

Capítulo 2

Agroecologia: Introdução e Conceitos

Alberto Feiden

Introdução

A aplicação das descobertas científicas à agricultura, principalmente da química desenvolvida por Lavoisier (1743 – 1797) e a aplicação de seus princípios à agricultura por Saussure (1767 – 1845), Bossignault (1802 – 1887) e principalmente por Liebig (1803 – 1873), seguida da implantação de estações experimentais de pesquisa agrícola, como a de Rothamstead na Inglaterra, provocaram uma verdadeira revolução nos conceitos de agricultura até então vigentes, a ponto de se chamar o processo de *Revolução Agrícola Moderna* (JESUS, 1985).

Uma visão mecânica do mundo e dos processos naturais resultou na concepção de que se for conhecido o funcionamento de todas as partes de determinado objeto de estudo, se terá um entendimento do funcionamento global desse objeto, e que os conhecimentos assim obtidos podem ser generalizados, permitindo fazer previsões de eventos resultantes de manipulação das partes constituintes do objeto. Dentro dessa concepção, o todo nada mais é que a simples soma das partes (NORGAARD, 1989).

Essa abordagem possibilitou grandes avanços científicos a partir de meados do século 19 e durante o século 20, servindo de base para o acúmulo de conhecimentos até hoje obtidos pela humanidade. Com essa mesma visão, os conhecimentos científicos foram aplicados a formas de manipulação dos processos naturais, para produzir bens tecnológicos úteis à sociedade humana, o que resultou no progresso técnico-científico que caracteriza a civilização atual.

A aplicação dessa visão mecanicista e reducionista aos sistemas naturais e especialmente à agricultura, apesar de proporcionarem extraordinários ganhos de produtividade, redução de preços e superávites na produção de alimentos, produziram efeitos negativos, tais como degradação do solo, desperdício e uso exagerado de água, poluição do ambiente, dependência de insumos externos e perda da diversidade genética.

A partir de 1960, iniciaram-se os questionamentos do modelo de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, principalmente com base nos seus efeitos colaterais não previstos inicialmente, com fortes críticas à unilateralidade e à fragmentação do conhecimento em compartimentos estanques. Como forma de superação dessa situação, surgiram diversas abordagens de trabalho conjunto entre pesquisadores de diferentes disciplinas,

e segundo Almeida (1994), de acordo com o grau de interação podem ser classificados como:

- **Multidisciplinaridade** – Quando um grupo de pesquisadores de diferentes disciplinas se ocupam de um mesmo objeto de estudo, de forma individual ou por equipes de cada disciplina, usando metodologias específicas, e obtidos os resultados, se reúnem para formar um quadro geral do objeto de estudo.

- **Interdisciplinaridade** – Quando pesquisadores de diversas disciplinas se ocupam de um mesmo objeto de estudo, mas definem, conjuntamente, os parâmetros a serem pesquisados e desenvolvem metodologias comuns, avaliando os resultados em conjunto.

- **Transdisciplinaridade** – É o conhecimento novo, que está além das disciplinas atuais, incorporando seus conteúdos, mas procurando integrá-los com os das demais disciplinas. A transdisciplinaridade exige o desenvolvimento de novos pressupostos e de novas metodologias de pesquisa.

A teoria de sistemas, desenvolvida por Bertalanfy (1968), forneceu uma abordagem instrumental prática e eficiente para permitir o estudo e a integração do conjunto de fenômenos e suas inter-relações em diversos níveis hierárquicos.

O conceito filosófico do holismo (WERFF, 1992; JESUS, 1996; CAPRA, 1998; NORGAARD; SIKOR, 2002), é de fundamental importância para se entender os fenômenos isolados dentro de um ponto de vista das interações que ocorrem de forma global.

Uma abordagem que merece mais atenção por parte dos teóricos da agroecologia é o método do materialismo dialético de Marx e Engels, que por meio dos conceitos de particularidade, singularidade e universalidade, podem integrar o estudo das partes com o todo. A dificuldade está no fato de que os autores não descreveram explicitamente o método, e as tentativas de reconstrução do mesmo têm dado resultados diversos e antagônicos, dependendo de quem faz a leitura.

Contudo, o instrumento fundamental para o estudo dos fenômenos agrícolas de uma forma mais integrada é o desenvolvido pela ecologia (ODUM, 1988), ciência integradora que permite uma compreensão global dos fenômenos isolados, por meio dos conceitos de comunidades, ecossistemas e propriedades emergentes, entre outros. Esses conceitos foram adaptados por Altieri (1989, 2000, 2002), e Gliessmann (2001), aos sistemas agrícolas, criando o conceito de agroecossistema.

Definição de termos

Na discussão de modelos de agricultura sustentável, muitas vezes o mesmo conceito tem significados ou interpretações diferentes, quando não antagônicas. Sem pretender esgotar ou definir o tema, é fundamental nivelar alguns conceitos para uniformizar o entendimento, mesmo que esse conceito ainda não tenha aceitação universal. Entre os conceitos mais disputados, temos:

Sustentabilidade – Possui diferentes significados para distintos grupos e pessoas, mas há uma concordância geral de que ela tem uma base ecológica (GLIESMANN, 2001). Segundo esse autor, uma agricultura sustentável deve ter as seguintes características:

- Ter efeitos mínimos no ambiente e não liberar substâncias tóxicas ou nocivas na atmosfera, em águas superficiais ou subterrâneas.
- Preservar e recompor a fertilidade, prevenir a erosão e manter a saúde do solo.
- Usar a água de maneira a permitir a recarga dos depósitos aquíferos e manter as necessidades hídricas do ambiente e das pessoas.
- Dependem dos recursos internos do agroecossistema, incluindo comunidades próximas.
- Valorizar e conservar a diversidade biológica e garantir igualdade de acesso a práticas, conhecimentos e tecnologias agrícolas, possibilitando o controle local dos recursos agrícolas.

Agroecologia – O emprego mais antigo da palavra agroecologia diz respeito ao zoneamento agroecológico, que é a demarcação territorial da área de exploração possível de uma determinada cultura, em função das características edafoclimáticas necessárias ao seu desenvolvimento. A partir de 1980, esse conceito passou a ter outra conotação: para Gliessmann (2001), é a aplicação dos princípios e conceitos da ecologia ao desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis.

Para Altieri (1989), a agroecologia é uma ciência emergente que estuda os agroecossistemas integrando conhecimentos de agronomia, ecologia, economia e sociologia. Para outros, trata-se apenas de uma nova disciplina científica. Para Guzmán (2002), a agroecologia não pode ser uma ciência, pois incorpora o conhecimento tradicional que por definição não é científico. No entanto, consideramos que a agroecologia é uma ciência em construção,

com características transdisciplinares integrando conhecimentos de diversas outras ciências e incorporando inclusive, o conhecimento tradicional, porém este é validado por meio de metodologias científicas (mesmo que, às vezes, sejam métodos não-convencionais).

Agricultura orgânica – Originariamente, o conceito de agricultura orgânica define o solo como um sistema vivo, que deve ser nutrido, de modo que não restrinja as atividades de organismos benéficos necessários à reciclagem de nutrientes e à produção de húmus (USDA, 1984). Partindo-se do enfoque holístico, o manejo da unidade de produção agrícola visa promover a agrobiodiversidade e os ciclos biológicos, procurando a sustentabilidade social, ambiental e econômica da unidade, no tempo e no espaço (NEVES et al., 2000).

Originalmente, os produtores que adotavam os sistemas alternativos de produção o faziam por convicção pessoal, e movidos pela preocupação com o meio ambiente e com a saúde. Por isso, os sistemas de produção eram estabelecidos com base num conjunto de procedimentos que envolvem a planta, o solo e as condições climáticas, tendo como objetivo a produção de um alimento sadio, com características e sabor originais.

Esses agricultores consideravam a unidade produtiva como uma unidade indivisível, significando que todas as atividades da fazenda (olericultura, fruticultura, fruticultura, florestas produtivas, áreas de preservação, etc.) seriam partes de um corpo dinâmico interagindo entre si. Para esses agricultores, o termo “orgânica”, da expressão “agricultura orgânica”, tem origem na expressão “organismo agrícola” (ASSIS et al., 1998).

O desenvolvimento de um mercado de produtos orgânicos, comercializados a preços superiores aos convencionais, levou à necessidade de certificação e definição legal de normas mínimas para que um produto possa ser comercializado como orgânico. A existência desse sobrepreço ou prêmio na comercialização dos produtos certificados vem atraindo muitos empreendedores que visam apenas ao lucro imediato, sem muitas preocupações ambientais.

Assim, surge uma nova interpretação do conceito de agricultura orgânica, para o qual basta atender às normas mínimas de legislação para ter direito ao selo de qualidade, o que equivale a uma simples substituição dos insumos convencionais por insumos orgânicos ou biológicos, mantendo a mesma lógica produtiva dos sistemas convencionais. Para esses produtos, o termo “orgânico” tem origem na expressão “insumos orgânicos”.

Conceitos básicos de ecologia

Para entendermos os princípios da agroecologia, precisamos, inicialmente, rever alguns conceitos básicos de ecologia. A síntese a seguir é baseada em Odum (1988), Altieri (1989, 2000, 2002), Dover e Talbot (1992) e Gliessmann (2001).

Ecosistema

O ecossistema é um sistema funcional, delimitado arbitrariamente, onde se dão relações complementares entre os organismos vivos e seu ambiente. É constituído de organismos vivos, que interagem no ambiente, de fatores bióticos, e de componentes físicos e químicos não-vivos do ambiente, como solo, luz, umidade, temperatura, etc., que constituem os fatores abióticos. As relações entre ambos formam a estrutura do sistema, e os processos dinâmicos de que participam constituem a função do sistema.

O estudo dos ecossistemas pode ser feito em diversos níveis de organização. Assim, pode ser feito um estudo de um organismo individual, como de uma planta ou de um animal, o que constitui o nível inferior da hierarquia e é objeto da ecologia fisiológica ou auto-ecologia. Ela estuda o comportamento de um único indivíduo de uma espécie em resposta aos fatores do ambiente, e seu grau de tolerância a estresses no ambiente em que vive.

O estudo do conjunto de indivíduos da mesma espécie constitui o próximo nível de organização, chamado de população e é objeto da ecologia de populações. Procura determinar e entender os fatores que controlam o crescimento e o tamanho das populações e a capacidade do ambiente de sustentar uma determinada população ao longo do tempo.

O conjunto de diferentes populações, convivendo e interagindo num mesmo ambiente, constitui o nível hierárquico superior, a comunidade. O estudo desse nível de organização é objeto da ecologia de comunidades, que procura entender como as interações de organismos afetam a distribuição e a abundância das diferentes espécies dentro da comunidade.

O conjunto de todas as comunidades de organismos e de todos os fatores abióticos, que ocorrem numa determinada área constitui o nível de organização mais abrangente que é o ecossistema propriamente dito, e dentro de sua estrutura acontece uma intrincada teia de interações.

Quando se passa de um nível de organização inferior para um nível superior, este não é constituído apenas por uma coleção de grupos da categoria inferior, pois devido às interações dos componentes, surgem (emergem) novas propriedades, que são chamadas de propriedades emergentes. Isso significa que o todo é maior que a simples soma das partes, pois por exemplo, uma comunidade não é apenas um conjunto de populações diferentes, e não pode ser compreendida apenas pelo simples comportamento de cada população, individualmente. Da mesma forma, uma população é mais que a soma dos indivíduos que a compõe e o ecossistema é maior e mais complexo que o conjunto das comunidades que o constitui.

Propriedades estruturais das comunidades

A estrutura da comunidade desempenha um papel tão importante na dinâmica e na estabilidade do ecossistema que é importante examinar as diversas propriedades que aparecem como resultado das interações que ocorrem nesse nível. A comunidade é o resultado das interações entre as diferentes populações que a constituem, que por sua vez são o resultado da adaptação das diferentes espécies aos fatores abióticos e suas variações, que condicionam o ambiente local.

Diversidade de espécies – É o número de espécies que existem numa comunidade. Dependendo das condições ambientais, algumas comunidades podem possuir grande diversidade, enquanto outras podem possuir pouca diversidade.

Abundância – É a quantidade de indivíduos de uma espécie dentro da comunidade. Existem espécies muito abundantes e outras pouco abundantes em cada comunidade.

Espécie dominante – É aquela espécie que causa maior impacto tanto nos componentes bióticos, como nos componentes abióticos da comunidade. A dominância pode ser resultado da relativa abundância do organismo, de seu tamanho, de seu papel ecológico ou de quaisquer desses fatores combinados. Os ecossistemas naturais podem ser denominados de acordo com a espécie dominante, como por exemplo, a Mata de Araucária, no Sul do Brasil.

Estrutura da vegetação – Pode ser vertical e horizontal. A estrutura vertical diz respeito à existência de um conjunto de espécies vegetais que formam um perfil com diferentes camadas, enquanto a estrutura horizontal

diz respeito ao padrão e à distribuição de agrupamentos ou associações de populações vegetais pela superfície do solo. Quando as espécies que compõem a estrutura vegetativa assumem formas semelhantes de crescimento, nomes mais gerais são dados a esses conjuntos (pradaria, floresta, ou capoeira).

Estrutura trófica – É a forma como se organiza o atendimento das necessidades nutritivas das diferentes espécies, dentro da comunidade. Nos ecossistemas terrestres, as plantas são a base da estrutura trófica da comunidade, pela capacidade de captar e de converter a energia solar em energia química armazenada na biomassa, por meio da fotossíntese. Por causa dessa função, são classificadas fisiologicamente como autotróficas, por não dependerem de outros organismos para atender suas necessidades de energia. Por produzirem biomassa, são conhecidas como produtoras e representam o primeiro nível trófico da comunidade.

Os demais organismos da comunidade dependem da biomassa produzida pelas plantas, para atender suas necessidades de energia e nutrientes, sendo portanto, classificados como organismos heterotróficos e constituem os consumidores da comunidade.

Os consumidores incluem os herbívoros – que convertem a biomassa vegetal em biomassa animal –, os predadores e os parasitas – que sobrevivem a partir de herbívoros e predadores –, e os parasitóides, que se alimentam de predadores e de parasitas. Reconvertendo biomassa morta em componentes mais simples, existem os organismos decompositores, fechando-se o ciclo de transformações da cadeia trófica.

Função dos ecossistemas

A função dos ecossistemas naturais refere-se aos processos dinâmicos que ocorrem dentro deste: o movimento, o desenvolvimento, a conversão e o fluxo de matéria e de energia, e as interações e relações dos organismos e componentes bióticos do ambiente. Esses processos são fundamentais para entender os conceitos de dinâmica, eficiência e produtividade dos ecossistemas. O fluxo de energia entre suas partes e os ciclos dos nutrientes são componentes fundamentais.

Fluxo de energia em ecossistemas – Os organismos necessitam de energia para desenvolver-se e executar seus processos fisiológicos. A reserva de energia dos organismos deve ser renovada constantemente, pois nos ecossistemas a energia flui do meio externo para dentro do sistema,

principalmente pela captação da energia solar pelas plantas, sendo armazenada nas ligações químicas da biomassa que as plantas produzem. Por meio da cadeia trófica, a energia muda continuamente de forma, e passa de um componente para outro.

Os diferentes ecossistemas variam em sua capacidade de transformar energia solar em biomassa. Essa capacidade de conversão de energia em biomassa é chamada de produtividade primária bruta (PPB), expressa em quilocalorias por metro quadrado por ano ($\text{Kcal m}^{-2} \text{ano}^{-1}$). Grande parte dessa energia fixada é usada pelas plantas em seus processos metabólicos e é dissipada no ambiente em forma de calor. A energia fixada restante é a produtividade primária líquida.

Ao longo de cada degrau da cadeia trófica, cerca de 90% da energia obtida a partir do nível anterior são consumidos, e apenas 10% são transferidos para o nível seguinte. Além disso, uma parte da biomassa é acumulada no sistema como biomassa morta, que é consumida, lentamente, pelos organismos decompositores.

Ciclagem de nutrientes nos ecossistemas – Além de energia, os organismos vivos necessitam de matéria para formar seus corpos e manter suas funções vitais. Essa matéria é constituída por uma série de elementos indispensáveis à vida, conhecidos como nutrientes e com os quais são construídas macromoléculas orgânicas complexas, células e tecidos que constituem os organismos.

Embora o movimento dos nutrientes no ecossistema esteja associado ao fluxo de energia, enquanto este flui apenas numa direção, os nutrientes se movem em ciclos, mudando continuamente de forma, passando dos componentes bióticos aos abióticos e novamente aos bióticos e, nesse processo, necessitam dos organismos para desenvolver seus ciclos.

Como tanto os fatores bióticos como os abióticos estão envolvidos, recebem o nome de ciclos biogeoquímicos, que são complexos e interconectados, em geral ocorrendo num nível global, que transcende os ecossistemas individuais. Entre os ciclos, os da água, do carbono (C), do nitrogênio (N) e do oxigênio (O) possuem seu reservatório principal na atmosfera, assumindo um caráter mais global, enquanto outros, menos móveis, como o do fósforo (P), do enxofre (S), do potássio (K), do cálcio (Ca) e da maioria dos micronutrientes são ciclados mais localmente, sendo o solo seu reservatório abiótico principal.

Mecanismos de regulação de populações nos ecossistemas – As populações das diferentes espécies variam no ecossistema ao longo do tempo, em função de suas características próprias como taxa de nascimento e de mortalidade, em função das interações com outras espécies e em respostas (sensibilidade ou tolerância) às variações nas condições abióticas do ecossistema.

De acordo com as características adaptativas de cada espécie, o resultado de sua interação variará com as outras espécies, sendo que as formas de interação podem ser classificadas como (GLIESMANN, 2001):

Mutualismo – Quando duas espécies desenvolveram formas de interação em que ambas se beneficiam. Esse mutualismo ocorre em diferentes graus de associação, desde associações puramente casuais, como no caso de árvores e plantas epífitas, até associações obrigatórias, como no caso das simbioses obrigatórias.

Predação – Quando um organismo (o predador) alimenta-se de outro (a presa), e depende deste para sua sobrevivência. Nesse caso, o predador consome um grande número de presas em seu ciclo vital.

Parasitismo – Quando um organismo (o parasita) passa parte de seu ciclo vital se alimentando de outro (o hospedeiro). Em geral, o parasita se alimenta de apenas um hospedeiro, em seu ciclo vital.

Interferência – Quando um organismo interfere sobre o ciclo de vida de outros da comunidade. Essa interferência pode-se dar por meio da adição de substâncias inibitórias ou favoráveis, ou pela remoção de substâncias necessárias ou deletérias a outro organismo. A interferência pode ser tanto positiva como negativa.

Competição – É um tipo de interferência por remoção, onde dois ou mais organismos disputam um determinado recurso do ambiente. Pode ocorrer competição entre duas espécies, chamada de competição interespecífica, na qual a espécie que superar a outra na competição tenderá a se tornar dominante. Também pode ocorrer competição entre indivíduos da mesma espécie, chamada de competição intra-específica, o que pode ser prejudicial ao conjunto da população dessa espécie.

Coexistência – Quando duas populações conseguem conviver juntas, sem interferência mútua. Nesse caso, apesar de partilharem o mesmo espaço físico, dependem de recursos diferentes existentes nesse espaço. Por isso, dizemos que ocupam nichos ecológicos diferenciados.

Processos dinâmicos nos ecossistemas – Estabilidade e mudança (GLIESMANN, 2001). No ecossistema, organismos surgem, se desenvolvem, morrem e são substituídos por outros. Populações variam com o passar do tempo, tanto em número como em composição e arranjo, mas, no conjunto, os ecossistemas são extremamente estáveis em sua estrutura e funcionamento. Essa estabilidade se deve à diversidade de espécies, à complexidade dos ecossistemas e à redundância em suas funções. Ao longo do tempo, os ecossistemas estão sujeitos a condições adversas que podem ser de dois tipos:

Situações de estresse – Condições adversas em que alguma modificação nas condições abióticas normais interfere, negativamente, no potencial de produção de biomassa do ecossistema.

Distúrbios ou perturbações – Eventos que modificam a estrutura e o funcionamento de um ecossistema, e produzem destruição ou perda da biomassa acumulada no ecossistema.

Após sofrer perturbações, os ecossistemas têm uma capacidade relativamente ampla de retornar às condições de estrutura e de funcionamento assemelhadas às condições anteriores à perturbação. Essa capacidade de recuperação do ecossistema recebe o nome de resiliência.

Um dos mecanismos de recuperação dos ecossistemas é o processo chamado de sucessão. É o processo de desenvolvimento de um ecossistema, por meio do qual se dão mudanças específicas na sua estrutura e função. De maneira geral, no processo de sucessão, ao longo do tempo, ocorre acúmulo de biomassa, aumento da complexidade da estrutura vegetal das comunidades e aumento da complexidade nas interações entre os organismos.

De acordo com os recursos abióticos locais de cada ecossistema, a sucessão evolui para uma situação de equilíbrio entre a produção e o consumo da biomassa. Quando um ecossistema atinge esse nível de equilíbrio dinâmico, é chamado de ecossistema maduro ou clímax, cuja produtividade líquida é nula, e tende a permanecer em equilíbrio dinâmico por longos anos, desde que não ocorram perturbações. Caso estas ocorram, o processo de sucessão reiniciará novamente (sucessão secundária), tendendo a retornar a situação clímax, mesmo que com alguma variação no conjunto de organismos responsáveis pelas diferentes funções. Como os ecossistemas estão permanentemente sujeitos a perturbações, dificilmente entram num estado totalmente estável.

Agroecossistema

Conceito de agroecossistema

“ (...) os homens têm que estar em condições de viver para poderem ‘fazer história’. Mas da vida fazem parte sobretudo comer e beber, habitação, vestuário e ainda algumas outras coisas. O primeiro ato histórico é, portanto, a produção dos meios para a satisfação dessas necessidades, a produção da própria vida material, e a verdade é que este é um ato histórico, uma condição fundamental de toda a História, que ainda hoje, como há milhares de anos, tem que ser realizado dia a dia, hora a hora, para ao menos manter os homens vivos (MARX; ENGELS, 1984).

A modificação de um ecossistema natural pelo homem, para produção de bens necessários à sua sobrevivência, forma o agroecossistema. Com a interferência humana, os mecanismos e controles naturais são substituídos por controles artificiais, cuja lógica é condicionada pelo tipo de sociedade na qual se insere o agricultor.

Existem diversas definições de agroecossistemas. Entre elas, salientamos as seguintes:

Agroecossistemas – São sistemas ecológicos alterados, manejados de forma a aumentar a produtividade de um grupo seletivo de produtores e de consumidores. Plantas e animais nativos são retirados e substituídos por poucas espécies (PIMENTEL, 1973; PIMENTEL; PIMENTEL, 1996).

Agroecossistemas – São compostos pelas interações físicas e biológicas de seus componentes. O ambiente vai determinar a presença de cada componente, no tempo e no espaço. Esse arranjo de componentes será capaz de processar *inputs* (insumos) ambientais e produzir *outputs* (produtos) (HART, 1978, 1980).

Para fins práticos, o agroecossistema pode ser considerado equivalente a sistema de produção, sistema agrícola ou unidade de produção. Nesse caso, é o conjunto de explorações e de atividades realizadas por um agricultor, com um sistema de gestão próprio.

Diferenças entre ecossistema e agroecossistema

A ação humana modifica o ecossistema natural, procurando direcionar a produção primária do ecossistema para obtenção de produtos que atendam

as necessidades básicas e culturais das diferentes sociedades humanas. Estas possuem diferentes concepções de vida, o que implica em diferentes padrões de consumo e, como consequência, criam relações diversas com a natureza, e diferentes graus de pressão sobre os recursos naturais.

No entanto, independentemente do grau de artificialização aplicado ao ecossistema natural, sua conversão em agroecossistema implica em diferenças em relação aos ecossistemas naturais. Os agroecossistemas ocidentais “modernos” representam o maior grau de artificialização em relação aos ecossistemas naturais e, com base nestes, Odum (1984), citado por Hecht (2002), e Glissmann e Méndez (2001), apresentam as seguintes diferenças em relação aos ecossistemas naturais:

Fluxo de energia mais aberto – Enquanto nos ecossistemas naturais a principal fonte é a energia direta do sol, os agroecossistemas possuem fontes auxiliares de energia, como a força humana, a tração animal e os combustíveis fósseis cuja energia é aplicada diretamente ao agroecossistema ou indiretamente, por meio da produção de insumos industriais. Além disso, as perdas de energia são maiores, tanto de energia potencial biológica armazenada nos tecidos colhidos ou na matéria orgânica, como pelas perdas diretas de calor, por meio da aceleração dos processos biológicos e na decomposição acelerada das reservas de matéria orgânica.

Ciclagem de nutrientes mais aberta – Nos agroecossistemas, ocorre a entrada de nutrientes pela adição de fertilizantes orgânicos ou industriais, e maiores saídas devido à intensificação dos processos de perda (erosão, lixiviação, volatilização, fixação aos minerais do solo) e pela exportação de nutrientes por meio dos produtos colhidos.

Menor diversidade – A grande diversidade encontrada nos ecossistemas é suprimida, dando lugar a poucas espécies cultivadas, a poucas plantas consideradas “invasoras”, e aos organismos associados a essas espécies.

Pressão de seleção artificial – Os organismos remanescentes no agroecossistema deixam de estar submetidos à seleção natural para serem submetidos a pressões artificiais de seleção, tanto a seleção conscientemente dirigida sobre os organismos cultivados, como pela pressão de seleção inconsciente aplicada sobre os organismos espontâneos dos agroecossistemas, causada pelas práticas culturais e pela aplicação de produtos para controle das populações indesejadas. Muitas vezes, essa pressão de seleção inconsciente pode ser muito mais intensa que a aplicada aos organismos cultivados.

Diminuição dos níveis tróficos – Devido à redução da biodiversidade, ocorre uma redução dos níveis tróficos, que em geral se reduzem aos produtores e seus consumidores diretos (no caso de culturas vegetais) ou de produtores (que não necessariamente estão dentro dos agroecossistemas), consumidores primários e seus predadores ou parasitas (no caso de produção animal). Como em geral há abundância do organismo cultivado, isso significa fartura de alimento para o nível trófico seguinte, permitindo rápido aumento da população dos organismos que participam desse nível trófico.

Diminuição na capacidade de auto-regulação – Os mecanismos de auto-regulação são substituídos por controles artificiais de população e deixam de ser levados em conta, perdendo sua capacidade de resposta aos estímulos ambientais.

Tipos de agroecossistemas

Agroecossistemas modernos ou tecnificados

Os agroecossistemas modernos ou tecnificados caracterizam-se por um alto grau de artificialização das condições ambientais, sendo altamente dependentes de insumos produzidos industrialmente e adquiridos no mercado. Esses insumos são baseados em recursos não renováveis e importados de outras regiões, implicando em gasto de energia com transporte.

Há pouca preocupação com a conservação e a reciclagem de nutrientes dentro do agroecossistema. Procuram adaptar as condições locais às necessidades das explorações, por meio de práticas como correção da acidez do solo, fertilização, irrigação, drenagem, etc. Assim, homogeneizam a diversidade de microambientes, aplicando um tratamento médio ao conjunto de situações diversificadas. Por isso, impactam fortemente o ambiente dentro e fora da propriedade. Além disso, reduzem a diversidade, e eliminam a continuidade espacial e temporal. Reduzem a diversidade genética local, pela introdução de espécies e de cultivares “melhoradas” e desestruturam os conhecimentos e a cultura local.

Geralmente, os rendimentos são proporcionais à aplicação de insumos e pouco dependem do ecossistema original, sendo que o objetivo principal da produção é a obtenção de lucro, e o tipo de produção é determinado pelas demandas do mercado global, independentemente das necessidades das comunidades locais.

Problemas dos agroecossistemas modernos ou tecnificados

Em geral, os agroecossistemas ditos modernos ou tecnificados usam aração intensiva como forma de preparo do solo, o que leva a problemas como degradação da estrutura do solo, redução da matéria orgânica, compactação do solo, redução da infiltração de água no solo, formação de impedimentos à penetração radicular, e em consequência, menor capacidade de armazenamento de água no perfil do solo, maior suscetibilidade a déficit hídrico, maior intensidade do escoamento superficial e intensificação da erosão hídrica e eólica.

Esses agroecossistemas são baseados em monocultivos que permitem ganhos de escala de produção e maior eficiência na utilização dos equipamentos, mas isso resulta em suscetibilidade a pragas e doenças, erosão genética e perda do conhecimento agrícola tradicional, este muitas vezes fundamental para o entendimento das condições ambientais locais.

Uso de fertilizantes sintéticos, provenientes de fontes não renováveis elevam os custos de produção e ameaçam a continuidade do modelo em longo prazo. Além disso, se perdem facilmente por lixiviação, volatilização e fixação permanente nas argilas do solo, podendo contaminar os alimentos e os aquíferos.

O uso da irrigação em larga escala promove um consumo excessivo de água, além de provocar a salinização dos solos, a erosão hídrica e a contaminação dos aquíferos.

A utilização do controle químico para o combate a pragas, doenças e plantas espontâneas promove a resistência destes aos produtos aplicados, por meio da pressão de seleção exercida por esses produtos; a eliminação de inimigos naturais; a contaminação dos alimentos e do ambiente. Além disso, para sua produção, são utilizadas fontes não renováveis de energia, colocando em xeque a possibilidade de sua utilização em longo prazo.

Agroecossistemas tradicionais

Em diversas regiões do mundo, principalmente na América Latina, na África e na Ásia, ainda subsiste grande número de sistemas de cultivo tradicionais, que representam um ponto intermediário entre os ecossistemas naturais e a agricultura convencional. Esses agroecossistemas têm vantagens

e desvantagens como sistemas de produção na atualidade. Devido às desvantagens, muitos estão em franco estado de degradação. Mesmo assim, vale a pena conhecer suas características, que poderão ser muito úteis no desenho e no manejo de agroecossistemas sustentáveis.

Geralmente, os agroecossistemas tradicionais não dependem de insumos comerciais. Usam recursos renováveis e disponíveis no local e dão grande importância à reciclagem de nutrientes. Mantêm um alto grau de diversidade e sua continuidade espacial e temporal. Como estão adaptados às condições locais, conseguem aproveitar, ao máximo, os microambientes e beneficiam o ambiente dentro e fora da propriedade, ao invés de impactá-lo.

Os rendimentos são proporcionais à capacidade produtiva do ecossistema original, pois este não sofre alterações drásticas. Priorizam a produção para satisfazer as necessidades locais. Dependem da diversidade genética, dos conhecimentos e da cultura local e por isso a preservam.

Problemas dos agroecossistemas tradicionais

O fato de muitos dos sistemas tradicionais estarem em processo de degradação evidencia que, apesar de suas vantagens ecológicas, esses agroecossistemas apresentam uma série de problemas, como não responder a muitas das realidades socioeconômicas atuais. A escassez da força de trabalho é um dos problemas sérios para esses sistemas, que são altamente demandadores de força de trabalho. Esse problema é derivado das migrações de populações pobres, que não conseguem sobreviver à escassez de terras, consequência da concentração fundiária. Assim, esses agricultores não conseguem competir com os agricultores capitalizados, que utilizam tecnologias da *Revolução Verde*.

A escassez de terras e o aumento da população pobre causam uma pressão muito forte sobre os recursos naturais, ultrapassando os limites de sustentabilidade, reduzindo a produtividade e levando as populações à extrema pobreza.

Como construir um novo sistema

Ao construir um novo sistema de produção, devemos nos basear num princípio geral: quanto mais um agroecossistema se parecer com o ecossistema

da região biogeográfica em que se encontra, em relação à sua estrutura e função, maior será a probabilidade desse agroecossistema ser sustentável.

Por isso, devemos construir sistemas de produção que se aproximem ao máximo dos ecossistemas naturais. Isso não é fácil e exige um alto grau de conhecimento ecológico, agrônômico e socioeconômico, ainda não disponível. Como ciência em construção, a agroecologia visa atender a essas demandas de conhecimento.

A construção de modelo de agricultura que respeite os princípios ecológicos não é uma volta ao passado, como afirmam seus detratores. Embora a agroecologia estude e valorize os agroecossistemas tradicionais, ela o faz de um ponto de vista crítico, para conhecer a lógica e as interações que os mantêm. A partir daí, aplica-se essa lógica para se desenhar novos sistemas que otimizem os processos e as interações ecológicas, com a finalidade de melhorar a produção de bens úteis à sociedade.

Ao incorporar as questões sociais e respeitar a cultura e o conhecimento local, busca preservar a identidade, os costumes e as tradições de cada povo, propiciando a conquista de direitos sociais e a melhoria da qualidade de vida dessas populações, ao invés de focar apenas a produção pela produção, esquecendo as aspirações dos homens responsáveis por esta.

Passos para a construção de sistemas de produção agroecológicos

Não há receitas prontas, nem é possível desenvolver pacotes tecnológicos agroecológicos, para desenvolver o sistema. No seu princípio de imitar o ecossistema original, será a busca de uma agricultura movida, basicamente, pelo sol, que passará a ser a principal fonte de energia. Também se deve trabalhar pelo fechamento dos ciclos de nutrientes e pela reativação dos mecanismos de autocontrole das populações. Dentro desses princípios, os passos possíveis e não exclusivos para a construção do novo sistema de produção agroecológico poderiam ser:

Reduzir a dependência de insumos comerciais – Substituir o uso de insumos por práticas que permitam melhorar a qualidade do solo com o uso da fixação biológica de nitrogênio, e de espécies que estimulem microrganismos, tais como micorrizas, solubilizadores de fosfatos e promotores de crescimento.

Utilizar recursos renováveis e disponíveis no local – Aproveitar, ao máximo, os recursos locais, que freqüentemente são perdidos e se tornam poluentes, como restos culturais, esterco, cinzas, resíduos caseiros e agroindustriais “limpos” .

Enfatizar a reciclagem de nutrientes – Evitar, ao máximo, as perdas de nutrientes, com práticas eficientes de controle da erosão, e a utilização de espécies de plantas capazes de recuperar os nutrientes lavados para as camadas mais profundas do perfil do solo.

Introduzir espécies que criem diversidade funcional no sistema – Cada espécie introduzida no sistema atrai diversas outras à qual está associada. No entanto, não nos interessa qualquer tipo de diversidade, mas uma diversidade que proporcione uma série de serviços ecológicos, capazes de dispensar o uso de insumos. Essa diversidade deve incluir espécies fixadoras de nitrogênio, recicladoras de nutrientes, estimuladoras de predadores e parasitas de pragas, de polinizadores, estimuladoras de micorrizas, sideróforos, solubilizadores de fosfato, etc.

Desenhar sistemas que sejam adaptados às condições locais e aproveitem, ao máximo, os microambientes – Devemos adaptar nossas explorações aos diversos microambientes da unidade de produção, o contrário dos sistemas convencionais, que buscam homogeneizar os ambientes.

Manter a diversidade, a continuidade espacial e temporal da produção – Em condições tropicais, os solos devem permanecer cobertos por todo o ano, para evitar erosão e lixiviação e, conseqüentemente, a perda de parte do próprio solo e de nutrientes. Assim, nos sistemas agroecológicos, o uso do solo acaba sendo mais intenso que nos sistemas convencionais. Nos períodos em que não é possível cultivar espécies de utilidade econômica direta, são cultivadas espécies melhoradoras do solo ou do ambiente.

Otimizar e elevar os rendimentos, sem ultrapassar a capacidade produtiva do ecossistema original – O objetivo não é atingir produtividade máxima de uma única cultura, mas conseguir produtividade ótima do sistema como um todo, garantindo a sustentabilidade dessa produtividade ao longo do tempo.

Resgatar e conservar a diversidade genética local – As espécies e cultivares desenvolvidas em cada local estão adaptadas às condições ambientais locais. Na maioria das vezes, as cultivares locais, quando colocadas em competição com cultivares melhoradas, em centros de pesquisa,

apresentam produtividades inferiores às melhoradas, mas essa situação pode se inverter, quando colocadas em competição no meio real dos agricultores. De qualquer modo, mesmo as cultivares de baixo desempenho devem ser preservadas, pois podem possuir características de extrema importância, que podem ser úteis futuramente.

Resgatar e conservar os conhecimentos e a cultura locais – No seu contato dia a dia, com o ambiente, os agricultores realizam observações de muitos fenômenos que ocorrem em seus sistemas de produção, e apesar de não as descreverem em termos científicos, possuem uma gama de informações codificadas que somente eles têm acesso. Assim, a sua participação é fundamental no desenvolvimento de um novo modelo de agricultura, pois enquanto os técnicos possuem uma visão extremamente analítica, com poucas informações extremamente detalhadas, os agricultores possuem uma visão mais global e integrada do conjunto de fenômenos, e de suas conseqüências, mesmo que não tenham um conhecimento detalhado de cada fenômeno em si. Assim, o conhecimento do agricultor pode fornecer, rapidamente, uma série de informações que técnicos e pesquisadores gastariam anos de pesquisa para obter. Nem por isso deve-se cair no erro de superestimar o conhecimento local, pois este também tem seus limites.

Perspectivas futuras

Como ciência em construção, com características transdisciplinares, a agroecologia necessita da participação efetiva de diversas ciências e disciplinas, como a Agronomia, a Biologia, a Economia, a Sociologia, a Antropologia, a Ciência do Solo, entre outras. Além disso, incorpora e reelabora o conhecimento tradicional das populações. Ciência integradora, a ecologia fornece a base metodológica para a integração desses conhecimentos.

Apesar dos evidentes problemas causados pela agricultura tradicional, esta ainda é dominante, devido a sua facilidade e respostas imediatas, além do intenso bombardeio ideológico que sofrem os agricultores por parte dos agentes de mercado, que lucram com esse modelo de agricultura.

Paulatinamente, a agroecologia vai ganhando respeitabilidade, tendo passado de elemento da contracultura, na década de 1970, a disciplina acadêmica. Os inegáveis resultados obtidos pelas diferentes linhas de pesquisa da área dão suporte a esse ganho de respeitabilidade.

Inúmeras lacunas ainda estão em aberto e exigem um extraordinário esforço de pesquisa, experimentação, teste em meio real para expandir o conhecimento na área e a adoção de tecnologias agroecológicas por parte dos agricultores.

Referências

ALMEIDA, J. R. de. **Ecologia aplicada ao planejamento ambiental**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. Não publicado.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. 2. ed. Rio de Janeiro: PTA- FASE, 1989. 240 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 114 p. (Síntese universitária, 54).

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária; AS-PTA, 2002. 592 p.

ASSIS, R. L. de; AREZZO, D. C. de; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H. Aspectos técnicos da agricultura orgânica fluminense. **Revista Universidade Rural - Série Ciências da Vida**, Seropédica, v. 20, n. 1-2, p. 1-16, 1998.

BERTALANFY, L. von. **General systems theory**. New York, George Brazffler, 1968. 295 p.

CAPRA, F. **O ponto de mutação**: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. São Paulo: Cultrix, 1998. 447 p.

DOVER, M. J.; TALBOT, L. M. **Paradigmas e princípios ecológicos para a agricultura**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 42 p. (Textos para debate, 44).

GLIESSMANN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 658 p.

GLIESSMAN, S. R.; MÉNDEZ, V. E. **Taller intensivo sobre investigación en agroecología** - Notas de curso. Pelotas: Embrapa, 2001. 39 p. Mimeografado.

GUZMÁN, E. S. Agroecologia e desarrollo rural sustentable. In: CURSO INTENSIVO EM AGROECOLOGIA: PRINCÍPIOS E TÉCNICAS ECOLÓGICAS APLICADAS À AGRICULTURA, 11., 2002, Seropédica. **Palestra...** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. Não publicado.

HART, R. D. **Agroecosistemas**: conceptos básicos. Turrialba: CATIE, 1980. 211 p.

HART, R. D. Methodologies to produce agroecosystem management plants for small farmers in tropical environment. In: WORLD AGRICULTURAL WORKSHOP CONFERENCE ON BASIC TECHNIQS IN ECOLOGICAL AGRICULTURE, 1978, Montreal. **Proceedings...** Montreal: Ifoam, 1978.

HECHT, S. B. A evolução do pensamento agroecológico. In: ALTIERI, M. A. (Ed.). **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária; AS-PTA, 2002. p. 21-51.

JESUS, E. L. de. Histórico e filosofia da agricultura alternativa. **Proposta**, Rio de Janeiro, FASE, n. 23, p. 34-50, 1985.

JESUS, E. L. de. Histórico e filosofia da ciência do solo: longa caminhada do reducionismo à abordagem holística alternativa. **Cadernos de Agroecologia**, Rio de Janeiro, p. 64-75, 1996.

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã**: teses sobre Feuerbach. São Paulo: Moraes, 1984. p. 31.

NEVES, M. C. P.; MEDEIROS, C. A. B.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; RODRIGUES, H. R.; GUERRA, J. G. M.; NUNES, M. U. C.; CARDOSO, M. O.; RICCI, M. S. dos F.; SAMINÉZ, T. C. O. **Agricultura orgânica**: instrumento para sustentabilidade dos sistemas de produção e valorização de produtos agropecuários. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 22 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 122).

NORGAARD, R. B. Base epistemológica da agroecologia, In. ALTIERI, M. A. (Ed.). **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. 2. ed. Rio de Janeiro: PTA-FASE, 1989. p. 42-48.

NORGAARD, R. B.; SIKOR, T. O. Metodologia e prática da agroecologia. In: ALTIERI, M. A. (Ed.). **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002. p. 53-84.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 438 p.

PIMENTEL, D. Food production and the energy crisis. **Science**, Washington, v. 182, p. 443-449, 1973.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. **Food, energy and society**. Niwot: University Press of Colorado, 1996. 363 p.

UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. **Relatório e recomendações sobre agricultura orgânica**. Brasília: CNPq, 1984. 128 p.

WERFF, P. A. van der . **Applied soil ecology in ecological agriculture**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1992. p. 205-300.