

Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo

Historical construction of plant breeding: from conventional to participatory

MACHADO, Altair Toledo¹

¹Embrapa/DPD, altair.machado@embrapa.br

RESUMO: No presente trabalho, procura-se apontar elementos importantes dos sistemas agrícolas desenvolvidos pelas populações tradicionais, destacando o início da agricultura, a domesticação das plantas, a construção do melhoramento de plantas nos primórdios da agricultura até o advento das modernas técnicas dando origem ao melhoramento convencional de plantas. Destaca-se a construção do melhoramento genético convencional associada ao uso de insumos químicos e a formação de grandes oligopólios na cadeia das sementes no qual envolveu processos de perda de variabilidade e diversidade genética estabelecendo fortes processos de erosão genética e cultural. Como contraponto a esta estratégia surge o melhoramento participativo vinculado a questões sociais como a segurança alimentar e ambiental com a minimização de insumos químicos e ênfase aos sistemas agroecológico, elementos fundamentais à adoção de um modelo agrícola sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoramento genético participativo, agrobiodiversidade, segurança alimentar, erosão genética

ABSTRACT: In the present work, we seek to point out important elements of farming systems developed by traditional populations, highlighting the beginning of agriculture, the domestication of plants, the construction of plant breeding at the onset of agriculture until the development of modern techniques leading to conventional plant breeding. We highlight the construction of conventional plant breeding associated with the use of chemical inputs and the formation of large oligopolies in the seed chain, involving processes of strong losses of genetic diversity and variability with consequent genetic and cultural erosion. As a counterpoint to this strategy, the participatory plant breeding emerges linked to social issues such as food and environmental security with the minimization of chemical inputs and emphasis to agroecological systems, which are fundamental elements for the adoption of a sustainable agricultural model.

KEY WORDS: Participatory plant breeding, agrobiodiversity, food safety, genetic erosion

Contextualização histórica:

Há aproximadamente 12000 anos antes de nossa era começa a se desenvolver um novo processo de fabricação de instrumentos, o polimento da pedra. Essa novidade inaugura o último período da pré-história, o neolítico. Este se prolongará até o aparecimento da escrita e da metalurgia. Além dos machados e enxadas que podem fabricar-se pelo polimento de todos os tipos de pedras duras e passíveis de serem afiadas várias vezes, essa época é marcada por outras inovações revolucionárias, como a construção de moradias duráveis e os primeiros desenvolvimentos da agricultura e da criação.

A agricultura se apresenta como um conjunto de formas locais, variáveis no espaço e no tempo, tão diverso quanto as próprias observações. No entanto, apesar dessa diversidade, observa-se também que as formas locais de agricultura, praticadas numa região, numa época determinada, se parecem suficientemente para serem aproximadas e classificadas numa mesma categoria.

O homem iniciou o melhoramento de plantas de forma inconsciente, durante a revolução agrícola, há cerca de dez mil anos. Quando se iniciou o cultivo de plantas, modificações e adaptações ocorreram nas mesmas como: melhor retenção de sementes, crescimento mais determinado, aumento no tamanho e número de inflorescências com consequência no incremento da produção, aumento no vigor de sementes ou germinação mais rápida.

A seleção consciente e deliberada pelo homem deu nova dimensão ao processo de domesticação dos vegetais. Essa prática resultou em um novo tipo de pressão de seleção e a população passou a conter componentes deliberadamente escolhidos tais como cor, sabor, aroma, rendimento, porte de planta, dentre outros aspectos. Não se sabe exatamente quando o homem começou a melhorar as espécies vegetais de forma consciente. Os feijões encontrados nas ruínas das mais antigas

civilizações indígenas do Peru, por exemplo, são quase cem vezes maiores do que as formas selvagens contemporâneas da região. Os índios peruanos, anteriores à civilização Inca, possivelmente obtiveram seus feijões de povos ainda mais antigos que não deixaram dados arqueológicos, pois tal aumento no tamanho da semente não ocorre num curto período de cultivo. Os índios americanos realizaram uma forma de melhoramento do milho, antes da descoberta do continente americano, aumentando consideravelmente o tamanho da espiga em relação aos ancestrais dessa espécie, além de marcante alterações em outros aspectos.

A domesticação de plantas gerou a maioria dos cultivos para a alimentação da população humana e faz parte de sua evolução. Das 250000 espécies de plantas que hoje são descritas e caracterizadas, cerca de 50000 e 5000 tem interesse econômico, mas somente 250 são utilizadas na alimentação e 90 por cento das calorias na dieta humana são representados por apenas 15 cultivos, e 60 por cento desses são representados pelo trigo, arroz e milho. O primeiro tratado sobre agricultura moderna foi publicado por Alonso de Herrera em 1513 na qual o texto sugere que muitos dos métodos de seleção utilizados hoje para plantas que se autofecundam naturalmente como o trigo, arroz, centeio, etc foram desenvolvido pelos Romanos, Virgilius, Varro, Plinius Columella. (MAZOYER; ROUDART, 2010).

A origem da teoria de melhoramento de plantas:

A origem do melhoramento de plantas foi influenciado pelos trabalhos de dois biólogos, Charles Darwin (1809- 1882) e Gregor Mendel (1822 - 1884), que motivaram inúmeros debates que se estenderiam até o início do século vinte (BETRÁN, et al, 2009).

Darwin publicou em 1859 a *Origem das Espécies*, no qual ele procurou demonstrar como que a evolução tinha ocorrido. Ele elaborou a

hipótese da *Seleção Natural* para explicar o processo evolucionário, na qual as mudanças ocorrem de forma gradual através do tempo e elaborou uma razoável teoria da herança a partir de pequenas mudanças que ocorrem na descendência a partir do cruzamento de seus parentais, onde ocorrem a mistura de suas características.

Mendel, elaborou as leis da segregação na qual algumas características são determinadas por um par de fatores. Estes fatores estão nos parentais, em locais chamados de gametas, onde apenas um fator de cada parental e de forma aleatória, são transmitidos para a descendência. A lei da segregação independente estabelece que fatores dos parentais combinam independentemente na descendência. Mendel contestou a teoria da Seleção Natural de Darwin porque uma consequência direta de sua lei foi que a variação genética poderia ser preservada através do tempo.

O núcleo do debate foi se a variação contínua proposta por Darwin poderia ser associada aos fatores discretos mendelianos e se ambos poderiam ser repassados para a sua descendência. Na verdade, podemos ilustrar esta discussão entendendo que Mendel trabalhou com fatores bem definidos como por exemplo as cores de sementes e Darwin observou pequenas variações ocorridas para fatores métricos como altura de planta, comprimento e largura de folhas e frutos, entre outros. Este debate secular somente foi solucionado nas primeiras décadas do século vinte, época designada por Griffing (1994) como a Era da desmistificação e reconciliação. Duas importantes questões foram respondidas: Primeiro, Quais são as causas básicas da variação contínua? E, segundo, Qual é a natureza da variação genotípica.

O trabalho crucial para o desenvolvimento da Teoria de melhoramento de plantas foi publicado por Fisher em 1918 (citado por Betrán et al., 2009). Ele introduziu o termo “variância” e usou as suas

propriedades aditivas como elementos importantes da variância fenotípica.

Para compreender melhor os termos acima citados, o Genótipo corresponde às características internas no indivíduo na qual estão os fatores que serão transmitidos para a sua descendência. O fenótipo é a parte externa observável, como por exemplo um pé de milho. O fenótipo é o pé de milho como um todo e o genótipo é a parte que não enxergamos, mas que está dentro da planta do milho e é responsável pelas características tais como, cor dos grãos, comprimento e largura da espiga, altura da planta, comprimento e largura das folhas, entre outros. Assim, o fenótipo depende do genótipo. Outro elemento importante, e que foi incorporado no fenótipo, são os fatores não genéticos representados pela variações ambientais e que afetam algumas características e não são genéticos. Como exemplo podemos observar o milho plantado em um lugar que possui uma terra bastante fraca e um outro local com milho plantado em uma terra bastante rica de matéria orgânica. Podemos notar de imediato uma variação na altura das plantas que é devida aos efeitos ambientais e não genéticos. Assim, foi definido o fenótipo de uma determinada planta como o somatório da variação genotípica e da variação ambiental.

A construção do melhoramento de plantas a partir dos primórdios da agricultura:

O melhoramento de plantas contemporâneo passou a ser construído baseado na teoria da seleção acima citada. Entretanto, não podemos esquecer que a seleção realizada pelos primeiros agricultores teve uma relação não somente com a espécie alvo, mas com todo seu ecossistema e que faz parte do início da agricultura. Esta agricultura tal qual pôde ser observada em um dado lugar e momento, aparece em princípio como um objeto ecológico e econômico complexo, composto de um meio cultivado e de um conjunto de estabelecimentos

agrícolas vizinhos. Pode-se observar que as formas de agriculturas praticadas num dado momento variam de uma localidade para a outra e de uma época para outra.

A agricultura se apresenta como um conjunto de formas locais, variáveis no espaço e no tempo, tão diverso quanto as próprias observações. A formação das primeiras variedades obedeceu esta lógica formando um complexo de variedades locais adaptadas em seu espaço geográfico e ao seu tempo relacionando fatores culturais e ambientais entre outros.

Da análise focada nas atividades produtivas específicas e setoriais passa-se a um enfoque sistêmico que incorpora as interações entre agricultor e sua família, os recursos naturais, físicos e biológicos necessários à produção e as técnicas utilizadas para a sua transformação, utilizando-se para tanto, categorias agronômicas, econômicas, sociais e ecológicas. Na verdade, toda forma de agricultura praticada em um tempo e lugar aparece em princípio como um objeto ecológico e econômico complexo, composto por várias categorias de estabelecimento que exploram diferentes tipos de solos e diversas espécies de plantas e animais. A diversidade das espécies locais que foram adaptadas a estes primeiros sistemas de agricultura, foram cultivadas em ecossistemas ou agroecossistemas dentro de uma organização composta por vários sub sistemas complementares, como por exemplo as hortas, as terras cultivadas, as pastagens, as florestas.

Na verdade as primeiras atividades de melhoramento estavam vinculadas a ambientes multidiversos e com uma riqueza enorme de diversidade genética de cultivos que originaram as diferentes agriculturas camponesas em diferentes regiões do mundo que eram baseadas no manejo ecológico da biodiversidade ou mais recentemente naquilo que se designa como manejo agroecológico da agrobiodiversidade. A origem da crise geral

contemporânea está enraizada na crise geral e ampla das agriculturas camponesas, e resultante essencialmente da concorrência com as agriculturas mais produtivas. (MAZOYER; ROUDART, 2010).

A revolução do melhoramento genético de plantas – Da modernização da agricultura ao melhoramento convencional

A modernização da agricultura remete ao século XI quando o aumento da produção agrícola permitiu o desenvolvimento da população e melhor alimentação. No século XIII, verifica-se o desenvolvimento de atividades não agrícolas tais como as comerciais e as industriais. Do século XVI ao século XIX, ocorreu a primeira revolução agrícola dos tempos modernos, onde a agricultura tinha uma estreita relação com a primeira revolução industrial, na qual criou-se as bases para a mecanização, irrigação e produção de fertilizantes químicos. Ocorre nestes tempos, a mudança nos modos de produção agrícola, de um ecossistema muito enriquecido, para extensas áreas agrícolas pouco diversificadas e a formação e seleção de variedades especializadas para estes novos modos de produção.

Uma das preocupações dos melhoristas de plantas dentro desse novo panorama agrícola, foi selecionar variedades com objetivo bastante acentuado de minimizar os efeitos ambientais na expressão do fenótipo para que a cultivar pudesse responder de forma bastante efetiva às finalidades propostas, como por exemplo ter variedades uniformes e que respondam adequadamente a aplicação de fertilizantes químicos. E, neste sentido os testes de progênies das variedades em processo de seleção foi um marco na revolução do melhoramento genético. O trabalho dos melhoristas Jonh Le Couter e Patrick Sherrif, no século XIX, foram um dos primeiros a utilizar progênies de cereais para a obtenção de novos cultivares. O

trabalho clássico de Louis de Vilmorin com progênies em beterraba também deve ser destacado.

Dentro dessa estratégia de busca de uma maior uniformidade associada a produtividade, agregam-se aos trabalhos de progênies as pesquisas de H. Nilsson, que estabeleceu o princípio da seleção individual em espécies de autofecundação, e definiu a “Teoria das Linhas Puras”. Ele verificou que somente as progênies de plantas individuais eram uniformes e que a planta, como um todo, deveria constituir o critério correto de seleção e não uma espiga ou um grão.

Essas contribuições associadas ao redescobrimto das experiências de Mendel serviram de base para o trabalho desenvolvido por G.H. Shull que em 1904 obteve linhagens de milho a partir da autofecundação de plantas, e verificou que após cruzamentos eram obtidos híbridos com produções superiores ao parentais e as variedades de origem. Em, 1918, Jones propôs a utilização de híbridos duplos com finalidade comercial. Estes trabalhos, entre outros criaram a base do melhoramento genético moderno vinculado a uniformidade e especialização, e que foi potencializado após interagir com outras disciplinas científicas, como solos e nutrição de plantas, matemática e estatística, bioquímica e genética molecular, entomologia, fitopatologia, entre outras.

Nos países desenvolvidos a agricultura moderna triunfou além de qualquer expectativa. Após a Segunda Guerra Mundial, centros internacionais de pesquisas agrícolas selecionaram variedades de alto rendimento de arroz, de trigo, de milho e de soja, uniformes e responsivos aos fertilizantes minerais, adaptados a colheita mecânica entre outros atributos.

Nos anos 1960-1970, as difusões dessas variedades e desses métodos de cultivo permitiram aumentar significativamente as produções em diferentes regiões do mundo e foi a base para estabelecer um movimento denominado de

“revolução verde”. A partir de então o esforço da pesquisa orientou-se sobretudo em direção aos sistemas mais especializados e para os métodos de cultivo padronizados, introduzindo o conceito dos “pacotes tecnológicos” em conformidade com as condições encontradas nas propriedades agrícolas relativamente bem equipadas.

O aumento da produtividade tem sido rigorosamente o objetivo fundamental da maioria dos melhoristas. A qualidade dos produtos agrícolas tem também merecido atenção envolvendo atributos como valor nutritivo, aspecto comercial, teor de óleo, açúcar, amido, proteína, comprimento e resistência de fibras além de outras características. O desenvolvimento de cultivares tolerantes aos estresses abióticos, como seca, baixa fertilidade dos solos, encharcamento e estresses bióticos como resistência a pragas e doenças talvez sejam uma das maiores contribuições do melhoramento à agricultura. O advento da genética molecular permitiu a utilização de ferramentas da engenharia genética no melhoramento de plantas

O melhoramento genético dito moderno, sem dúvida, tem dado uma resposta bastante efetiva para a humanidade no que relaciona-se no incremento da produtividade de diferentes cultivos e contribuindo para uma maior oferta de alimentos para a humanidade e o desenvolvimento de matérias primas para uma indústria cada vez mais crescente (BUENO, et al., 2001).

Principais objetivos do melhoramento de plantas – Sistemas de melhoramento convencional

Define-se neste capítulo o melhoramento convencional como sendo aquele realizado de forma exclusiva por uma Instituição pública de pesquisa, Universidade ou Instituição privada de pesquisa, na qual o produto obtido, no caso a cultivar, é passível de direitos exclusivos a nível de

propriedade intelectual como proteção de cultivares ou patentes. É um processo centralizado.

Para um programa de melhoramento de plantas Schnell (1982) (citado por CECARELLI, 2009) descreve três objetivos principais:

1) Gerar variabilidade genética: Envolve o resgate de variedades locais ou crioulas, introdução de germoplasma, indução de mutação e realização de cruzamentos para formar novas populações. A variabilidade é utilizada para a formação de banco de sementes a partir de variedades de diferentes regiões do mundo e principalmente dos centros de origem de uma determinada espécie ou de locais onde exista algum tipo de estresse ou condição adversa. Estes bancos que incluem variedades de diferentes regiões, chamados também de acesso, constituem o banco de germoplasma que é a base do melhoramento genético de plantas. É a partir dessa variabilidade que poderão ser encontrados materiais genéticos com tolerância aos diferentes tipos de estresses.

2) Seleção: Utiliza a variabilidade genética aplicando diferentes métodos de seleção. Estes métodos são utilizados de forma diferenciada em função do modo de reprodução das espécies em estudo, no qual podemos separar em três tipos autógamas, alógamas e de propagação vegetativa. As autógamas são aquelas espécies que o seu modo de reprodução é feito por autofecundação, ou seja, o cruzamento é feito pelo órgão masculino e feminino dentro da mesma planta como é o caso do arroz, trigo, feijão entre outras. As alógamas são aquelas que têm a polinização realizada de forma cruzada, em outras palavras, o cruzamento é feito pelo órgão masculino de uma planta com o órgão feminino de outra planta (dentro da mesma variedade), como é o caso do milho. Os de propagação vegetativa possuem reprodução

assexuada e são multiplicados através de bulbos, toletes, tubérculos ou outros órgãos vegetativos, tais como a mandioca, morango, cana de açúcar, batata, etc. O objetivo final é formar novas variedades ou obter diferentes híbridos. Dependendo do método de seleção, podem ser obtidos cultivares com alta ou baixa variabilidade. Normalmente nos sistemas convencionais procura-se obter variedades uniformes, precoces ou super precoces, porte baixo e adaptadas a colheita mecânica. Normalmente as cultivares são bastante responsivas ao uso de insumos químicos e tem baixa variabilidade genética.

3) Ensaio de avaliação: No qual as variedades ou híbridos obtidos são avaliados em conjunto com outros cultivares em diferentes ambientes, com o intuito de verificar o potencial genético das mesmas e a sua adaptação aos diferentes ambientes. São realizados ainda ensaios mais específicos, nos quais procura-se avaliar variedades que respondam bem aos fertilizantes químicos, tolerância a herbicidas, resistência a insetos e a diferentes tipos de doenças, além de outros critérios vinculados ao uso humano, animal e para a indústria.

Análise crítica aos sistemas convencionais

Os modelos de desenvolvimento agrícola vinculados essencialmente às finalidades econômicas trazem consequências desastrosas que se tornaram cada vez mais evidentes nos últimos anos: perda acelerada da biodiversidade, contaminação dos solos e das águas, desmatamentos e queimadas, êxodo de populações rurais, desestruturação de arranjos produtivos locais, etc. Outros efeitos inevitáveis desses modelos são a insegurança alimentar das populações humanas e o uso inadequado dos recursos naturais, a escassez dos recursos hídricos, a erosão dos solos e a emissão de gases

de efeito estufa, com o conseqüente agravamento do aquecimento global.

Os solos são, potencialmente, imensos absorvedores de carbono, somente superados pelos oceanos. A manutenção da cobertura vegetal e a presença de matéria orgânica nos solos permitem reduzir drasticamente o uso de fertilizantes e disponibilizar água não só às plantas, mas também alimentar, durante o ano inteiro, os lagos, os rios, os arroios e as fontes hídras subterrâneas. A ausência de cobertura vegetal e de matéria orgânica nos solos é um fator central no agravamento das secas e das inundações associadas às mudanças climáticas.

A expansão dos monocultivos tem sido o principal fator responsável pela perda da agrobiodiversidade - a diversidade de plantas cultivadas, ecossistemas agrícolas e de tradições, costumes e práticas associados, produzidos e transmitidos por agricultores locais e tradicionais.

Esta perda da diversidade relaciona-se diretamente com os processos de fome, miséria e segurança alimentar, e passou a fazer parte das agendas dos países acarretando diferentes estratégias e acordos internacionais elaborados com a finalidade da conservação e do uso sustentável da biodiversidade em comunidades locais. Políticas públicas e ações efetivas de pesquisa em agrobiodiversidade e agroecologia com enfoque participativo podem contribuir para minimizar o efeito da perda da biodiversidade. A valorização das comunidades locais e o reconhecimento do seu papel na conservação e uso da biodiversidade devem ser efetivadas.

O manejo da diversidade genética de plantas requer uma constante interação do homem com o ambiente, influenciando a construção dos agroecossistemas. Em áreas tropicais, os estresses abióticos e bióticos produzem seus efeitos sobre tais práticas. Por outro lado, os métodos ditos "modernos" de manejo da

diversidade genética acabam por dilapidá-la, ao promover a uniformidade genética e o desenvolvimento de materiais genéticos altamente dependentes de insumos externos.

Os primeiros sistemas de manejo da agrobiodiversidade com enfoque agroecológico surgiram nos centros de origem da revolução agrícola neolítica, onde teve início a domesticação das plantas cultivadas. Muitos modelos descritos hoje pela agroecologia se baseiam em culturas milenares desenvolvidas pelos povos que habitavam esses locais. Como exemplo, podemos citar os povos americanos, que vivem em uma região que vai do México até os Andes, na América do Sul, que domesticaram o feijão, a pimenta, o milho, a batata, a quinoa, o tremoço, além de outras espécies agrícolas. Em outras áreas, como no cerrado brasileiro, nas savanas africanas e em outras fitofisionomias asiáticas, ocorreu recentemente uma ruptura dos sistemas agrícolas tradicionais, provocada tanto por estresses ambientais quanto pela interferência da agricultura "moderna". Verifica-se uma forte erosão da biodiversidade, que acarretou o desaparecimento de sistemas de cultivo e de práticas socioculturais mantidas milenarmente por agricultores e povos indígenas.

A erosão genética tornou-se uma preocupação mundial amplamente debatida durante a RIO 92. Em 1996, foi aprovado, em Leipzig, na Alemanha, o Plano de Ação Global sobre Conservação e Utilização Sustentável de Recursos Genéticos de Plantas para Alimentação e Agricultura. A questão da segurança alimentar foi fortemente abordada nesse documento, além de outros temas de extrema importância para a conservação e uso sustentável da biodiversidade, como a valorização dos conhecimentos e saberes agrícolas desenvolvidos por pequenos agricultores e povos indígenas; o reconhecimento da importância dessas comunidades para a conservação dos recursos

genéticos; a importância da utilização de práticas agrícolas sustentáveis e a valorização das variedades locais. Inclui também a recomendação para o uso de metodologias participativas em pesquisas agrícolas, entre outras.

A fome nos países em desenvolvimento deve-se em grande parte à erosão genética, ao estresse ambiental, à infraestrutura deficitária, à falta de água e a problemas socioeconômicos que afetam o desenvolvimento das atividades agrícolas. A perda de variedades locais altamente adaptadas a esses agroecossistemas, associada à perda de valores culturais, afetam gravemente as populações que vivem nessas regiões. Fala-se muito em ações contra a pobreza, mas pouco se faz pela agrobiodiversidade e pela agricultura sustentável nas áreas marginais, onde vivem a maior parte das comunidades agrícolas e indígenas. É nas zonas rurais que vivem 70 % dos pobres (MACHADO, 2007b).

O conceito de segurança alimentar orientado para políticas públicas apareceu pela primeira vez em 1974, na Conferência Mundial de Alimentação da FAO. Esta mesma instituição viria a ampliar o conceito que passaria a ser entendido no sentido de “assegurar o acesso aos alimentos para todos e a todo o momento, em quantidade e qualidade suficientes para garantir uma vida saudável e ativa”. Esse conceito colocou em evidência a importância da agricultura para a produção de alimentos com qualidade e quantidade suficientes para alimentar as pessoas e não somente com a intenção de produzir commodities. Valorizou também uma agricultura sustentável, que respeita o meio ambiente, capaz de manter a base dos recursos naturais por muito tempo, contrariamente àquela enfatizada pela Revolução Verde que, apesar de intensificar a produtividade das culturas, provoca vários danos ao meio ambiente (CAPORAL e COSTABEBER, 2003).

Uma das principais causas da erosão genética são os processos de transformação das práticas e

sistemas agropecuários tradicionais. Essas transformações provocam a perda de conhecimentos sobre as espécies nativas e variedades locais e sobre seus usos tradicionais. Com as mudanças, o acervo genético mantido por esses agricultores vai se reduzindo gradualmente. Outra causa bastante importante são as exigências do mercado. É comum o agricultor optar por uma cultivar comercial em função das exigências de mercado e abandonar aquelas variedades já adaptadas ao meio ambiente local.

A recuperação de locais que sofreram um forte processo de erosão genética depende de diferentes estratégias de ação com a participação das comunidades de agricultores familiares.

O desenvolvimento de tecnologias de sementes pelas grandes empresas multinacionais

Com o advento da tecnologia do DNA recombinante, que permitiu modificar geneticamente qualquer organismo vivo, as empresas passaram a ter um maior protagonismo no mercado de sementes, integrando-se nos diferentes pontos da cadeia de alimentos desde a produção de sementes até a sua utilização, incluindo mercados de alimentos e industriais. O melhoramento genético, a partir daí, fica vinculado a uma série de parâmetros importantes na construção de novos cultivares principalmente na adaptação ao uso de diferentes agroquímicos, como adubos químicos, herbicidas, inseticidas e fungicidas, mercados estes onde estas empresas também atuam.

Segundo Guerrante (2011), no que concerne às grandes multinacionais que hoje atuam no mercado de sementes geneticamente modificadas (GMs), estas são empresas que têm

sua trajetória de crescimento marcada por constante inovação. Desde suas origens nos setores agroquímico, farmacêutico e/ou alimentício, essas empresas têm adotado estratégias

tecnológicas, organizacionais, de comercialização e marketing extremamente inovadoras, que as permitiram crescer, conquistar novos mercados e neles se autoperpetuar.

Ainda, segundo Guerrante (2011), as empresas produtoras de agroquímicos enfrentaram problemas com o risco de perda de mercado de seus produtos empregados no controle de

pragas na agricultura, em função da extinção do prazo de proteção de suas patentes. Ocorria que findo o prazo de vigência das patentes de agroquímicos, o mercado seria inundado com versões genéricas e concorrentes desses produtos. Desta forma, a estratégia tecnológica das empresas entrantes no mercado de sementes GMs caracterizou-se por modificar geneticamente sementes para que estas passassem a apresentar tolerância a seus próprios herbicidas. Assim, as empresas planejavam praticar, ao agricultor, a venda casada do “kit - semente GM tolerância ao herbicida Y + herbicida Y”. Caso o agricultor quisesse obter eficiência em seu plantio, ele deveria usar um herbicida específico para cada tipo de semente. Com esta estratégia, foi possível garantir às empresas o volume de vendas de seus principais agroquímicos.

As inúmeras fusões, aquisições e alianças com empresas sementeiras e especializadas em biotecnologia; a diversificação das áreas de atuação; o estabelecimento de contratos de transferência de tecnologia com agricultores; a compra de pacotes tecnológicos; a contratação de recursos humanos especializados nas áreas de interesse; e a preocupação das empresas com a construção e a manutenção de sua imagem perante a sociedade são apenas alguns exemplos de comportamento inovador adotado pelas empresas que hoje atuam no mercado de sementes GMs.

Em contrapartida, inúmeros debates na sociedade surgiram em função dessas ações de domínio e que colocaram em risco a enorme

diversidade de variedades locais, o meio ambiente e as comunidades de agricultores familiares e camponeses. Dessa maneira, a sociedade civil organizada passa a fazer inúmeras manifestações organizadas de repúdio a estas tecnologias.

Apesar desses enormes debates, a agressividade das empresas não para de gerar novas tecnologias e uma delas também deve produzir enormes debates como o das **Tecnologias de Restrição ao Uso Genético de sementes**, vulgarmente conhecidas como *Terminator* e *Traitor*. Estas tecnologias, extremamente polêmicas, têm como objetivo, respectivamente, tornar impossível, ou muito difícil, o armazenamento de sementes de uma safra para a outra pois produzem sementes estéreis, ou também de condicionar a expressão de determinadas características do vegetal à aplicação de uma substância química, fabricada pela mesma empresa detentora da tecnologia genética embutida na semente.

Convém destacar que estas tecnologias são todas patenteadas e fica claro o processo de domínio sobre as sementes por estas corporações.

O advento do melhoramento participativo

A construção de um novo marco no melhoramento genético se fez necessário em função dos enormes problemas gerados pelo melhoramento convencional com ênfase nas tecnologias biotecnológicas e vinculados ao uso excessivo de agroquímicos. A construção de um melhoramento que respeite o meio ambiente e as questões sociais das comunidades que utilizam esta ampla diversidade de variedades locais, além de proporcionar um incremento significativo na produtividade das sementes, é benéfico ao meio ambiente. Trata-se de um melhoramento com visão holística e sistêmica e vinculado a realidade do pequeno agricultor.

A concepção do melhoramento participativo surge com objetivos, mais amplos do que os do

melhoramento formal ou convencional. Tem por metas o ganho de produtividade (comum ao melhoramento convencional), a conservação e promoção do aumento da biodiversidade (promoção da variabilidade genética), obtenção e uso de germoplasma de adaptação local (variedades modernas ou locais, dependendo dos objetivos), seleção dentro de populações, avaliação experimental de variedades (também denominada seleção participativa de variedades), lançamento e divulgação de novas variedades, diversificação do sistema produtivo e produção de sementes. A organização é totalmente descentralizada, o trabalho é desenvolvido com grupos de produtores e/ou comunidades agrícolas, podendo ou não haver o lançamento formal de variedades e a difusão das sementes ocorre no plano formal e/ou local (CGIAR, 1999 a, b; MORRIS & BELLON, 2004; Dawson & Murphy, 2008).

Para compreender a origem do melhoramento participativo, é necessário fazer uma breve abordagem do desenvolvimento dos programas de melhoramento no mundo. Na década de 1960, os programas de melhoramento estiveram sob a influência dos estudos acerca da genética quantitativa e da estatística pura. Tais conhecimentos eram utilizados para pesquisas sobre a estrutura das populações, a avaliação das capacidades de combinação e a aplicação dos princípios experimentais, originando o desenvolvimento de novas técnicas de experimentação, avaliação e seleção. Os objetivos dos programas de melhoramento dessa época, segundo Lewis (1976), consistiam basicamente em aumentar o rendimento e a qualidade do produto. Na década de 1970, quando ocorreu o apogeu da agricultura voltada para a melhoria dos índices de produtividade, os conceitos básicos e aplicados do melhoramento vegetal foram utilizados para aumentar progressivamente os rendimentos das culturas. As variedades e híbridos passaram a ser

avaliadas a partir de sua capacidade de responder aos insumos agrícolas (MACHADO, 1998a).

No melhoramento convencional, além do aumento de produtividade, busca-se germoplasma baseado exclusivamente em variedades modernas de grande adaptabilidade ao manejo adotado, que normalmente é baseado em princípios químicos. A avaliação e a seleção de germoplasma são realizadas em ambientes uniformes, onde os estresses bióticos e abióticos são minimizados (MACHADO, 1998b).

O melhorista é quem define os objetivos e estratégias e conduz todos os trabalhos de seleção e avaliação, sendo que apenas a validação do uso do material é feita junto aos produtores. A organização é totalmente centralizada, o trabalho é feito com produtores individualizados e o lançamento das variedades e difusão das sementes é feito pelo setor formal, representado pelas instituições de pesquisa oficiais e empresas privadas (CGIAR, 1999 a,b).

Nas décadas de 1960 e 1970, em que se desenvolveu a revolução verde, com a ampla adoção da agricultura industrializada, os países desenvolvidos viam os fertilizantes como insumos de custo inexpressivo para a produção, e as pesquisas enfatizavam a máxima produção por unidade de fertilizante adicionado (Gabelman & Gerloff, 1983). Os programas de melhoramento genético tornaram-se bastante seletivos e o processo de seleção passou a incorporar conhecimentos de fitopatologia, entomologia, fisiologia, mecanização agrícola, irrigação, herbicidas e fertilidade dos solos, para formar variedades e híbridos altamente responsivos aos insumos agrícolas e com elevada produtividade (MACHADO, 1998a). Os progressos decorrentes desses programas foram enormes, com os pacotes tecnológicos baseados em híbridos e variedades de alto rendimento, que inegavelmente ocasionaram um grande aumento de produção das culturas.

Em meados da década de 1970, quando houve

a necessidade de se reavaliar e alterar os princípios e práticas que constituíam os fundamentos da agricultura industrializada, em função da crise energética, percebeu-se que a mudança fundamental seria representada pela evidência crescente de que o germoplasma vegetal poderia ser selecionado e que as cultivares superiores poderiam ser desenvolvidas visando a adaptação aos chamados “solos-problema” (Machado et al., 2008).

O surgimento do melhoramento voltado para a tolerância a estresses ambientais passou a representar uma mudança nas tendências do melhoramento e da seleção vegetal. Isso começou a ocorrer, efetivamente, na década de 1980, quando, apesar de serem ainda fortemente influenciados pela filosofia da revolução verde, os programas de melhoramento foram direcionados para a obtenção de materiais mais adaptados às terras marginais das áreas de expansão agrícola, dentre as quais se destacam-se, no Brasil, as áreas de Cerrado do Centro-Oeste (MACHADO, 1998a). Quando essa nova tendência começou a se delinear, a pesquisa multidisciplinar, unindo os conhecimentos dos cientistas de solo, fisiologistas vegetais e geneticistas, tornou-se necessária à elaboração de programas de melhoramento mais eficientes.

A consolidação do melhoramento voltado para estresses ambientais e a incorporação de princípios ecológicos aconteceram somente na década de 1990, com a crescente preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade da agricultura. A nova visão era de que a agricultura deveria ser um empreendimento lucrativo, onde o uso de insumos e energia deveria ser minimizado, os alimentos deveriam ser produzidos com qualidade e isentos de agentes contaminantes ou tóxicos e o equilíbrio do meio ambiente deveria ser preservado (MACHADO, 1998a).

A agricultura convencional incrementada pela revolução verde acabou provocando um enorme

desequilíbrio social. Ela beneficiou principalmente as regiões férteis mais aptas a rentabilizar os caríssimos componentes necessários e os agricultores que dispunham de meios suficientes para comprar todos os insumos indispensáveis para obtenção de altas produções seguindo os aconselhamentos técnicos descritos nas manuais técnicos vinculados ao pacote tecnológico.

Os sistemas de produção complexos, diversificados e adaptados à realidade dos pequenos agricultores foram negligenciados. Apesar dos grandes avanços do melhoramento convencional vinculados a revolução verde, este teve pequena ou quase nenhuma contribuição para desenvolver a agricultura camponesa pobre das regiões pouco favorecidas dos países em desenvolvimento. Afinal, os agricultores familiares e camponeses vivem em áreas com baixo potencial agrícola, condições agroecológicas heterogêneas, com solos de baixa fertilidade, transtornos de seca, encharcamento, problemas de doenças, e dificuldades de armazenamento de sementes e grãos entre outros.

Preocupações com a segurança alimentar, erosão genética dos cultivos locais, perdas dos sistemas tradicionais de cultivo, condições ambientais adversas, fazem com que tenhamos uma preocupação bastante acentuada em relação aos atuais paradigmas de desenvolvimento da agricultura como um todo e mais especificamente para a agricultura familiar.

Outro ponto de alta relevância refere-se ao impacto dramático que deverá ocorrer nas próximas décadas por conta das mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global, conforme pode ser observado no relatório do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas). Segundo os cientistas do painel, o aumento da temperatura ameaça o cultivo de várias plantas agrícolas e pode piorar o já grave problema da fome.

O desenvolvimento de ações relacionadas ao

manejo da agrobiodiversidade e da agroecologia, associados a técnicas que promovem um uso mais consciente do solo podem diminuir as emissões e ainda sequestrar o carbono da atmosfera e colaborar com a mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas.

O melhoramento participativo passa a ser fundamental neste processo e para entender a sua dimensão devemos compreender o conceito da agrobiodiversidade onde o melhoramento participativo está inserido

Agrobiodiversidade é um termo amplo que inclui todos os componentes da biodiversidade que têm relevância para a agricultura e alimentação, dado que todos os componentes da biodiversidade constituem os agroecossistemas. A agrobiodiversidade agrega, além dos três níveis de complexidade relacionados à biodiversidade (diversidade entre espécies; dentro de espécies e entre ecossistemas), outros elementos essenciais à sua compreensão, que está vinculada ao elemento humano que desempenha um papel fundamental por incorporar diferentes práticas de manejo dos agroecossistemas, conhecimentos tradicionais e culturais relacionados com o uso, culinária, festividades, místicas, entre outros. Assim, podemos entender que a agrobiodiversidade é o resultado da interação de quatro níveis de complexidade: sistemas de cultivo, espécies, variedades e raças e diversidade humana e cultural.

Para recompor determinados locais que sofreram um forte processo de erosão devem-se ter diferentes estratégias de ação, sendo que a primeira pode ser a realização do diagnóstico da erosão em diferentes níveis: ambiental, social, cultural, da agrobiodiversidade, dos sistemas agroecológicos, dos aspectos socioeconômicos e da capacidade organizacional (MACHADO 2007a).

Entende-se que este diagnóstico busca a sustentabilidade dos processos produtivos dos agricultores familiares e inicia-se por uma

combinação de ações relacionadas à transição agroecológica e que exige um perfil participativo para que as ações desse processo sejam iniciadas. As ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação exigem um papel da extensão bastante distinto para que o processo seja realizado e irradiado a contento.

O desenvolvimento de estratégias do melhoramento participativo torna-se fundamental para o desenvolvimento de variedades adaptadas a esses ambientes, que constituem agroecossistemas funcionais e que possuem uma lógica própria no estabelecimento de espécies e que não se repete em um centro de pesquisa. Por essa razão, percebe-se, hoje, uma considerável falta de variedades de diferentes espécies adaptadas a realidade dos agricultores familiares.

Estratégias do melhoramento participativo

Estratégias do melhoramento participativo descentralizado

O manejo dos recursos vegetais, incluindo o melhoramento participativo, desempenha um papel relevante para os agricultores familiares, principalmente quando vivem em regiões com condições ambientais, climáticas e econômicas adversas. Tais práticas contribuem para a construção de um ambiente agrícola sustentável, com a elevação de renda e agregação de valores ambientais e sociais, criando as bases para a soberania alimentar das comunidades, que passam a ter autonomia sobre a produção das sementes.

O melhoramento participativo, que é um componente do manejo da diversidade genética, começou a ser delineado no início dos anos 1980 e possui como ingrediente fundamental a inclusão sistemática dos conhecimentos, habilidades, experiências, práticas e saberes dos agricultores.

Esta modalidade de melhoramento se baseia nos conhecimentos da genética vegetal convencional, da fitopatologia e da economia,

combinando-os à antropologia, sociologia, aos conhecimentos dos produtores e aos princípios da pesquisa de mercado e desenvolvimento de produtos. O melhoramento participativo possui múltiplos objetivos, mais amplos do que os do melhoramento formal ou convencional. Tem por metas o ganho de produtividade (comum ao melhoramento convencional), a conservação e promoção do aumento da biodiversidade (promoção da variabilidade genética), obtenção e uso de germoplasma de adaptação local (variedades modernas ou locais, dependendo dos objetivos), seleção dentro de populações, avaliação experimental de variedades (também denominada seleção participativa de variedades), lançamento e divulgação de novas variedades, diversificação do sistema produtivo e produção de sementes. A organização é totalmente descentralizada, o trabalho é desenvolvido com grupos de produtores e/ou comunidades agrícolas, podendo ou não haver o lançamento formal de variedades e a difusão das sementes ocorre no plano formal e/ou local (MACHADO et al., 2008).

O melhoramento participativo vincula-se ao manejo da agrobiodiversidade, e o seu enfoque estruturante deve ser descentralizado. As comunidades de agricultores familiares devem participar de todas as etapas do processo de melhoramento, a fim de garantir a sua autonomia e a sua soberania alimentar. Em sistemas agroecológicos, torna-se fundamental o desenvolvimento de variedades adaptadas aos ambientes locais. Estas variedades, quando vinculadas a um agroecossistema funcional, têm uma lógica própria impossível de ser reproduzida em um centro de pesquisa. Por essa razão, há uma considerável carência de variedades de diferentes espécies adaptadas a sistemas agroecológicos. Esta carência faz com que muitas vezes a produção ecológica torne-se onerosa para o produtor e para o consumidor.

O melhoramento participativo descentralizado

coloca em questão a soberania e a autonomia das comunidades. Cabe às instituições fornecer o aporte técnico e estratégico para que as comunidades possam reproduzir, de forma eficiente, todo o processo de manejo da agrobiodiversidade, incluindo a seleção de plantas.

Outro aspecto importante é que o melhoramento de variedades locais deve ser realizado com os agricultores, a fim que possam ser discutidas e repassadas técnicas de seleção genética para os mesmos, para que eles possam fazer a seleção de forma eficiente, sem cometer erros de manejo que venham a provocar erosão genética nas variedades locais. Nesse sentido, é necessário que projetos com essa finalidade possuam um forte componente de capacitação de técnicos e agricultores, utilizando-se os pólos comunitários para realizar a capacitação em melhoramento participativo e em manejo agroecológico e da agrobiodiversidade (MACHADO et al., 2008).

Como resultado do manejo da agrobiodiversidade, podemos mencionar o equilíbrio dos cultivos diversificados dentro dos múltiplos agroecossistemas, a conservação dos valores culturais e tradicionais e a conservação e uso de variedades locais e/ou tradicionais. Estas variedades são a base da agricultura familiar e indígena e constituem uma importante fonte genética de tolerância e resistência para diferentes tipos de estresses e de adaptação aos múltiplos ambientes e manejos locais. Dessa forma, têm um inestimável valor para a humanidade, constituindo a base de sua soberania alimentar (Machado et al. 2008).

O melhoramento participativo no campo do agricultor

O desenvolvimento de estratégias participativas no melhoramento de diferentes espécies no campo do agricultor envolve alguns aspectos fundamentais tais como: resgate de diferentes espécies e de diferentes variedades dentro de cada espécie,

valorização das variedades locais, construção de novas variedades, valorização dos aspectos culturais e nutricionais, manejo dos agroecossistemas, sistemas de cultivos agroecológicos, adaptação ao ambiente local com incremento na produção a partir do melhoramento participativo.

Na concepção do melhoramento genético conforme descrito anteriormente, quando se melhora uma determinada espécie como por exemplo o milho, busca-se uma série de qualidades incluindo incremento na produção, adaptação aos sistemas de cultivos dos agricultores, agregação de valores com o uso de atributos para artesanato, usos agroindustriais, alimentação animal entre outros. O agricultor visualiza o pés de milho com as espigas que possuem as características desejadas. Esta visualização refere-se ao fenótipo da planta que é influenciado pelo genótipo (parte que não se enxerga externamente) e pelo ambiente. No melhoramento convencional procura-se minimizar ao máximo o efeito do ambiente para que a seleção seja a mais eficiente possível explorando ao máximo a variância genotípica com destaque preferencial para a variância aditiva. Apesar de ser um tanto complexo estas análises de variância, cabe destacar as diferenças para o melhoramento participativo no qual o ambiente passa a ser parte integrante dessa seleção.

O melhoramento participativo como recorte da agrobiodiversidade e com enfoque no manejo agroecológico incorpora elementos distintos em seu processo de seleção no qual é privilegiado o incremento da diversidade genética entre e dentro de diferentes espécies, desenvolvimento de sistemas de cultivos diversificados, incorporação de matéria orgânica através da introdução de espécies de plantas de cobertura, além de outras práticas.

Dentro desses sistemas multidiversos o melhoramento participativo pode ser realizado em diferentes espécies e no próprio agroecossistema

do agricultor, modificando as espécies selecionadas bem como o meio ambiente. Diferentes interações no processo de seleção são apresentados como a relação com insetos e patógenos, eficiência nutricional, tolerância a estresse hídrico, entre outros, no qual a diversificação, a seleção das espécies e dos sistemas agrícolas se interagem conferindo resistência e ou tolerância aos diferentes estresses bióticos e abióticos. A relação da variância ambiental nos processos de melhoramento participativo deverão ser estudados e incorporados na concepção da variância fenotípica.

A valorização das variedades locais selecionadas pelos agricultores devem ser realizadas e com muito critério verificando o seu potencial genético bem como o seu processo de erosão ou vulnerabilidade quando for o caso. Muitas variedades locais ditas também como tradicionais ou crioulas sofreram enormes processos de erosão, principalmente nas espécies que se cruzam livremente como é o caso do milho, devido muitas vezes ao efeito de amostragem e ou a contaminação. Por esta razão, nas estratégias de melhoramento participativo são fundamentais os processos de resgate e introdução de diferentes variedades e dos ensaios de avaliação para verificar o potencial das variedades, o grau de erosão, a adaptação a sistemas agroecológicos além de outras avaliações definidas pela comunidade. A criação de novas variedades é uma estratégia bastante eficiente para recuperar variedades que possuem potencial para algumas características e defeito para outras, como por exemplo o porte alto em variedades locais de milho e que sofrem constantemente com problemas de acamamento e quebramento, estas variedade podem ser cruzadas com outras de porte baixo e com isto formar novas populações adaptadas a realidade do agricultor e com maior potencial de adaptação e de produtividade.

O melhoramento participativo inicia-se no

campo do agricultor a partir de um amplo diálogo e caracterização da diversidade genética local definindo-se assim, as estratégias iniciais dos processos participativos de melhoramento. O cuidado nesta caracterização inicial é fundamental para o sucesso de um programa de melhoramento participativo. Deve-se saber que existe um tempo entre a caracterização local, na introdução e avaliação de variedades até a introdução definitiva das variedades dentro de um sistema agroecológico no qual o melhoramento será realizado. Este processo, na verdade inicia-se com um forte aporte da pesquisa e a partir dos ensaios de avaliação a participação do agricultor vai sendo incrementada até o desdobramento total dessas atividades nos campos de melhoramento dentro de sistemas agroecológico, no qual o agricultor passa a ter domínio total de todo o processo.

O melhoramento participativo descentralizado é um processo de constante aprendizagem e que leva ao empoderamento local, das comunidades de dos agricultores envolvidos em seu processo.

Referências Bibliográficas

- BETRÁN, J.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; ROMAGOSA, I. Theory and application of plant breeding for quantitative traits. In: CECARELLI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. (Ed.). **Plant breeding and farmer participation**. Rome: FAO, 2009. p. 27-62.
- BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, 2001. 282 p.
- CAPORAL, F. R.; COSTABERBER, J. A. Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 27, 2003. p. 153-165.
- CECARELLI, S. Main stages of a plant breeding programme. In: CECARELLI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. (Ed.). **Plant breeding and farmer participation**. Roma: FAO, 2009. p. 63-74.
- CGIAR Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Innovation. **Crossing Perspectives: farmers and scientists in participatory plant breeding**. Cali, Colombia: CGIAR Program on Participatory Research and Gender Analysis, 1999a. 49 p.
- CGIAR Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Innovation. **Annual Report**. Cali, Colombia: CGIAR Program on Participatory Research and Gender Analysis, 1999b. 44 p.
- DAWSON, J. C.; MURPHY, K. M. Decentralized selection and participatory approaches in plant breeding for low-input systems. **Euphytica**, Wageningen, v. 160, p. 143-154, 2008.
- FAO. **Biodiversity. Genetic research**. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acesso em: 05 ago. 2008.
- GABELMAN, W. H.; GERLOFF, G. C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant and Soil**, The Hague, v. 72, p. 335-350, 1983.
- GRIFFING, B. Historical perspective on contributions of quantitative genetics to plant breeding. In: FREY, K. J. (Ed.). **Historical perspective in plant science**. Ames: Iowa State University, 1994.
- GUERRANTE, R. di S. Estratégia de inovação e tecnologia de sementes. 2011. 270 f. Tese (Doutorado em Processos Químicos e Bioquímicos)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2011.
- LEWIS, C. F. Overview and evaluation. In: WRIGHT, M. J.; FERRARI, S. A. (Ed.). **Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils**, 1976, Beltsville. Proceedings... Ithaca: Cornell University, 1976. p. 107-123.
- MACHADO, A. T. Parceria entre órgãos públicos e comunidades agrícolas. In: SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, von der J. M. (Ed.). **Milho Crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998a. p. 79-81.
- MACHADO, A. T. Resgate e caracterização de variedades locais de milho. In: SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, von der J. M. (Ed.). **Milho Crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998b. p. 82-92.
- MACHADO, A. T. Biodiversidade e agroecologia. In: BOEF, W. S. et al. (Ed.). **Biodiversidade e agricultores**. Porto Alegre: L&PM, 2007a. p. 40-

45.

MACHADO, A. T. Manejo dos recursos vegetais em comunidades agrícolas: enfoque sobre segurança alimentar e agrobiodiversidade. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007b. p. 717-744.

MACHADO, A. T.; SANTILLI, J.; MAGALHÃES, R. **A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa-Secretaria de Gestão e Estratégia, 2008. 98 p. (Embrapa-Secretaria de Gestão e Estratégia. Texto para discussão, 34).

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. MAZOYER, M.; ROUDART, L. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 568 p.

MORRIS, M. L.; BELLON, M. R. Participatory plant breeding research: opportunities and challenges for the international crop improvement system. **Euphytica**, Wageningen, v. 136, p. 21-35, 2004.