

# DIVERSIDADE BIOLÓGICA, RECURSOS GENÉTICOS E A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA.

Marcio de Miranda Santos<sup>1</sup>

## I- Introdução

No ano 2025, estima-se que existirão 8,5 bilhões de habitantes no nosso planeta, dos quais 7 bilhões estarão vivendo em países em desenvolvimento da Ásia, África e América Latina. Estará o mundo preparado para produzir e distribuir alimentos para esta população, de forma sustentável e sem degradar o meio ambiente?

Dois possíveis cenários se colocam em relação à esta questão. No primeiro, alguns países industrializados continuarão a produzir alimentos bem acima das suas necessidades e exportar o excesso da produção para países em desenvolvimento. Neste caso, os países desenvolvidos deverão exportar cerca de 300 milhões de toneladas por ano de grãos para o mundo em desenvolvimento em 2025. Se forem levadas em consideração as necessidades plenas dos pobres nesta época, outras 400 milhões de toneladas de grãos teriam que ser distribuídas por ano, na forma de ajuda humanitária, ao custo de 44 bilhões de dólares por ano, aos preços de 1988.

No segundo, países em desenvolvimento irão aumentar significativamente suas próprias produção de alimentos de forma a suprir suas necessidades, inclusive aquelas das populações carentes, investindo pesadamente em desenvolvimento agrícola, como parte do processo geral de desenvolvimento.

Em quaisquer das situações acima, o uso sustentável de recursos genéticos terá grande importância estratégica, visando manter níveis adequados de produtividade, a custos baixos e minimizando os impactos ambientais. O acesso a ampla diversidade genética das espécies de plantas, animais e microorganismos de interesse agrícola, especialmente dos cultivos associados a matriz de alimentação humana, tem se constituído em um dos fatores chaves para o sucesso das atividades de melhoramento genético e, por consequência, para o desenvolvimento das variedades de plantas e de raças animais que alimentam parte significativa da população mundial. Sua conservação e uso é, portanto, uma necessidade estratégica a ser considerada na implementação de políticas e mecanismos voltados para a garantia de produção sustentável de alimentos básicos.

---

<sup>1</sup> Chefe do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento-DPD da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. SAIN Parque Rural, Final W5 Norte. 70770-Brasília-DF. Correio eletrônico <marcio@sede.embrapa.br>

Muitos dos recursos genéticos que podem ser vitais para o futuro da agricultura encontram-se hoje ameaçados de extinção ou podem ter sido perdidos para sempre. Como causas mais frequentes para este fenômeno, podem ser apontadas a substituição de variedades locais por variedades modernas, a super exploração dos recursos biológicos, as diversas formas de pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais e, ainda, programas e políticas de desenvolvimento que não levam em consideração possíveis impactos ambientais, especialmente aqueles associados à perda da diversidade biológica dos principais biomas existentes.

Este trabalho visa apresentar a situação presente e planos internacionais relacionados com a conservação e uso sustentável dos recursos genéticos para agricultura e alimentação e discutir aspectos relacionados com a importância da biodiversidade com a sustentabilidade da agricultura.

## **II- Recursos Genéticos para Agricultura e Alimentação (RGAA).**

Por recursos genéticos para agricultura e alimentação entende-se os materiais genéticos de valor atual ou potencial utilizados em sistemas de produção agrícola e pertencentes as seguintes categorias: a) espécies silvestres; b) espécies de parentes silvestres das plantas cultivadas; c) raças locais de plantas e animais; d) variedades primitivas ou obsoletas; e) variedades de plantas e raças animais modernas; f) linhagens de melhoramento e populações experimentais; g) linhagens com características genéticas e citogenéticas especiais. Recursos genéticos de algumas destas categorias podem ser encontrados tanto em condições *in-situ* como em condições *ex-situ*, tais como as espécies silvestres, parentes silvestres de plantas cultivadas, raças locais e variedades primitivas ou obsoletas.

O uso da diversidade biológica para fins agrícolas envolve apenas uma pequena fração das aproximadamente 260.000 espécies de plantas descritas. Destas, 7000 são utilizadas na agricultura e na alimentação, cerca de 100 são usadas como alimentos básicos da população mundial, 30 espécies respondem por 90% do consumo de calorias na alimentação humana e 3 espécies (arroz, milho e trigo) são responsáveis por cerca de 70% do consumo mundial de alimentos.

Cerca de 6 milhões de amostras de recursos genéticos utilizados em agricultura e alimentação são conservadas em cerca de 1300 bancos de germoplasma *ex-situ* existentes em âmbito mundial. A distribuição regional destes materiais é apresentada na tabela a seguir:

Região	Acessos		Bancos de germoplasma	
	Número	%	Número	%
África	353 523	6	124	10
América Latina e Caribe	642 405	12	227	17
América do Norte	762 061	14	101	8
Saia	1 533 979	28	293	22
Europa	1 934 574	35	496	38
Oriente próximo	327 963	6	67	5
Total (regiões)	5 554 505	100	1 308	100
CGIAR	593 191		12	
Total	6 147 696		1 320	

A maior parte dos recursos genéticos mantidos em bancos de germoplasma *ex-situ* se referem às espécies de cereais (48%), leguminosas de grão (16%), forrageiras (10%), hortaliças (8%), frutas, inclusive *Musa* (4%), raízes e tubérculos (4%). Outros grupos de plantas, aí incluídas as plantas industriais (fibrosas, oleaginosas não alimentícias, ornamentais, etc.) são responsáveis pelos outros 10% do total de recursos genéticos mantidos em coleções *ex-situ*.

A situação das coleções *ex-situ* de RGAA, no entanto, é muito preocupante. Na maior parte dos bancos de germoplasma mantidos por instituições nacionais e internacionais apresentam problemas crônicos relacionados com a manutenção das coleções, sua multiplicação, regeneração e distribuição, sem falar da falta generalizada de dados sobre a origem e caracterização dos acessos em conservação, um dos principais fatores para a baixa taxa de utilização destes materiais em programas de melhoramento.

Além dos aspectos puramente orçamentários, a melhoria da atuação dos bancos de germoplasma estará associada à implementação dos seguintes fatores: redução de custos operacionais de conservação, multiplicação e regeneração; aumento substancial da quantidade, da qualidade e da distribuição de informação associada aos materiais em conservação; forte interação com programas de melhoramento dos setores públicos e privados em atividades de avaliação preliminar de acessos e “pre-breeding”; desenvolvimento de coleções nucleares (core collections), concentradoras de variabilidade genética, especialmente para as grandes coleções de germoplasma; integração de estratégias de conservação *ex situ* com sistemas de conservação e uso da variabilidade genética *in situ*; implementação de sistemas de intercâmbio de materiais genéticos ágeis e seguros.

Em 23 junho de 1996, durante a Conferência Internacional sobre Recursos Genéticos Vegetais realizada na cidade alemã de Leipzig, foi adotado o Plano Global de Ação Para a Conservação e Uso Sustentável dos Recursos Genéticos para a Agricultura e Alimentação. O Plano Global de Ação é um elemento importante do Sistema para a Conservação e Utilização de Recursos Genéticos da Food and Agriculture Organization-FAO, uma organização das Nações Unidas, compreendendo 20 atividades prioritárias associadas à 4 áreas de atuação, conforme mostrado no quadro abaixo. A sua

implementação é um compromisso assumido por mais de 150 países presentes em Leipzig, nos âmbitos nacional, regional e internacional.

FAO - Plano Global de Ação para a Conservação e Uso Sustentável dos Recursos Genéticos Vegetais para a Agricultura e Alimentação-RGVAA

Áreas e Atividades Prioritárias

***Conservação e Desenvolvimento in situ***

- 1- Levantamento e Inventário dos RGVAA
- 2- Apoio ao manejo e melhoramento de RGVAA mantidos “on-farm”
- 3- Assistência a produtores em situações de desastre visando recompor sistemas de produção agrícola
- 4- Promover a conservação *in situ* de parentes silvestres das plantas cultivadas e de plantas silvestres usadas para alimentação

***Conservação ex situ***

- 5- Suporte às coleções *ex situ* existentes
- 6- Regeneração dos acessos ameaçados em coleções *ex situ*
- 7- Apoio à coleta planejada e orientada de RGVAA
- 8- Expansão das atividades de Conservação *ex situ*

**Utilização de recursos genéticos vegetais**

- 9- Expansão da caracterização, avaliação e número de coleções nucleares (“core collections”) visando facilitar o uso de recursos genéticos
- 10- Ampliar os esforços para melhorar e ampliar a base genética dos cultivos
- 11- Promoção da agricultura sustentável por meio de mais ampla diversidade de produtos agrícolas e da diversificação de cultivos
- 12- Promoção do desenvolvimento e comercialização de espécies e cultivos sub-utilizados
- 13- Apoio à produção e distribuição de sementes
- 14- Desenvolvimento de novos mercados para variedades locais e produtos “ricos em diversidade”

**Desenvolvimento e capacitação institucional**

- 15- Desenvolvimento de programas nacionais fortes
- 16- Promoção de redes de cooperação em RGVAA
- 17- Criação de sistemas de informação abrangentes sobre RGVAA
- 18- Desenvolvimento e monitoramento de sistemas de alerta prévio sobre a perda de RGVAA
- 19- Expansão e melhoria da educação e treinamento
- 20- Promoção da conscientização pública sobre o valor da conservação e uso dos RGVAA

**III- Recursos genéticos de microorganismos**

Existem cerca de 484 coleções de cultura de microorganismos registradas na base de dados do Centro Mundial de Dados sobre Microorganismos (WDCM), pertencente à Federação Mundial de Coleções de Cultura (WFCC). Estas coleções, distribuídas em 58 países, oferecem os seguintes tipos de serviços: preservação e manutenção de culturas a longo prazo; distribuição; caracterização e identificação;

manejo e fornecimento de dados sobre as coleções em conservação; depósito de microorganismos patenteados; depósito de segurança para interessados; teste de controle de qualidade; teste de microorganismos e consultoria especializada; suprimento de raças padrão para pesquisa; e treinamento. São contabilizadas nestas coleções 815 568 culturas, das quais 22 175 são mantidas por 54 coleções na América Latina. Destas últimas, 10 980 culturas são mantidas por 44 coleções no Brasil. Nos Estados Unidos, 31 coleções preservam 188 248 culturas, o maior número de culturas mantidas por somente um país no mundo.

O uso da engenharia genética no desenvolvimento de cultivares fez crescer a importância das coleções de cultura de microorganismos como fonte potencial de genes de interesse agrícola, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de variedades resistentes a pragas, doenças e herbicidas. Como exemplo, espécies de fungos são responsáveis por 80% das doenças de insetos, estimando-se existirem que cerca de 700 espécies de fungos entomopatogênicos, pertencentes a 60 gêneros. Os gêneros considerados mais importantes para o controle biológico são *Metarhizium*, *Beauveria*, *Nomuraea*, *Aschersonia* e *Entomophthora*. Ainda a título de ilustração, até 1981 foram isoladas 23 variedades de *Bacillus thuringiensis* de 12 espécies de insetos originários de várias regiões do planeta. Outra espécie de *Bacillus* com grande potencial para o controle biológico de insetos é *Bacillus cereus*, saprófita de solos de grande distribuição geográfica.

A atividade antagonista, por sua vez, está diretamente relacionada com características de solo como, por exemplo, no caso da ação de *Pseudomonas fluorescens*, estirpe 2-79, sobre o fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis*, onde foram encontradas correlações positivas com a antagonicidade para a percentagem de areia, pH, sulfato, nitrato e conteúdo de Na e Zn. Por outro lado, correlações negativas com a antagonicidade foram observadas para alta % de argila e silte, acidez trocável, conteúdo de Fe e Mn, teor de matéria orgânica, carbono total e nitrogênio total.

#### **IV- Biodiversidade e a sustentabilidade da agricultura**

A conservação e uso sustentável da biodiversidade é fundamental para o funcionamento equilibrado dos sistemas de produção agrícola. O uso diversificado de recursos genéticos, por outro lado, é parte indissociável do conceito de sustentabilidade da produção agrícola, assim como a manutenção dos sistemas agrícolas é fundamental para a conservação da agrobiodiversidade.

Agricultura e conservação da diversidade biológica não são, necessariamente, atividades conflitantes. Algumas espécies dependem dos agroecossistemas para sua sobrevivência, como as espécies pioneiras ou invasoras de ambientes perturbados. O cultivo dos solos, a fertilização dos mesmos e a penetração de luz e calor nas áreas cultivadas são fatores que beneficiam o surgimento e a sobrevivência de várias espécies presentes em agroecossistemas. Sistemas de produção agrícola tradicionais preservam ampla variabilidade genética de espécies cultivadas, há alguns milhares de anos.

Além disso, a conservação da diversidade biológica oferece os seguintes benefícios para a agricultura:

- Proteção dos agroecossistemas contra perturbações naturais ou provocadas pelo homem;
- Reservatório de agentes de controle biológico usados no controle de pragas, doenças e ervas daninhas. Especial atenção deverá ser dada para o controle natural exercido por antagonistas de patógenos de plantas encontrados na microflora do solo, assim como para outros organismos benéficos, integrantes dos agroecossistemas, como fonte de recursos para o manejo integrado de pragas (IPM);
- Manutenção dos ciclos naturais: Os organismos vivos desempenham importante papel na estabilidade de todos os processos naturais, tais como os ciclos de água, nitrogênio, energia e carbono, dentre outros. Portanto, a composição da diversidade biológica em um determinado agroecossistema afeta o seu funcionamento e a sua produtividade. O solo e seus constituintes, associados com a energia solar, são os principais recursos naturais para a produtividade dos agroecossistemas. Macro e microorganismos do solo respondem pela manutenção da decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, balanço hídrico e fertilidade natural dos solos. Recentemente, a identificação de microorganismos decompositores de pesticidas tem permitido o uso dos mesmos na recuperação de solos contaminados, de modo a diminuir o impacto de resíduos de pesticidas químicos sobre organismos benéficos;
- Polinizadores: Nos Estados Unidos, estima-se que a eliminação de abelhas devido ao uso de pesticidas resulta em perdas de até 200 milhões de dólares por ano. Levando-se em consideração que a abelha é somente um entre vários polinizadores presentes nos agroecossistemas, pode-se ter uma idéia do papel que estes representam em termos de produtividade agrícola. Coletivamente, abelhas silvestres e domesticadas prestam serviços 4 a 5 vezes mais valiosos do que o preço de mercado de todo mel produzido nos Estados Unidos;
- Associações simbióticas: A seleção e a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio em leguminosas tem reduzido significativamente o uso de fertilizantes nitrogenados. O caso da soja no Brasil é impressionante. Sendo a aplicação de fertilizantes nitrogenados dispensada em muitos dos casos, estima-se serem economizados cerca de 1,6 bilhão de dólares por ano no país, em fertilizantes. A seleção de espécies adaptadas a exercerem esta função em outros cultivos, em especial em espécies de gramíneas, pode representar economias de centenas de milhões de dólares por ano, evitando-se, ainda, os efeitos ambientais deletérios dos nitratos na água. Ademais, a nutrição de muitas plantas depende das suas associações com fungos e outros microorganismos, de modo a aumentar a eficiência de absorção de nutrientes. Muitas associações são bastante específicas e desconhecidas, significando que a existência de uma microflora rica e diversificada é essencial para a manutenção de

comunidades de plantas. Por exemplo, são descritos cerca de 25 gêneros de microorganismos capazes de realizar a fixação simbiótica de nitrogênio;

- Fonte de resistência genética: Parentes silvestres de plantas e animais são fonte de variabilidade genética para a resistência de pragas e doenças que afetam as plantas cultivadas, características muitas das vezes perdidas durante o processo de domesticação. Estima-se que cerca de 30% do remanescente de recursos genéticos animais de espécies domesticadas esteja em risco de extinção. A proteção dos refúgios naturais dos parentes silvestres das espécies cultivadas, a conservação “on-farm” destes recursos junto às comunidades tradicionais de agricultores e a sua coleta e conservação em coleções ex-situ de germoplasma, atividades a serem conduzidas de forma integradas, se constituem nas formas existentes para assegurar que a variabilidade genética intra e inter específica das espécies cultivadas seja preservada para uso em atividades de melhoramento genético no futuro;
- Novas espécies de importância socio-econômica: Continuamente, novas espécies são adicionadas a lista daquelas tradicionalmente utilizadas na agricultura e alimentação, trazendo bem estar e aumentando a segurança alimentar da população humana. Como exemplos podem ser citadas a incorporação de novas espécies de peixes de água doce na dieta alimentar, espécies de fungos comestíveis, além de várias espécies de leguminosas e gramíneas utilizadas para a formação de pastagens. Além disso, existem muitas oportunidades desconhecidas de uso econômico para a flora e fauna, especialmente no que diz respeito ao uso da diversidade biológica para fins farmacêutico, alimentar, industrial e para a recuperação de ambientes degradados. Muitas plantas sub-utilizadas apresentam potencial para uso mais amplo, de modo que a promoção das mesmas pode contribuir para a segurança alimentar, a diversificação da agricultura e a geração de riqueza no meio rural, particularmente nas áreas onde o emprego dos principais cultivos é considerado marginal.

## V- Importância dos recursos genéticos para o melhoramento genético.

Os recursos genéticos usados na agricultura e alimentação se constituem na porção mais crítica da evolução natural ou dirigida das espécies de plantas relacionadas com a sobrevivência e bem estar da população humana.

Desde os primórdios da agricultura, as espécies de plantas cultivadas e raças animais atravessaram as fronteiras políticas dos países por meio de interações ecológicas ou por interferência humana. Países desenvolvidos e em desenvolvimento dependem das espécies de plantas e animais exóticos introduzidos para a produção sustentável de produtos de origem agrícola. Por exemplo, a batata, o tomate, o milho, o amendoim, o girassol, as abóboras, o cacau, a seringueira, o feijão (*Phaseolus*), a mandioca, todas estas espécies de origem americana, são intensivamente cultivadas em outras regiões do mundo, tendo inclusive levado à origem de centros secundários de diversidade genética em algumas delas, após sua introdução. Por outro lado, dezenas de espécies exóticas cultivadas nas Américas têm seu centro de origem em outras regiões do mundo, tais como o trigo, a cevada, a soja, o arroz, a cana-de-açúcar, o sorgo, o dendê, o coco, os citros, a manga, dentre muitas outras mais.

Esta dependência dos países por plantas e animais exóticos, significa que nenhum país é auto-suficiente por RGAA, por mais rico que seja em recursos biológicos autóctones, conforme pode ser depreendido no quadro abaixo, que apresenta a percentagem de dependência por RGAA para alguns países da América Latina.

Pais da América Latina, rico em diversidade biológica	% estimada da produção agrícola centrada em espécies originárias de outros países
Brasil	65
Colômbia	76
Equador	63
Venezuela	62
Suriname	98
América Latina, em geral	56
Fonte: IBPGR	

As atividades de melhoramento genético vegetal e animal tem se baseado no acesso facilitado às diferentes categorias de recursos genéticos para agricultura e alimentação, como fonte inicial de variação para o desenvolvimento de variedades de plantas e raças animais. Centenas de materiais genéticos são avaliados para a seleção de genótipos a serem utilizados em cruzamentos dirigidos, fazendo com que as variedades modernas incorporem no seu genoma genes de origens e fontes variadas ao longo do processo de melhoramento. Por exemplo, a variedade de trigo VEERY, liberada pelo Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo-CIMMYT em 1977, foi desenvolvida após 3170 cruzamentos entre 51 paternos originários de 26 países.

A conservação e o uso sustentável de recursos genéticos de espécies silvestres com potencial de uso na agricultura, de parentes silvestres de espécies cultivadas e



demais categorias de recursos genéticos, por meio de estratégias integradas de manejo, estão intimamente associados à continuidade das ações de melhoramento genético e ao futuro da produção agrícola.

## **VI- Bibliografia consultada**

- 1- Coutinho, H. L. C. (1996) **Diversidade Microbiana e Desenvolvimento Sustentável: diversidade microbiana e agricultura sustentável**. Trabalho apresentado no workshop “Biodiversidade: Perspectivas e Oportunidades tecnológicas. Campinas-SP, 29 de abril a 01 de maio de 1996. 17 p.
  - 2- Consultative Group on International Agriculture Research (1994) **Sustainable Agriculture for a Food Secure World: a vision for international agricultural research**. 74 p.
  - 3- Food and Agriculture Organization (1996) **The State of The World’s Plant Genetic Resources for Food and Agriculture**. Rome, Italy. April, 1996. 336 p.
  - 4- Food and Agriculture Organization (1996) **Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic resources for Food and Agriculture and Leipzig Declaration**. Rome, Italy. 63 p.
  - 5- International Plant Genetic Resources Institute (1996) Access to Plant Genetic Resources and the Equitable Sharing of Benefits: a contribution to the debate on systems for the exchange of germplasm. **Issues in Genetic Resources N° 4**. 86p.
  - 6- Ministério da Agricultura e do Abastecimento & Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (1996) **Agricultural Biological Diversity: A contribution to the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTTA) to the Convention on Biological Diversity - Second Meeting - Montreal-Canada, 2-6 September 1996**. 13 p.
  - 7- Prescott-Allen, R. & Prescott-Allen, C. (1993) How many plants feed the world? **Conservation Biology**, 4(4):365-374.
  - 8- Swedish Scientific Council on Biological Diversity (1996) **Biodiversity and Sustainable Agriculture**. Discussion Paper N°3. 48 p.
- World Federation for Culture Collections (1996) **Access to *ex-situ* microbial genetic resources within the framework of the Convention on Biological Diversity**. Info