhoramento de processos fermentativos, para produção de laticínios, conservação de forragens, bebidas e bioenergia; e (e) industrialização de frutas silvestres e produção de condimentos e aromatizantes;

- para processos bioindustriais modernos: (a) produção de substâncias biologicamente ativas por meio do uso de microrganismos transformados por engenharia genética; (b) produção de bioinseticidas e de agentes de controle biológico; (c) produção de kits para o diagnóstico de patógenos, toxinas e antígenos, para uso agrícola e industrial de interesse na produção de alimentos; (d) produção de aditivos, corantes e aromatizantes para uso na indústria de alimentos; (e) transferência de embriões em animais domésticos; e (f) obtenção de organismos desejáveis por meio da transferência de genes.

Conseqüentemente, o programa para aproveitamento dos recursos oferecidos pela biodiversidade deve repousar sobre etapas bem distintas e complementares dirigidas a promover impactos tecnológicos expressivos e desejáveis para que ocorram mudanças significativas na estrutura socioeconômica regional, com baixos níveis de degradação do meio ambiente e dos recursos da biodiversidade. Para que esta situação seja alcançada, torna-se necessário efetivar os seguintes aspectos: (i) adoção de uma política plurianual estável, com objetivos claros e sem possibilidades de apresentar solução de continuidade; (ii) coordenação regional para o ordenamento das ações institucionais; e (iii) estabelecimento de um componente de fortalecimento institucional para cada região.

## Coleção Nuclear e Uso do Germoplasma

Embora as atividades de recursos genéticos tenham sido iniciadas na década de 70, presentemente os melhoristas mantêm suas coleções de trabalho pessoais ou de seus programas de pesquisa. Mesmo não chegando a representar a variabilidade genética das populações de que se originaram, estas coleções mantêm as principais características genéticas pelas quais foram obtidas. Provavelmente uma das principais razões para manter esta situação é o número excessivo de acessos nas coleções de germoplasma e o desconhecimento de seu valor genético.

Considerando que as coleções de germoplasma raramente têm sido organizadas de forma estruturada, é fácil imaginar que elas apresentam elevados níveis de caracteres genéticos redundantes e, em muitos casos, de acessos geneticamente duplicados. Esta situação poderá ainda agravar-se se o germoplasma não foi bem caracterizado e avaliado, ou se foram freqüentes os erros de documentação.

Nesta situação, dispor de uma coleção nuclear (Core), ou seja, uma coleção de germoplasma com 10% a 20% do tamanho original e com 70% da variabilidade genética original organizada em agrupamentos ou estratos (Brown, 1989a,b), é uma situação altamente desejável, não apenas para facilitar e diminuir os custos dos procedimentos de conservação mas, principalmente, para estimular o uso do germoplasma. Todavia, é importante destacar que embora a Core possa substituir a coleção ativa (Colativa), não é recomendável que substitua a coleção de base (Colbase), uma vez que esta última deve ser considerada como o último reduto para conservar a variabilidade genética capturada na natureza.

Por outro lado, é importante lembrar que o estabelecimento deste tipo de coleção não é uma estratégia para conservar o germoplasma, mas tem como principal objetivo estimular sua utilização, uma vez que sua organização, manejo e uso sempre deverá ser o resultado de um relacionamento muito estreito entre curadores de germoplasma e melhoristas. Neste aspecto, se bem organizada, uma Core deverá constituir um dos mais importantes instrumentos para a pesquisa em geral e para o melhoramento genético em especial, já que permitirá um manejo mais fácil e a disponibilidade de amostras e informações.

Assim, a condição essencial para organizar uma Core repousa não somente na necessidade de representar o máximo da diversidade genética dentro do

menor número de acessos, mas está fortemente dirigida a colocar à disposição da pesquisa os caracteres genéticos de maior interesse. Pode-se concluir que a Core aparece como uma coleção de germoplasma atraente para o melhorista, uma vez que sua estrutura vai ao encontro das suas necessidades.

Neste aspecto, a estrutura para a Core, proposta por Cordeiro et al. (1995) e complementada por Vilela-Morales et al. (1995), parece possuir as características necessárias para promover o aumento sensível no nível de utilização do germoplasma, como pode ser observado a seguir: (a) landraces ou germoplasma primitivo coletado em diferentes biomas; (b) germoplasma elite utilizado com finalidade comercial; (c) híbridos e linhagens avançadas utilizadas freqüentemente nos procedimentos de melhoramento genético; (d) germoplasma de espécies silvestres obtido nos genepools relacionados com a espécie de interesse; e (e) estoques genéticos relativos aos caracteres qualitativos ou quantitativos de interesse, como mutações gênicas, euplóides, aneuplóides, fontes de esterilidade e de resistência a condições adversas.

## BASES PARA O APROVEITAMENTO DOS RECURSOS GENÉTICOS AUTÓCTONES

### Recursos Limitados como Barreiras

Muitas das atividades empresariais do mundo moderno, além de apresentar alta especialização, utilizam tecnologias modernas de forma bastante intensa. Em geral dedicam-se à produção de energia alternativa, alimentos, fármacos ou produtos de importância socioeconômica e alta rentabilidade. Entretanto, comumente apresentam uma demanda reprimida muito intensa por fontes alternativas de variabilidade genética.

De fato, as estruturas genéticas que podem melhorar a produtividade e/ou a qualidade dos produtos de uma espécie e, de forma estratégica, de outras espécies, constituem um grupo de insumos estratégicos e de baixo custo, uma vez que provavelmente já estão disponíveis na natureza. Assim, uma das demandas mais sentidas nos programas de pesquisa agrícola, sobretudo nos segmentos dedicados ao melhoramento genético, dirige-se à disponibilidade da variabilidade genética em níveis compatíveis com aqueles que provavelmente estão ocorrendo nos diferentes genepools.

Para manter e oferecer esta variabilidade genética, têm sido organizadas as coleções de base (Colbases) e as coleções ativas (Colativas), com metodologias que evitam ou diminuem as possíveis alterações genéticas que podem ocorrer durante o manejo do germoplasma. Em geral, estas coleções funcionam bem para o germoplasma conservado na forma de sementes ortodoxas, que suportam bem as condições de frio. Todavia, um grande número de espécies tropicais e subtropicais apresenta sementes recalcitrantes que, por não suportarem a conservação sob condições de frio, têm que ser mantidas em condições de campo junto com o germoplasma de propagação clonal e as progênies de plantas perenes obtidas como amostras populacionais, ou mesmo *in vitro* ou em criopreservação.

Coincidentemente, os países que possuem altos níveis de diversidade biológica, em geral possuem um grau elevado de dificuldades ou barreiras para promover a identificação do potencial genético, a conservação do germoplasma sob níveis baixos ou nulos de erosão genética e o aproveitamento do germoplasma em programas de desenvolvimento. Em geral, esta situação é provocada pela falta de recursos humanos e financeiros em níveis qualitativos e quantitativos adequados.

Assim, para situações em que o volume de biodiversidade é expressivo, existe a possibilidade de também ocorrerem níveis elevados de recursos genéticos potenciais, em muitos casos com perspectivas de alto retorno econômico ou de importância estratégica. Entretanto, sua identificação, disponibilidade e aproveitamento apresentam barreiras ou dificuldades em geral provocadas pelos seguintes aspectos: (a) falta de recursos humanos, físicos e financeiros em níveis adequados; (b) precariedade apresentada pelas áreas de conservação ambiental como apoio para estimular e sediar procedimentos de conservação *in situ*; (c) ausência de tecnologias adequadas para promover a conservação *ex situ*, em condições de frigidificação ou laboratoriais; e (d) necessidade de grandes áreas e altos custos para implantar procedimentos de conservação *ex situ*, em condições de campo.

Todavia, é um fato conhecido que, em geral, os procedimentos utilizados para conservação a campo apresentam custos operacionais elevados e o constante risco de perda do germoplasma por diversos fatores, como são: os desastres naturais, as condições ambientais adversas, os riscos de contaminação com pragas e doenças e, em muitos casos, as deficiências de

cunho técnico-administrativas no curto prazo. Por outro lado, na organização de coleções de germoplasma é recomendável levar em consideração enfoques genético-ecológicos, como: (a) manter o máximo possível da diversidade genética de interesse para os programas de melhoramento genético (Breese, 1989a); (b) estabelecer um enfoque ecológico para a coleta e conservação de germoplasma, de maneira que diferencie ecotipos silvestres e cultivares primitivas ou landraces (Breese, 1989b); e (c) definir o tamanho amostral levando em conta o tamanho efetivo como procedimento adequado para capturar e manter a variabilidade genética existente na população amostrada (Vencovsky, 1986).

Especialmente em países emergentes, os modelos adotados para o desenvolvimento agrícola têm sido, na sua maioria, fundamentados em produtos, tecnologias, insumos e demandas globais e, raramente, em demandas regionais ou nacionais. Este desconhecimento do potencial socioeconômico oferecido pela biodiversidade autóctone e os altos custos para identificá-la, provavelmente são os fatores mais acentuados para manter esta situação. Como conseqüência, muitos programas de desenvolvimento agrícola têm sido estabelecidos sem valorizar este potencial estratégico. Ao mesmo tempo, continua a ocorrer uma perda sistemática de diversidade biológica e sua substituição por germoplasma de culturas e criações empresarialmente superiores (Breese, 1989b; Clark & Juma, 1991).

### Fortalecimento Institucional

Os recursos genéticos constituem um conjunto de atividades tipicamente interinstitucionais, embora a necessidade de uma coordenação centralizada em uma instituição especializada e com tradição no assunto seja observada com facilidade. Assim, as atividades e procedimentos envolvem a aplicação de elevado grau de conhecimento técnico-científico, não apenas no sentido de conservar o germoplasma no longo prazo, mas principalmente para identificar o potencial do germoplasma e estimular sua utilização. Entre as atividades a considerar, as seguintes apresentam maior expressão:

Prospecção e coleta, para capturar de forma ordenada, a diversidade genética apresentada pelos complexos gênicos ou genepools da espécie, de maneira a torná-la disponível na forma de variabilidade genética. De uma maneira geral, a coleta de germoplasma tem por finalidade: (a) obter germoplasma de produtos ou culturas tradicionalmente utilizados ou com interesse social, econômico,

ambiental ou cultural; (b) obter germoplasma de produtos ou culturas com potencial de uso alternativo; e (c) salvar germoplasma localizado em áreas que apresentem riscos expressivos de destruição.

Intercâmbio e quarentena, para enriquecer a qualidade genética do germoplasma disponível, levando em conta os seguintes aspectos: (a) tamanho da amostra para representar de forma consistente a variabilidade genética da população desejada; (b) estado sanitário da amostra, para evitar a introdução ou disseminação de pragas e patógenos; (c) disponibilidade de procedimentos para inspeção sanitária que evitem a descaracterização genética da amostra; e (d) disponibilidade de procedimentos de quarentena dirigidos a eliminar as pragas e patógenos, sem promover o descarte do germoplasma obtido.

Conservação de germoplasma, para conservar e manter disponível o máximo da variabilidade genética encontrada em populações silvestres e cultivadas, com o objetivo de oferecê-la aos programas de ciência e tecnologia, principalmente para o melhoramento genético. Para isto, torna-se fundamental que sejam estudados os seguintes aspectos (Hodgkin & Debouk, 1992): levantar o relacionamento filogenético das espécies e a evolução da espécie de interesse; (b) levantar o volume de diversidade presente nos diferentes complexos gênicos ou genepools da espécie de interesse; (c) levantar informações sobre a distribuição da diversidade dentro dos genepools em relação a fatores climáticos, ecológicos e geográficos; e (d) desenvolver técnicas que aumentem a eficiência das estratégias da conservação *in situ* e *ex situ*.

Caracterização e avaliação para estabelecer diferenças ou semelhanças entre acessos de germoplasma, como principalmente para estimular sua utilização em programas científicos e de desenvolvimento. Quando possível, devem ser realizadas em duas etapas: (a) caracterização ou classificação dos acessos por seus caracteres qualitativos; e (b) avaliação ou qualificação dos acessos por seus caracteres quantitativos ou métricos, frequentemente relacionados com seu potencial de utilização (Vilela-Morales, 1988). Estas atividades envolvem ações complementares em laboratórios e no campo, dirigidas não somente a caracterizar, avaliar e diferenciar os acessos, mas sobretudo para encontrar características que estimulem a utilização do germoplasma. Com o objetivo de aumentar a precisão e a eficiência para determinar esta potencialidade, é recomendável combinar e complementar os procedimentos a serem utilizados para encontrar diferenças morfológicas e citogenéticas, com aqueles dirigidos

a encontrar qualidades ou características agronômicas ou industriais, inclusive validando e correlacionando os caracteres genéticos pelo uso de tecnologias modernas, como isoenzimas (Abler et al., 1991), RFLP - Restriction Fragment Length Polymorphism e procedimentos fundamentados no PCR - Polymerase Chain Reaction, como o RAPD - Random Amplified Polimorphic DNA, além do AFLP - Amplified Fragment Length Polymorphism, bem como o SSR - Simple Sequence Repeats, também denominado de marcadores baseados na amplificação de microsatélites (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Mais recentemente os microarrays de DNA e chips de genes têm sido usados para estudos sobre a biologia das plantas, incluindo o metabolismo, bem como para a expressão e função de genes (DellaPenna, 1999; Somerville & Somerville, 1999).

Ainda neste aspecto, Vilela-Morales et al. (1993) consideram que a utilização do germoplasma será fortemente influenciada pelo conhecimento de suas características e estrutura genética, tornando-se fundamental que os seguintes aspectos sejam estudados: (a) sistemática e evolução; (b) variação genética e genepools; (c) biologia da reprodução e barreiras reprodutivas; (d) mapeamento genético; (e) caracteres morfológicos; (f) caracteres fisiológicos; (g) caracteres de adaptação ambiental; (h) caracteres de resistência a doenças e pragas; (i) caracteres de interesse agrícola ou industrial; e (j) organização de pre-breeding lines. Assim, objetivando aplicar ordenadamente os descritores, é recomendável que as listas sejam organizadas em pelo menos dois grupos: listas mínimas ou básicas, e listas complementares ou diferenciais.

A documentação e a informação têm sido dirigidas para o processamento e monitoramento das informações relacionadas com a distribuição da diversidade genética, o enriquecimento da variabilidade genética (coleta e intercâmbio de germoplasma), inventário das coleções existentes, monitoramento do estado de conservação dos acessos e caracterização e avaliação do germoplasma. As ações a serem implementadas devem permitir que os dados sejam arquivados criteriosamente para permitir que sua recuperação seja rápida, integral e consistente. Ainda com o objetivo de oferecer consistência e integridade entre os diferentes tipos de dados, Vilela-Morales (1982), Monteiro (1984) e Vilela-Morales (1988) têm sugerido que as informações sejam reunidas nos seguintes agrupamentos: dados de identificação (também denominados de passaporte), dados de obtenção (coleta ou intercâmbio), dados de caracterização e avaliação, e dados sobre conservação, inventário e disponibilidade de germoplasma. Por

outro lado, levando em conta o componente estratégico que representam as atividades de documentação e informação para recursos genéticos, Vilela-Morales (1988) tem recomendado que sejam implementadas e/ou dinamizadas três outras linhas da informática: (a) automação laboratorial; (b) sistemas especialistas utilizando inteligência artificial; e (c) sistemas geográficos e de sensoriamento remoto para auxiliar nas atividades de conservação in situ e de coleta de germoplasma.

Ao observar-se a realidade nacional, na qual as ações institucionais propostas para promover o desenvolvimento são, em geral, pontuais, isoladas e débeis, verifica-se a necessidade de promover uma integração entre três componentes estratégicos: (a) estudos científicos fundamentais, com intensa participação de instituições universitárias; (b) estudos científicos tecnológicos com o objetivo de tornar disponíveis tecnologias desejáveis, com intensa participação de instituições especializadas em conservação ambiental e desenvolvimento; e (c) estudos socioeconômicos para a elaboração e a coordenação de programas de desenvolvimento, com intensa participação de instituições especializadas em desenvolvimento regional e do setor produtivo do segmento empresarial.

A disponibilidade de um sistema de recursos genéticos, com um forte enfoque sistêmico, parece ser uma ação altamente desejável. Todavia, seu planejamento, organização e manejo devem levar em conta os objetivos a serem alcançados, as atividades propostas, a fundamentação técnico-científica necessária, as experiências institucionais e as alternativas organizacionais.

Um sistema de recursos genéticos não pode ser apenas uma estrutura especializada em obter, observar e fornecer amostras de germoplasma, ou, pior ainda, um mostruário ou museu de germoplasma em que, muitas vezes, nem sequer se conhecem os dados de identificação ou de passaporte e muito menos aqueles relacionados com as características ou potencial de uso do germoplasma. De fato, um sistema de recursos genéticos, além de manter acessos representando populações que conservem suas características genéticas, deve oferecer disponibilidade de amostras para atender à demanda e dispor de canais adequados para manter um estreito relacionamento interinstitucional de mútuas responsabilidades. Assim, as atividades institucionais de recursos genéticos são de fato constituídas por uma série de ações típicas de interação e complementação institucional, uma vez que o conhecimento necessário para estimular o levantamento, estudo e aproveitamento empresarial do germoplasma esta distribuído entre diferentes instituições especializadas.

A força desta afirmação reside exatamente no alto grau de especialização técnico-científica apresentado por aqueles centros e pelo baixo nível de interação institucional, de colaboração e sobretudo de complementação das atividades por eles desenvolvidas. Assim, embora tenha sido reconhecida parte do potencial da diversidade genética autóctone de alguns biomas, pouco tem sido feito quanto à conservação da variação genética potencial e disponível e principalmente, poucos esforços têm sido realizados para seu aproveitamento socioeconômico em níveis empresariais.

Alguns avanços, como a melhor performance de culturas tradicionais em cada região e os sistemas extrativistas que vêm sendo estimulados, não apresentam um maior potencial de negócios empresariais, pois continuam explorando somente o segmento da diversidade genética que tradicionalmente já vinha sendo utilizado. Torna-se necessário o estabelecimento de ações institucionais conjuntas que permitam conhecer tanto o potencial genético da biodiversidade regional, como o potencial social, econômico e cultural dos recursos genéticos de cada bioma e, ao mesmo tempo, estimular uma ação conjunta, provavelmente por meio de consórcios que permitam a participação de segmentos expressivos da iniciativa privada.

Ainda no que diz respeito a um programa de integração institucional, parece importante que seja preferida a coordenação dos programas por instituições responsáveis pelo desenvolvimento regional, uma vez que, pela própria idiosincrasia e vocação, os centros de excelência poderão provocar desvios acentuados na elaboração e na condução da política a ser estabelecida. Parece fundamental também, levar em consideração que o fortalecimento institucional e o reconhecimento de competências dos centros de excelência poderão ser os pontos decisivos para que o modelo que vem sendo sugerido seja implementado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLER, B. S. B.; EDWARDS, M. D.; STUBER, C. W. Isoenzymatic: Identification of quantitative trait loci in crosses of elite maize inbreds. *Crop Science*, v. 31, p. 267-274, 1991.
- ANDERSON, A.B.; MAY, P. H.; BALICK, M. J. The subsidy from nature: palm forests, peasantry, and development on an Amazon frontier. New York: Columbia University Press, 1991. 233 p.

- BREESE, E. L. Regeneration and multiplication of germplasm resources in seed genebanks: The scientific background. Rome: IBPGR, 1989a. 69 p.
- BREESE, E. L. Multiplication and regeneration of germplasm. In: STALKER, H. T.; CHAPMAN, C., ed. Scientific management of germoplasm characterization: evaluation and enhancement. Rome: IBPGR-North Carolina State University, 1989b. p.:17-21. (IBPGR Training Courses. Lecture Series, 2).
- BROWN, A. H. D. The case for core collections. In: BROWN, A. H. D.; FRANKEL, O. H.; MARSHALL, D. R.; WILLIAMS, J. T., ed. The use of plant genetic resources. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989a. p.136–156.
- BROWN, A. H. D. Core collections: A practical approach to genetic resources management. *Genome*,31, p. 818-24, 1989b.
- CLARK, N.; JUMA, C. Biotechnology for sustainable development. Policy options for developing countries. Nairobi: African Centre for Technology Studies, 1991. 117 p.
- CORDEIRO, C. M. T.; VILELA-MORALES, E. A.; FERREIRA, P.; ROCHA, D. M. S.; COSTA, I. R. S.; VALOIS, A. C. C.; SILVA, S. Towards a Brazilian core collection for cassava. In: HODGKIN, T.; BROWN, A. H. D.; HINTUM, T. J. L.; VILELA-MORALES, E. A., ed. Core collections of plant genetic resources. New York: John Wiley & Sons, 1995. p.155-167.
- DELLAPENNA, D. Nutritional genomics: manipulating plant micronutrients to improve human health. *Science*, v. 285, n.5426, p.375-379, 1999.
- DUVICK, D. N. Genetic diversity in major crops on the farm and in reserve. *Econ. Bot.*, v. 38, p.161-178, 1984.
- FALK, D.A. Integrated strategies for conserving plant genetic diversity. *Ann. Missouri Bot. Gard.* v. 77, p. 38-47, 1990.
- FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 3. ed. Brasília: Embrapa – Cenargen, 1998. 220p. (Embrapa – Cenargen. Documentos, 20).
- GIACOMETTI, D. C. The management of genetic resources as a component of biologicaldiversity. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1992.11p.

- HAHN, S. K.; TERRY, E. R.; LEUSCHNER, K. Breeding cassava for resistance to cassava mosaic disease. *Euphytica*, v. 29, n. 3, p. 673-683, 1980.
- HARLAN, J. R.; WET, J. M. J. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon.*, v. 20, p. 509-517, 1971.
- HODGKIN, T.; DEBOUCK, D. B. Molecular genetics in the use of wild species for crop improvement. In: ADAMS, R. P.; ADAMS, J. E., ed. Conservation of plant genes. DNA banking and in vitro biotechnology. San Diego, California: Academic Press, Inc., 1992. p. 153-181.
- KEYSTONE CENTER. Keystone Madras Dialogue. Washington: Genetic Resources Communication Systems, Inc., 1990. 30 p.
- KOBAYASHI, M.; SAKAMOTO, S. Utilization of exotic germplasm in sweet potato breeding. In: SUZUKI, S., ed. Crop genetic resources of east Asia. Tsukuba, international board for plant genetic resources, Proceedings..., 1988. 286 p.
- MATTICK, J. S.; ABLETT, E. M.; EDMONSON, D. L. The gene library – preservation and analysis of genetic diversity in Australia. In: ADAMS, R. P.; ADAMS, J. E., ed. Conservation of plant genes. DNA banking and in vitro biotechnology. San Diego, California: Academic, Press, Inc., 1992. p.15-35.
- McNEELY, J. A.; MILLER, K. R.; REID, W.; MITTERMEIER, R. A.; WERNER, T. B. Conserving the world's biological diversity – Gland, Switzerland, Washington: IUCN/WRI/CI/WWF-US/World Bank, 1990. 193 p.
- MONTEIRO, J. S. Sistema de informações de recursos genéticos: – Projeto Lógico. Brasília: Embrapa/DMQ, 1984.152 p.
- NASS, L. L.; PELLICANO, I. J.; VALOIS, A. C. C. Utilization of genetic resources for maize and soybean breeding in Brazil. *Brazil J. Genetics*. v. 16, n. 4, p. 983-988, 1993.
- SOMERVILLE, C.; SOMERVILLE, S. Plant functional genomics. *Science*, v. 285, n. 5426, p.380-383, 1999.
- UNEP. Convention on biological diversity. Rio de Janeiro: United Nations Environment Programme (UNEP), 1992. 24 p. (Na. 92-7807).

- VALOIS, A. C. C. Expressão de caracteres em seringueira e obtenção de clones produtivos e resistentes ao mal-das-folhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.18, n.9, p. 1015-1020. 1983.
- VALOIS, A. C. C. Genetic resources of palms. *Acta Horticulturae – Ornamental Palms I*, n.360, p. 113-120, 1994.
- VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1986. 15 p.
- VILELA-MORALES, E. A. Informática de recursos genéticos. In: ENCONTRO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS DA EMBRAPA. Memória do Primeiro..., Brasília: Embrapa-DMQ, 1982. p. 315-323.
- VILELA-MORALES, E. A. Documentação e informática de recursos genéticos. In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS, 1., 1988, Anais... Jaboticabal: UNESP-FCAV, 1988. p. 135-147.
- VILELA-MORALES, E. A.; VALOIS, A. C. C.; COSTA, I. R. S. Regras para denominação e codificação de germoplasma vegetal. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1 v. 1993. Inédito.
- VILELA-MORALES, E. A.; VALOIS, A. C. C.; COSTA, I. R. S.. Core collections for genebanks with limited resources. In: HODGKIN, T.; BROWN, A.H.D.; HINTUM, T.J.L.; VILELA-MORALES, E. A., ed. Core collections of plant genetic resources. New York: John Wiley & Sons, 1995. p. 241-249.
- WATSON, I. The utilization of wild species in the breeding of cultivated crops resistant to plant pathogens. In: FRANKEL, O.; BENNET, E., ed. Genetic resources in plants. London: IBPGR, 1970. p. 441-457.
- WILSON, E. O. The current state of biological diversity. In: WILSON, E. O.; PETER, F. M., ed. Biodiversity. Washington: National Academy Press, 1988. p. 3-18.