

INFORME

v. 24 - n. 220 - 2003 ISSN 0100-3364

AGROPECUÁRIO

Uma publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Agroecologia

Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária
EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV



EPAMIG



INFORMAÇÃO DE QUALIDADE PARA O AGRONEGÓCIO



A EPAMIG está lançando duas publicações que reúnem informações importantes sobre a cultura da goiabeira e fazem um levantamento econômico sobre o algodão em Minas Gerais.

O Boletim Técnico Pragas da Goiabeira apresenta um estudo minucioso sobre cada uma das pragas que incidem na goiaba, constituindo-se num guia completo para o produtor.



A Série Documentos Avaliação Econômica da Cultura do Algodão na Região do Triângulo e Alto Paranaíba apresenta uma análise sobre os entraves a essa atividade.

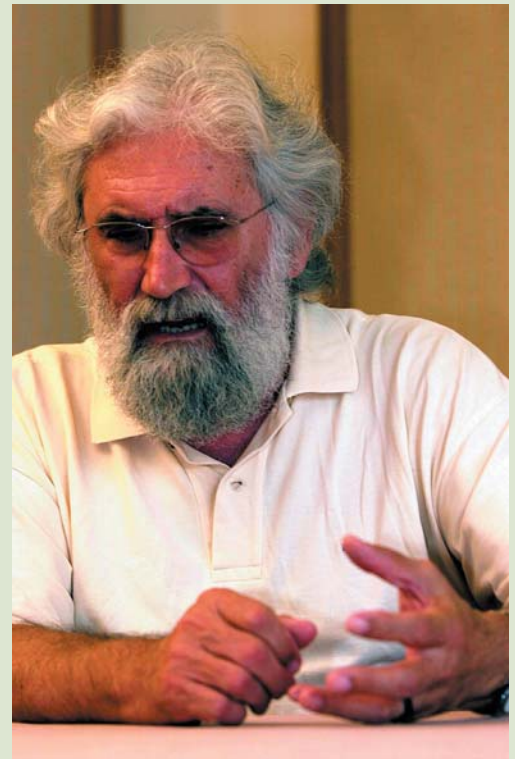


EPAMIG PESQUISA PARA UM NOVO TEMPO



Agroecologia: produção responsável, solidária e atenta à natureza

O teólogo e escritor Leonardo Boff é natural de Concórdia, Santa Catarina. Doutorou-se em Filosofia e Teologia na Universidade de Munique, Alemanha. É professor emérito de Ética, Filosofia da Religião e Ecologia na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e professor-visitante nas universidades de Lisboa (Portugal), Salamanca (Espanha), Harvard (EUA), Basel (Suíça) e Heidelberg (Alemanha). Possui o título de Doutor *Honoris Causa* em Política pela Universidade de Turim (Itália), tendo também sido agraciado com vários prêmios no Brasil e no exterior por sua luta pelos Direitos Humanos. Autor de mais de 60 livros nas áreas de Teologia, Espiritualidade, Filosofia e Ecologia, traduzidos nos principais idiomas, Leonardo Boff recebeu, em 1994, o Prêmio Sérgio Buarque de Holanda, conferido pelo Ministério da Cultura, para a obra *Ecologia: grito da Terra, grito dos pobres*, classificada como melhor ensaio social daquele ano.



O tema Agroecologia abre um leque de princípios que visam à integração equilibrada da atividade agrícola com a preservação ambiental. Por ser um modelo novo para a atividade agrícola, constitui um conceito a ser compreendido, aceito e então praticado. Partindo desse pressuposto, verifica-se a amplitude do tema, que atinge aspectos econômicos, sociais e ambientais. Esta edição do Informe Agropecuário reúne artigos que abordam tecnicamente os pontos vitais de atuação da agroecologia, que, aliados à visão holística do professor Leonardo Boff, dão a exata dimensão da importância deste conceito para a sobrevivência humana e para a continuidade dos recursos naturais do planeta. A obra literária de Leonardo Boff e a participação em projetos de grande alcance social e ambiental, como A Carta da Terra, que envolve 46 países e mais de 100 mil pessoas, aprovada pela Unesco e apresentada na ONU para vigorar com o mesmo valor da Declaração dos Direitos Humanos, constituem mecanismos capazes de incentivar a agroecologia em todo o mundo.

IA - *A revolução industrial e o conseqüente aumento da capacidade humana de dispor dos recursos naturais definem o momento em que a humanidade começou a se preocupar com o esgotamento destes. Na sua concepção, existe uma consciência global da necessidade de uso racional dos recursos naturais?*

Leonardo Boff - A consciência dos limites da Terra é ainda insuficiente, mas, ao mesmo tempo, crescente. Já passamos em 20% a capacidade de suporte e regeneração da Terra, o que significa que continuamos com a lógica de espoliação e depredação dos recursos escassos, própria do tipo de produção que caracteriza os tempos modernos. Mas chegará um ponto em que se instalará uma crise global. E aí

aprenderemos, não da reflexão mas do sofrimento, que precisamos moderar nossa voracidade e estabelecer relações de sinergia e de benevolência para com a Terra.

IA - *Que interesses definem o desenvolvimento da agricultura nos moldes atuais?*

Leonardo Boff - A agricultura nos moldes atuais envolve bilhões de dólares, seja no investimento, seja nos subsídios ou na negociação dos produtos. Há grupos nacionais e multilaterais que ganham com esta situação. Por isso não querem mudar, mesmo sabendo da incidência de danos ecológicos sobre a natureza e a sociedade. Mas isso corresponde à cultura do capital que privilegia o privado sobre o público, a vantagem individual sobre o benefício social

e a ação humana, mesmo contra a natureza, sobre a benevolência e a sinergia com esta mesma natureza.

IA - *A agroecologia que envolve uma visão holística de exploração de recursos naturais pode ser considerada como um nível de conscientização acima de interesses puramente econômicos?*

Leonardo Boff - A agroecologia parte de um novo estado de consciência e de responsabilidade para com o futuro da Terra e da humanidade. Ela procura um desenvolvimento que se faz com a natureza e nunca contra ela. Visa à autocontenção e à justa medida em todas as ações que envolvem recursos escassos ou não renováveis. Ela não é contra a produção eficiente,

mas é a favor de uma produção responsável, solidária e atenta às reações da natureza.

IA - *Em termos mundiais, pode-se considerar que esta forma de exploração ambiental terá sucesso?*

Leonardo Boff - Estimo que a médio e, seguramente, a longo prazo esta forma de utilização do meio ambiente será a única viável e permitida. Não porque a queremos, por razões ideológicas, mas por razões matemáticas. Ou a assumimos e assim garantiremos a sustentabilidade da humanidade e dos ecossistemas, ou vamos ao encontro do pior. Desta vez não há uma arca de Noé que salve alguns e deixe perecer os demais. Ou nos salvamos todos por práticas ecológicas responsáveis, ou corremos todos o grave risco de abortar o projeto planetário humano.

IA - *A palavra de ordem na agricultura atualmente é sustentabilidade, e tem sido usada com frequência em todas as ações que envolvem as práticas agrícolas. Em sua opinião, isto pode significar o equilíbrio entre a exploração agrícola e a preservação ambiental?*

Leonardo Boff - A categoria-chave, até há pouco, em todos os documentos oficiais dos governos e dos organismos internacionais era “desenvolvimento sustentável”. Lentamente muitos se deram conta de que o modelo dominante de desenvolvimento (o capitalista) é por sua essência insustentável. Ele é ilimitado, predador e incentiva o consumismo. Em razão disso, o acento foi colocado na palavra sustentabilidade. Ela, realmente, é uma categoria central para quase todos os âmbitos do conhecimento, da atividade e do planejamento. Desenvolvimento sustentável é uma prática que atende de forma suficiente às necessidades humanas e dos demais seres da comunidade de vida, sem sacrificar o capital natural e ecológico e ainda está atenta para as necessidades daqueles que virão depois de nós. Deve-se garantir a sustentabilidade

das pessoas (mais da metade da humanidade não possui uma vida cotidiana sustentável), das sociedades humanas, dos Estados nacionais, da comunidade humana planetária, da comunidade biótica e do planeta Terra.

IA - *Dentro de uma visão holística, o que o senhor enxerga para o futuro agrícola do Brasil?*

Leonardo Boff - O Brasil possui dois terços de terras agricultáveis, as maiores reservas hídricas do mundo, uma biodiversidade notável e um capital de biomassa incomensurável. Essa situação geoecológica pode permitir ao país um desenvolvimento agrícola dos maiores do mundo. Podemos ser a mesa posta para as fomes do mundo inteiro. E ainda sem precisar do recurso tecnológico dos transgênicos, pois nossos solos e climas permitem duas ou mais colheitas por ano. Esse fato representa um desafio aos nossos planejadores para se conscientizarem desta situação privilegiada, definirem caminhos nossos e singulares para o desenvolvimento agrícola, sem ter que imitar padrões importados que obedecem a outros interesses diferentes dos nossos e darmos uma colaboração inestimável ao processo mundial de segurança alimentar. Temo que setores importantes continuem neocolonizados, na medida em que internalizam práticas que não são nossas, não desenvolvam a auto-estima suficiente e à altura de nossa real grandeza e daí percam a oportunidade de um desenvolvimento sustentável, com métodos brasileiros e uma agroindústria que nasça de nossa inventividade. Mas há setores novos que desenvolveram uma nova consciência e estes serão protagonistas de algo novo e digno de reconhecimento por outros no mundo inteiro.

IA - *O senhor acredita que publicações como a revista Informe Agropecuário, de cunho técnico-científico, exerçam um papel importante na “educação” do usuário dos recursos naturais?*

Leonardo Boff - A realidade brasileira no campo e na cidade já mostra grande complexidade. Por isso ela exige conhecimentos específicos, científicos e técnicos para darmos conta dos desafios que essa complexidade apresenta. Além do mais, devemos fazer frente aos mercados que continuamente se renovam a partir de novos conhecimentos e de técnicas mais eficientes e mais benevolentes para com a natureza. Nesse sentido, vejo a importância decisiva de publicações sérias como esta. Ela aumenta a massa crítica necessária e favorece a criação de uma cultura científica que assegura uma produção permanente de qualidade.

IA - *Que mensagem gostaria de deixar aos leitores do Informe Agropecuário?*

Leonardo Boff - Antes de ser meio de produção, a Terra é superorganismo vivo, como dizem os modernos cosmólogos como James Lovelock e outros, coisa que os povos originários já o sabiam, entendendo a Terra como “Grande Mãe”. Se recolhermos uma colher de terra, identificamos cerca de 50 bilhões de microrganismos. Por isso, a Terra gera tudo, pois ela, como ser vivo, é fecunda. A vida é uma emergência da Terra e a vida humana uma emergência da vida. Nós mesmos, como seres humanos, somos a própria Terra que em sua evolução chegou a sentir, a pensar, a amar e a venerar. Por isso, homem se deriva de *humus*, que é terra fértil e fecunda.

Após compreendermos a Terra assim, percebemos que ela é generosa e nos fornece, de graça, quase tudo o que necessitamos. Nosso trabalho é forma de ajudarmos à Terra, para que ela e nós juntos completemos o que precisamos. Há um sentimento de gratidão e de colaboração que surge desse tipo de compreensão. Importa cuidar-mos da Terra. Ela é a única “Casa Comum” que temos. E não temos outra para morar. Cuidar dela para que conserve sua integridade, fecundidade e beleza. Esse é o imperativo que se impõe a partir da consciência ecológica e de nossa função no conjunto dos seres, como guardiães e jardineiros desse verdadeiro paraíso. ■ Por Vânia Lacerda

A CARTA DA TERRA

PRINCÍPIOS

I. RESPEITAR E CUIDAR DA COMUNIDADE DA VIDA

1. Respeitar a Terra e a vida em toda sua diversidade.

- a. Reconhecer que todos os seres são interligados e cada forma de vida tem valor, independentemente de sua utilidade para os seres humanos.
- b. Afirmar a fé na dignidade inerente de todos os seres humanos e no potencial intelectual, artístico, ético e espiritual da humanidade.

2. Cuidar da comunidade da vida com compreensão, compaixão e amor.

- a. Aceitar que, com o direito de possuir, administrar e usar os recursos naturais vem o dever de impedir o dano causado ao meio ambiente e de proteger os direitos das pessoas.
- b. Assumir que o aumento da liberdade, dos conhecimentos e do poder implica responsabilidade na promoção do bem comum.

3. Construir sociedades democráticas que sejam justas, participativas, sustentáveis e pacíficas.

- a. Assegurar que as comunidades em todos níveis garantam os direitos humanos e as liberdades fundamentais e proporcionem a cada um a oportunidade de realizar seu pleno potencial.
- b. Promover a justiça econômica e social, propiciando a todos a consecução de uma subsistência significativa e segura, que seja ecologicamente responsável.

4. Garantir as dádivas e a beleza da Terra para as atuais e as futuras gerações.

- a. Reconhecer que a liberdade de ação de cada geração é condicionada pelas necessidades das gerações futuras.
- b. Transmitir às futuras gerações valores, tradições e instituições que apóiem, a longo prazo, a prosperidade das comunidades humanas e ecológicas da Terra.

Para poder cumprir estes quatro amplos compromissos, é necessário:

II. INTEGRIDADE ECOLÓGICA

5. Proteger e restaurar a integridade dos sistemas ecológicos da Terra, com especial preocupação pela diversidade biológica e pelos processos naturais que sustentam a vida.

- a. Adotar planos e regulamentações de desenvolvimento sustentável em todos os níveis que façam com que a conservação ambiental e a reabilitação sejam parte integral de todas as iniciativas de desenvolvimento.
- b. Estabelecer e proteger as reservas com uma natureza viável e da biosfera, incluindo terras selvagens e áreas marinhas, para proteger os sistemas de sustento à vida da Terra, manter a biodiversidade e preservar nossa herança natural.
- c. Promover a recuperação de espécies e ecossistemas ameaçados.
- d. Controlar e erradicar organismos não-nativos ou modificados geneticamente que causem dano às espécies nativas, ao meio ambiente, e prevenir a introdução desses organismos daninhos.

e. Manejar o uso de recursos renováveis como água, solo, produtos florestais e vida marinha, de forma que não excedam as taxas de regeneração e que protejam a sanidade dos ecossistemas.

f. Manejar a extração e o uso de recursos não-renováveis, como minerais e combustíveis fósseis, de forma que diminuam a exaustão e não causem dano ambiental grave.

6. Prevenir o dano ao ambiente como o melhor método de proteção ambiental e, quando o conhecimento for limitado, assumir uma postura de precaução.

- a. Orientar ações para evitar a possibilidade de sérios ou irreversíveis danos ambientais mesmo quando a informação científica for incompleta ou não conclusiva.
- b. Impor o ônus da prova àqueles que afirmarem que a atividade proposta não causará dano significativo e fazer com que os grupos sejam responsabilizados pelo dano ambiental.
- c. Garantir que a decisão a ser tomada se oriente pelas consequências humanas globais, cumulativas, de longo prazo, indiretas e de longo alcance.
- d. Impedir a poluição de qualquer parte do meio ambiente e não permitir o aumento de substâncias radioativas, tóxicas ou outras substâncias perigosas.
- e. Evitar que atividades militares causem dano ao meio ambiente.

7. Adotar padrões de produção, consumo e reprodução que protejam as capacidades regenerativas da Terra, os direitos humanos e o bem-estar comunitário.

- a. Reduzir, reutilizar e reciclar materiais usados nos sistemas de produção e consumo e garantir que os resíduos possam ser assimilados pelos sistemas ecológicos.
- b. Atuar com restrição e eficiência no uso de energia e recorrer cada vez mais aos recursos energéticos renováveis, como a energia solar e do vento.
- c. Promover o desenvolvimento, a adoção e a transferência equitativa de tecnologias ambientais saudáveis.
- d. Incluir totalmente os custos ambientais e sociais de bens e serviços no preço de venda e habilitar os consumidores a identificar produtos que satisfaçam as mais altas normas sociais e ambientais.
- e. Garantir acesso universal à assistência de saúde que fomente a saúde reprodutiva e a reprodução responsável.
- f. Adotar estilos de vida que acentuem a qualidade de vida e subsistência material num mundo finito.

8. Avançar o estudo da sustentabilidade ecológica e promover a troca aberta e a ampla aplicação do conhecimento adquirido.

- a. Apoiar a cooperação científica e técnica internacional relacionada com a sustentabilidade, com especial atenção às necessidades das nações em desenvolvimento.
- b. Reconhecer e preservar os conhecimentos tradicionais e a sabedoria espiritual em todas as culturas que contribuam para a proteção ambiental e o bem-estar humano.
- c. Garantir que informações de vital importância para a saúde humana e para a proteção ambiental, incluindo informação genética, estejam disponíveis ao domínio público.

III. JUSTIÇA SOCIAL E ECONÔMICA

9. Erradicar a pobreza como um imperativo ético, social e ambiental.

- a. Garantir o direito à água potável, ao ar puro, à segurança alimentar, aos solos não-contaminados, ao abrigo e saneamento seguro, distribuindo os recursos nacionais e internacionais requeridos.
- b. Prover cada ser humano de educação e recursos para assegurar uma subsistência sustentável, e proporcionar seguro social e segurança coletiva a todos aqueles que não são capazes de manter-se por conta própria.
- c. Reconhecer os ignorados, proteger os vulneráveis, servir àqueles que sofrem, e permitir-lhes desenvolver suas capacidades e alcançar suas aspirações.

10. Garantir que as atividades e instituições econômicas em todos os níveis promovam o desenvolvimento humano de forma equitativa e sustentável.

- a. Promover a distribuição equitativa da riqueza dentro das nações e entre elas.
- b. Incrementar os recursos intelectuais, financeiros, técnicos e sociais das nações em desenvolvimento e isentá-las de dívidas internacionais onerosas.
- c. Garantir que todas as transações comerciais apoiem o uso de recursos sustentáveis, a proteção ambiental e normas trabalhistas progressistas.
- d. Exigir que corporações multinacionais e organizações financeiras internacionais atuem com transparência em benefício do bem comum e responsabilizá-las pelas conseqüências de suas atividades.

11. Afirmar a igualdade e a equidade de gênero como pré-requisitos para o desenvolvimento sustentável e assegurar o acesso universal à educação, à assistência de saúde e às oportunidades econômicas.

- a. Assegurar os direitos humanos das mulheres e das meninas e acabar com toda violência contra elas.
- b. Promover a participação ativa das mulheres em todos os aspectos da vida econômica, política, civil, social e cultural como parceiras plenas e paritárias, tomadoras de decisão, líderes e beneficiárias.
- c. Fortalecer as famílias e garantir a segurança e a educação amorosa de todos os membros da família.

12. Defender, sem discriminação, os direitos de todas as pessoas a um ambiente natural e social, capaz de assegurar a dignidade humana, a saúde corporal e o bem-estar espiritual, concedendo especial atenção aos direitos dos povos indígenas e minorias.

- a. Eliminar a discriminação em todas suas formas, como as que se baseiam em raça, cor, gênero, orientação sexual, religião, idioma e origem nacional, étnica ou social.
- b. Afirmar o direito dos povos indígenas à sua espiritualidade, conhecimentos, terras e recursos, assim como às suas práticas relacionadas com as formas sustentáveis de vida.
- c. Honrar e apoiar os jovens das nossas comunidades, habilitando-os a cumprir seu papel essencial na criação de sociedades sustentáveis.
- d. Proteger e restaurar lugares notáveis pelo significado cultural e espiritual.

IV. DEMOCRACIA, NÃO-VIOLÊNCIA E PAZ

13. Fortalecer as instituições democráticas em todos os níveis e proporcionar-lhes transparência e prestação de contas no exercício do governo, participação inclusiva na tomada de decisões, e acesso à justiça.

- a. Defender o direito de todas as pessoas no sentido de receber informação clara e oportuna sobre assuntos ambientais e todos os planos de desenvolvimento e atividades que poderiam afetá-las ou nos quais tenham interesse.
- b. Apoiar sociedades civis locais, regionais e globais e promover a participação significativa de todos os indivíduos e organizações na tomada de decisões.
- c. Proteger os direitos à liberdade de opinião, de expressão, de assembléia pacífica, de associação e de oposição.
- d. Instituir o acesso efetivo e eficiente a procedimentos administrativos e judiciais independentes, incluindo retificação e compensação por danos ambientais e pela ameaça de tais danos.
- e. Eliminar a corrupção em todas as instituições públicas e privadas.
- f. Fortalecer as comunidades locais, habilitando-as a cuidar dos seus próprios ambientes, e atribuir responsabilidades ambientais aos níveis governamentais onde possam ser cumpridas mais efetivamente.

14. Integrar, na educação formal e na aprendizagem ao longo da vida, os conhecimentos, valores e habilidades necessárias para um modo de vida sustentável.

- a. Oferecer a todos, especialmente a crianças e jovens, oportunidades educativas que lhes permitam contribuir ativamente para o desenvolvimento sustentável.
- b. Promover a contribuição das artes e humanidades, assim como das ciências, na educação para sustentabilidade.
- c. Intensificar o papel dos meios de comunicação de massa no sentido de aumentar a sensibilização para os desafios ecológicos e sociais.
- d. Reconhecer a importância da educação moral e espiritual para uma subsistência sustentável.

15. Tratar todos os seres vivos com respeito e consideração.

- a. Impedir crueldades aos animais mantidos em sociedades humanas e protegê-los de sofrimentos.
- b. Proteger animais selvagens de métodos de caça, armadilhas e pesca que causem sofrimento extremo, prolongado ou evitável.
- c. Evitar ou eliminar ao máximo possível a captura ou destruição de espécies não visadas.

16. Promover uma cultura de tolerância, não-violência e paz.

- a. Estimular e apoiar o entendimento mútuo, a solidariedade e a cooperação entre todas as pessoas, dentro das nações e entre elas.
- b. Implementar estratégias amplas para prevenir conflitos violentos e usar a colaboração na resolução de problemas para manejar e resolver conflitos ambientais e outras disputas.
- c. Desmilitarizar os sistemas de segurança nacional até chegar ao nível de uma postura não-provocativa da defesa e converter os recursos militares em propósitos pacíficos, incluindo restauração ecológica.
- d. Eliminar armas nucleares, biológicas e tóxicas e outras armas de destruição em massa.
- e. Assegurar que o uso do espaço orbital e cósmico mantenha a proteção ambiental e a paz.
- f. Reconhecer que a paz é a plenitude criada por relações corretas consigo mesmo, com outras pessoas, outras culturas, outras vidas, com a Terra e com a totalidade maior da qual somos parte. ■

ISSN 0100-3364
 INPI: 1231/0650500

COMISSÃO EDITORIAL

Baldonado Arthur Napoleão
 Luis Carlos Gomes Guerra
 Manoel Duarte Xavier
 Carlos Alberto Naves Carneiro
 Sanzio Mollica Vidigal
 Edson Marques da Silva
 Aldo Fernandes da Silva Júnior
 Marlene Antonieta Ribeiro Gomide
 Vânia Lacerda

EDITORA

Vânia Lacerda

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Maria Inês Nogueira Alvarenga e Miralda Bueno de Paula

REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA

Rosely A. Ribeiro Battista Pereira
 Cibele Pereira da Silva (auxiliar)

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira

PRODUÇÃO E ARTE

Programação visual: Alexandre Maurício Santos

Diagramação/formatação: Rosangela Maria Mota Ennes e

Maria Alice Vieira

Capa: Alexandre Maurício Santos

Foto da capa: Hugo Adelante de Mesquita

IMPRESSÃO

EMBRAPA

PUBLICIDADE

Assessoria de Marketing

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova
 Caixa Postal, 515 - CEP 31170-000 - Belo Horizonte-MG
 Telefax: (31) 3488-8468

Copyright © - EPAMIG - 1977

**É proibida a reprodução total ou parcial,
 por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor.
 Todos os direitos são reservados à EPAMIG.**

**Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro
 da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.**

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . -
 Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
 v.: il.

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. -
 v.1, n.1 - (abr.1975).
 ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agricultura - Aspecto
 Econômico - Periódico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

ASSINATURAS: Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC/EPAMIG)

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova - Caixa Postal, 515 CEP 31170-000
 Belo Horizonte-MG - Telefax: (31) 3488-6688 - E-mail: sac@epamig.br - Site: www.epamig.br
 CNPJ 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

A sustentabilidade da agricultura e a preservação dos recursos naturais

A conscientização de que o planeta Terra, com seus recursos naturais limitados, caminha em processo acelerado para o esgotamento de suas potencialidades, tem ampliado a busca por alternativas de produção mais racionais. Cerca de 20% do solo em todo o mundo encontra-se degradado e somente através da adoção de novos sistemas de produção, mais adequados às diferentes condições ambientais do planeta, será possível melhorar este cenário.

Nas atividades agropecuárias, partes do ecossistema passam a funcionar como agroecossistemas, que têm seus ciclos biogeoquímicos intencionalmente alterados pelo homem, com o objetivo de aumentar a produtividade de alguns organismos exógenos ou nativos; de forma que o agroecossistema e o ambiente circundante estejam continuamente trocando matéria, energia, informação e vida, nas suas diversas formas. O balanço dessas trocas é que determina a sustentabilidade da atividade.

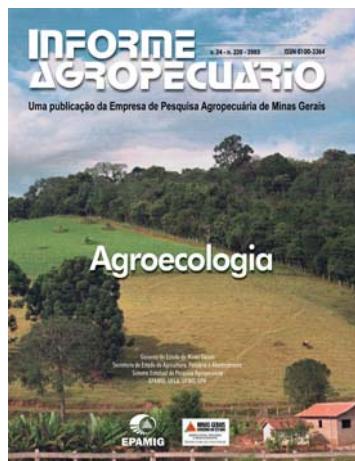
A agroecologia, no seu sentido mais amplo, procura então direcionar as atividades produtivas da agropecuária para uma exploração dos recursos naturais, visando principalmente uma mudança qualitativa no ambiente envolvido nessas atividades. Ainda numa visão mais holística da exploração dos recursos naturais, buscando o desenvolvimento das sociedades, a agroecologia só se confirmará como sistema viável se os seus adeptos tiverem uma conduta agroecológica.

Esta edição do Informe Agropecuário pretende, com alguns ensinamentos técnicos, ser mais uma semente lançada para germinar e desenvolver atitudes agroecológicas, que contribuam para o desenvolvimento das sociedades.

Baldonado Arthur Napoleão

Presidente da EPAMIG

Apresentação



Numa visão filosófica da vida na Terra, podemos acreditar que o planeta está girando mais rápido, considerando a velocidade com que as informações estão circulando nos meios de comunicação. Assim, a ocupação agropecuária, dentre outras atividades, tem acontecido à margem do conhecimento científico, em busca do crescimento/desenvolvimento das nações. Entretanto, enquanto crescimento pressupõe aumento físico e alargamento das dimensões da economia, o desenvolvimento não quer, necessariamente, significar crescimento. Pode ser considerado uma transformação estrutural da economia em atendimento das necessidades básicas, resultando numa mudança qualitativa para melhor. Portanto, esta edição sobre Agroecologia do Informe Agropecuário pretende ser mais uma contribuição para a conscientização dos problemas advindos nesse modelo econômico a que estamos atrelados. A abertura desta edição traz uma entrevista com o teólogo e escritor Leonardo Boff, que traduziu, com sabedoria, a mensagem que se pretende passar com este tema.

Maria Inês Nogueira Alvarenga e Miralda Bueno de Paula

Sumário

Destinação segura das embalagens vazias de agrotóxicos

Maria Inês Nogueira Alvarenga, Roger Alexandre Nogueira Gontijo, Helena Maria Ramos Alves, Nataniel Diniz Nogueira e Júlio César Azevedo Nóbrega 7

O uso do solo no contexto agroecológico: uma pausa para reflexão

Vicente Gualberto, Carlos Rogério de Mello e Júlio César Azevedo Nóbrega 18

O fogo como instrumento de manejo em agroecossistemas

Júlio Neil Cassa Louzada, Frederico Soares Machado e Eduardo van den Berg 29

Influência da cobertura vegetal do solo na incidência de pragas e de seus inimigos naturais em plantas cultivadas

Paulo Rebelles Reis, Maurício Sérgio Zacarias, Rogério Antônio da Silva e Daniela Cristiane da Silva 37

Ecologia e biodiversidade do solo no contexto da agroecologia

Heitor Luiz da Costa Coutinho, Mariella C. Uzêda, Alúcio Granato de Andrade e Sílvio Roberto de Lucena Tavares 45

Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos

Alúcio Granato de Andrade, Sílvio Roberto de Lucena Tavares e Heitor Luiz da Costa Coutinho 55

Fixação biológica do nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na produtividade de solos tropicais

Rafaela Simão Abrahão Nóbrega e Júlio César Azevedo Nóbrega 64

Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas com geração de renda

Sílvio Roberto de Lucena Tavares, Alúcio Granato de Andrade e Heitor Luiz da Costa Coutinho 73

Avaliação das terras e sua importância para o planejamento racional do uso

Helena Maria Ramos Alves, Maria Inês Nogueira Alvarenga, Marilusa Pinto Coelho Lacerda e Tatiana Grossi Chquiloff Vieira 82

Desertificação: áreas de ocorrência e ações mitigadoras

Júlio César Azevedo Nóbrega, José Maria de Lima, Rafaela Simão Abrahão Nóbrega e Maria Inês Nogueira Alvarenga 94

Um olhar de gênero sobre as relações sociais no campo

Cláudia Luz, Divani Ferreira de Souza, Elisabeth Maria Cardoso, Liliam Telles e Simone Ribeiro 103

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 24	n.220	p. 1-112	2003
----------------------	----------------	-------	-------	----------	------

O Informe Agropecuário é indexado nas Bases de Dados: CAB INTERNATIONAL e AGRIS.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

Destinação segura das embalagens vazias de agrotóxicos

Maria Inês Nogueira Alvarenga¹
Roger Alexandre Nogueira Gontijo²
Helena Maria Ramos Alves³
Nataniel Diniz Nogueira⁴
Júlio César Azevedo Nóbrega⁵

Resumo - Utilizados na agricultura a partir do final dos anos 40, os agrotóxicos proporcionavam aos agricultores um considerável aumento de produtividade. Mas logo os efeitos danosos ao ambiente foram percebidos. Além dos problemas causados pelo uso indiscriminado, existem aqueles relacionados com as embalagens vazias, pois essas apresentam elevado potencial poluidor do ambiente, devido às formas de destinação, na maioria das vezes sendo descartadas de forma inadequada pelos usuários. Para disciplinar a destinação segura desses resíduos, a nova legislação brasileira de agrotóxicos determina responsabilidades a todos os segmentos participantes do processo de fabricação, comercialização e utilização.

Palavras-chave: Poluição; Ambiente; Resíduo.

INTRODUÇÃO

De forma geral, mesmo que o agricultor não siga os princípios agroecológicos, ele pode ter posturas que venham a contribuir para o uso correto dos recursos naturais como, por exemplo, dar a destinação segura às embalagens dos agrotóxicos que são utilizados em sua propriedade, contribuindo assim para a conservação do ambiente. Por outro lado, a opção do produtor em usar ou não o agrotóxico muitas vezes está atrelada ao aspecto econômico, ou seja, retorno financeiro obtido ao final da safra, o que necessariamente não reflete a

sua consciência ambiental. Dessa forma, acredita-se que os esclarecimentos das implicações socioambientais, direitos e responsabilidades que envolvem o uso dos agrotóxicos, irão contribuir na determinação da postura de educação ambiental de todos os segmentos envolvidos no processo.

Entre os principais problemas das indústrias de agrotóxicos, sobressai o descarte de embalagens. Já na década de 70, esse descarte correspondia a mais de meio milhão de embalagens, nas quais a permanência do produto concentrado foi de

0,3% em cada uma, resultando no despejo de cerca de 550 toneladas de agrotóxicos por ano no meio ambiente (GOELLNER; FONTES, 1988). Cabe ressaltar que o resíduo de formulações viscosas, como suspensões e emulsões concentradas, e oleosas pode ficar retido em maiores quantidades nas embalagens (ALENCAR et al., 1998).

Apesar das constantes recomendações quanto ao descarte seguro das embalagens, observa-se na prática o seu abandono nos locais de abastecimento dos pulverizadores, próximos a mananciais de água e sua reutilização para outros fins (KUNZ,

¹Eng^a Agr^a, D.Sc. Solos e Ambiente, Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: mines.alvarenga@epamig.br

²Eng^a Agr^a, Mestrando em Fitotecnia, Assist. Técn. IMA - Delegacia Regional de Oliveira-MG. Rua Coronel Benjamim Guimarães, 1361, CEP 35540-000 Oliveira-MG. Correio eletrônico: roger@ufla.br

³Eng^a Agr^a, D.Sc. Solos e Ambiente, Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: helena@epamig.ufla.br

⁴Eng^a Agr^a, Chefe da Divisão de Fiscalização de Produtos Agrícolas IMA-DFPA, Av. dos Andradas, 1220, CEP 30150-000 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: dfpa@ima.mg.gov.br

⁵Eng^a Agr^a, Doutorando UFLA - Dep^{ta} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jcesar@ufla.br

1992), inclusive para o acondicionamento de água e alimentos (OLIVEIRA, 1993).

É também comum proceder-se à queima de embalagens no próprio local de uso, entretanto, o processo de queima e o descarte de embalagens não lavadas constituem-se em fontes potencialmente poluidoras do ambiente, podendo contaminar mananciais hídricos, intoxicar pessoas e animais. De acordo com Daldin (1993), a incineração em baixas temperaturas, apesar de ser técnica muito comum, não tem critérios com relação à escolha do local da queima.

Dentre as medidas que podem reduzir os problemas causados por estes produtos ao ambiente, ressalta-se a utilização racional de agrotóxicos, descarte correto de embalagens e de resíduos, leis de proteção ambiental, restringindo ou proibindo o uso de agrotóxicos mais poluentes e o uso obrigatório, pelo operador, dos equipamentos de segurança na hora da aplicação.

O Brasil é o oitavo maior aplicador de agrotóxicos do planeta; e, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO, 1985), o país abusa da aplicação de pesticidas nas lavouras, chegando a aspergir 10 mil litros de calda (mistura do agrotóxico com água) por hectare de terra plantada.

Conseqüentemente é grande o volume de embalagens vazias descartadas anualmente no país, resultando numa quantidade enorme de resíduos, que causam problemas facilmente observados nas propriedades rurais. Segundo dados da Associação Nacional dos Distribuidores de Defensivos Agrícolas e Veterinários (Andav) e da Associação Nacional de Defesa Vegetal (Andef), foram comercializadas, aproximadamente, 2,3 mil toneladas de embalagens, no Brasil, no ano de 1999, como pode ser observado nos Quadros 1 e 2.

Como a maior parte dos municípios brasileiros não conta com Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e quando os têm em bom andamento englobam apenas os resíduos urbanos, os problemas de contaminação causados apenas na fase de

QUADRO 1 - Embalagens vazias de defensivos agrícolas comercializadas, por destinação, em 1999

Tipos de embalagens	% comercializada
Não contaminadas	36,6
Contaminadas	
Flexíveis	8,9
Laváveis	54,5
Total de embalagens: 23.600.000 kg	

FONTE: Andef, Aenda e Sindag.

QUADRO 2 - Distribuição, por Estado, das embalagens de defensivos comercializadas em 1999

Estados do Brasil	% consumida
São Paulo	34
Paraná	14
Rio Grande do Sul	12
Mato Grosso	9
Minas Gerais	9
Goiás	9
Mato Grosso do Sul	6
Santa Catarina	2
Bahia	2
Rio de Janeiro	1
Pernambuco	1
Espírito Santo	1
Outros	2

FONTE: Andav, Andef e Sindag.

descarte das embalagens são evidentes e podem facilmente ser observados nas comunidades e propriedades rurais.

Para minimizar os efeitos do uso de agrotóxicos no meio ambiente (contaminação de seres vivos, recursos hídricos, solo etc.), é necessário o estabelecimento de um processo fiscalizador de caráter educacional. Fiscalizador visando localizar os agentes envolvidos, e educacional no que diz respeito à abordagem a ser usada no desenrolar do processo, que deve ser muito mais de troca de informações entre as partes envolvidas – onde cada um atua como pro-

vedor e usuário das informações geradas pelo processo. Daí a importância da discussão do assunto dentro do enfoque ecológico.

De acordo com a Andef (2001), em 2000 e 2002, a legislação brasileira estabeleceu por meio da Lei nº 9.974/00 e Decreto nº 4.074/02, a obrigatoriedade do destino final seguro das embalagens vazias de agrotóxicos e afins. Para isso, distribuiu as responsabilidades entre usuários, comerciantes, fabricantes e Poder Público, estabelecendo as formas de participação compulsória de cada um dos segmentos envolvidos. Assim, cabe ao usuário preparar, armazenar, devolver e comprovar a devolução das embalagens vazias. Enquanto que aos revendedores compete receber e armazenar em local seguro, de acordo com a legislação estadual específica, as embalagens devolvidas pelos usuários. Os fabricantes têm a obrigação de providenciar o recolhimento, nos locais onde foram devolvidas, bem como dar destino final às embalagens vazias.

Finalmente compete ao Poder Público fiscalizar se os três segmentos citados estão cumprindo com suas obrigações, cabendo, em caso de descumprimento da legislação, a aplicação de penalidades.

Existe a competência comum aos fabricantes e comerciantes, em colaboração com o Poder Público, de orientar os usuários com relação aos processos de preparo, armazenamento e devolução das embalagens vazias de agrotóxicos e afins.

CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Para facilitar o entendimento do assunto, é importante o esclarecimento de alguns conceitos usualmente utilizados na legislação pertinente (ANDEF, 2001), que constam da Lei Federal nº 9.974 de 06/06/2000, Decreto Federal nº 4.074 de 04/01/2002 e da publicação Destinação Final de Embalagens Vazias de Agrotóxicos, da Andef (2001):

- a) agrotóxicos e afins: produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos

- setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;
- b) produção: processo de natureza física, química ou biológica para obtenção de agrotóxicos, seus componentes e afins;
- c) comercialização: operação de compra, venda ou permuta dos agrotóxicos, seus componentes e afins;
- d) estabelecimento comercial: local onde se realiza a comercialização de agrotóxicos e afins, responsável pelo recebimento, controle e armazenamento das embalagens vazias de agrotóxicos nele vendidas;
- e) receita agrônoma: prescrição de tratamento fitossanitário por profissional legalmente habilitado;
- f) receituário agrônomo: avaliação fitossanitária que indica a utilização de métodos de controle de praga, doença e planta invasora, de baixo custo, que não comprometa a saúde do aplicador ou consumidor, e o ambiente;
- g) embalagem: invólucro, recipiente ou qualquer forma de acondicionamento, removível ou não, destinado a conter, cobrir, empacotar, envasar, proteger ou manter os agrotóxicos, seus componentes e afins;
- h) posto: unidade que se destina ao recebimento, controle e armazenamento temporário das embalagens vazias de agrotóxicos e afins até que essas sejam transferidas para a central, ou diretamente para a destinação final ambientalmente adequada;
- i) central: unidade que se destina ao recebimento, controle, redução de volume, acondicionamento e armazenamento temporário das embalagens vazias de agrotóxicos e afins, que atende usuários, estabelecimentos comerciais e postos, até a retirada das embalagens para destinação final adequada;
- j) fabricante: pessoa física ou jurídica habilitada a produzir componentes;
- k) fiscalização: ação direta dos órgãos competentes, com poder de polícia, na verificação do cumprimento da legislação;
- l) equipamento de proteção individual (EPI): todo vestuário, material ou equipamento destinado a proteger a pessoa envolvida na produção, manipulação e uso de agrotóxicos, seus componentes e afins;
- m) ingrediente ativo ou princípio ativo: agente químico, físico ou biológico que confere eficácia aos agrotóxicos e afins;
- n) intervalo de reentrada: intervalo de tempo entre a aplicação de agrotóxicos ou afins e a entrada de pessoas na área tratada sem a necessidade de uso do EPI;
- o) intervalo de segurança ou período de carência, na aplicação de agrotóxicos ou afins:
- antes da colheita: intervalo de tempo entre a última aplicação e a colheita;
 - pós-colheita: intervalo de tempo entre a última aplicação e a comercialização do produto;
 - em pastagens: intervalo de tempo entre a última aplicação e o consumo do pasto;
 - em ambientes hídricos: intervalo de tempo entre a última aplicação e

o reinício das atividades de irrigação, dessedentação de animais, balneabilidade, consumo de alimentos provenientes do local e captação para abastecimento público;

- em relação a culturas subseqüentes: intervalo de tempo transcorrido entre a última aplicação e o plantio consecutivo da cultura;

- p) resíduo: substância ou mistura de substâncias remanescentes ou existentes em alimentos ou no ambiente, decorrente do uso ou da presença de agrotóxicos e afins, inclusive quaisquer derivados específicos, tais como produtos de conversão e de degradação, metabólitos, produtos de reação e impurezas consideradas toxicológica e ambientalmente importantes.

TIPOS DE EMBALAGENS

São vários os tipos de embalagens que contêm agrotóxicos, de forma que os procedimentos de preparo e armazenamento para devolução aos postos de recebimento variam de acordo com suas características constantes na NBR 13968 (ALENCAR et al., 1998).

Embalagens laváveis

São as embalagens rígidas que acondicionam formulações líquidas para serem diluídas em água, podendo ser plásticas, metálicas e de vidro.

Embalagens não laváveis

São todas as embalagens flexíveis e aquelas rígidas que não utilizam água como veículo de pulverização. Incluem-se nesta definição as embalagens secundárias não contaminadas, rígidas ou flexíveis:

- a) embalagens flexíveis: sacos ou saquinhos de plásticos, de papel; metalizadas; mistas ou de outro material flexível;
- b) embalagens rígidas que não utilizam água como veículo de pulverização: embalagens de produtos para trata-

mentos de sementes, ultrabaixo volume (UBV) e formulações oleosas;

- c) embalagens secundárias: são aquelas rígidas ou flexíveis que acondicionam embalagens primárias e não entram em contato direto com os agrotóxicos.

IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

O destino das embalagens vazias de agrotóxicos tem implicações ambientais em nível geral, como no caso do efeito físico que essas apresentam como resíduos sólidos depositados no ambiente, provocam impacto visual, promovem entupimento de canais de drenagem, atrapalham o preparo do solo e podem ser engolidas por animais, entre outros. Em nível específico (localizado), consideram-se as reações que podem provocar nos solos, nos corpos hídricos ou no contato com seres vivos a curto, médio e/ou longo prazos.

Algumas implicações de caráter ilustrativo educacional são pertinentes neste contexto. O Brasil está entre os países que mais reciclam materiais. Entre esses materiais, segundo Szpilman (1999), são reciclados cerca de 18% das latas de aço consumidas no Brasil, o que equivale a 108 mil toneladas por ano; o índice de reciclagem de lata de alumínio para bebida gaseificada, em 1996, foi de 61,3%, e em 1998 o Brasil superou os Estados Unidos que reciclaram em torno de 60%, sendo superado apenas pelo Japão, que reciclou em torno de 66%. Com relação às aparas e papéis usados, os índices nacionais estão afinados com a média mundial de 37%. Deve-se ressaltar que cada tonelada de papel reciclada representa de 15 a 20 árvores adultas poupadas. A grande maioria é consumida nas Regiões Sudeste e Sul. O Brasil recicla um terço de todo o vidro que produz, superando muitos países europeus, devendo ultrapassar os 60% nos próximos dois anos. Este fato coloca o Brasil no topo da reciclagem mundial de vidro. O consumo anual de embalagens de vidro entre os brasileiros é de 5 kg/habitante. Na França, o consumo *per capita* chega a 65 kg/habitante/ano.

Em relação ao polietileno tereftalato (PET), material usado na produção de garrafas plásticas de refrigerantes, a produção anual no Brasil é de 3 bilhões de unidades e apenas 15% são reciclados, enquanto nos Estados Unidos esse total chega a 48%.

O Brasil produz cerca de 32 milhões de pneus por ano, sendo que a maior parte deles, já desgastada pelo uso, acaba parando em lixões. Os pneus podem ser recauchutados ou ter seus componentes utilizados em outros produtos.

Segundo Szpilman (1999), o Brasil produz 241.614 toneladas de lixo por dia; sendo, desse total, 76% depositados a céu aberto em lixões, 13% em aterros controlados, 10% são despejados em aterros sanitários, 0,9% é compostado em usinas e 0,1% é incinerado. Somente no Rio de Janeiro, cerca de 30% do lixo domiciliar recolhido diariamente é composto de PETs.

A geração de resíduos sólidos é uma questão global e inversamente proporcional ao desenvolvimento das nações, já que o consumismo é mais acentuado nos países mais desenvolvidos; podendo-se inferir que o problema da destinação final dos resíduos sólidos é consequência do estilo de vida, com base na aparente necessidade desenfreada de consumo contínuo de produtos, uma tendência mundial. Segun-

do Rygaard (2002), só nos últimos 30 anos, toda quantidade de dejetos multiplicou-se por três, principalmente por causa dos restos de embalagens; sendo o aumento e a intensidade de industrialização considerados as principais causas da origem e produção desses resíduos. Aliado ao fato de se estar produzindo mais detritos, sem que tenham um devido tratamento, ocorre uma exploração indiscriminada dos recursos naturais não renováveis. A reciclagem é a forma mais racional de eliminação de resíduos, pois, após o descarte, o material volta para o ciclo de produção, o que soluciona, paralelamente, a superlotação nos aterros sanitários, para onde são direcionados os resíduos, que permanecem na natureza por tempos variados, como mostrado no Quadro 3.

Em termos de argumentos econômicos, de acordo com Szpilman (1999) e Rygaard (2002), a reciclagem de cada latinha de alumínio propicia a economia de energia suficiente para produzir uma outra idêntica ou manter uma geladeira por quase 10 horas, ou economizaria energia suficiente para manter ligada uma lâmpada de 100 watts por 20 horas, ou uma televisão por 3 horas. Cada quilo de vidro reutilizado evita a extração de 6,6 kg de areia; reaproveitamento de material plástico ajuda a poupar

QUADRO 3 - Tempo de permanência dos resíduos na natureza

Tipo de material	Tempo		
	Semana	Mês	Ano
Papel	4 a 20		
Tecido de algodão		1 a 5	
Corda		3 a 4	
Meia de lã			1
Estaca de madeira pintada			13
Lata de conserva			100
Plástico maleável			150
Lata de alumínio			300 a 500
Plástico PET			450
Pneu e garrafa de vidro			Indefinido

FONTE: Rygaard (2002).

petróleo; no caso do papel, a reciclagem de uma tonelada resulta em uma economia de 50% de energia elétrica e de 10 mil litros de água, além de evitar o corte de 17 árvores. Portanto, mais que uma filosofia de vida, a reutilização pode ser de fato um bom negócio, na medida que poupa dinheiro.

Os governos federal, estaduais e municipais não investem na reciclagem por falta de percepção global para o planejamento, que reduziria a necessidade de importação de petróleo e os gastos com eletricidade. De acordo com Szpilman (1999), os Estados ganhariam com a economia de água e de controle ambiental e os municípios reduziriam seus custos com a destinação final de lixo e manutenção dos aterros. Com isso, o país acaba perdendo recursos naturais e energia elétrica, sem contar os custos ambientais e de saúde, decorrentes da disposição inadequada dos resíduos.

Ao longo dos anos, o Brasil tornou-se um grande reciclador de materiais como o alumínio e o papelão, mas continua reciclando pouco aço e plástico, cujo valor de mercado da sucata é muito baixo. Isso porque os materiais que têm melhor relação de valor no item peso acabam sendo mais negociados. Outro entrave ao desenvolvimento da indústria da reciclagem é que a percepção da necessidade de preservação ambiental ainda é incipiente na sociedade brasileira. Uma pesquisa realizada pelo Procon de São Paulo mostrou que apenas um em cada sete cidadãos paulistanos diz separar material para reciclagem. E somente 10% consideram a separação dos resíduos uma contribuição pessoal para a futura solução do problema do lixo (SZPILMAN, 1999).

Além desses aspectos, o homem urbano quer preservar o meio ambiente, mas o vê muito distante do seu alcance, e também não considera que sua prática dentro de casa também pode contribuir no processo. O problema da falta de viabilidade econômica reflete-se também na posição da indústria, que é quem tem os maiores ganhos com a reciclagem. Existe o interesse econômico por trás de tudo, pois ao encontrar

um valor para o resíduo, estimula-se também o processo de coleta. Para o plástico, cita Szpilman (1999), o valor de mercado da sucata ainda é muito baixo. Por isso, em 1995, o índice de reciclagem do plástico foi de apenas 12%.

Efeitos de resíduos no solo

A deposição de embalagens de agrotóxicos no solo pode provocar contaminação, tanto através dos resíduos que permanecem nelas, quanto por sua composição química quando na decomposição, e também na poluição física e visual.

São considerados resíduos de agrotóxicos, traços remanescentes de produtos aplicados na lavoura, embalagens não utilizadas, restos de calda, água de lavagem de embalagens e de equipamentos, e embalagens vazias (ALENCAR et al., 1998). A deposição de resíduos de agrotóxicos no ambiente provoca sua contaminação e/ou poluição, com implicações a curto, médio e longo prazos.

O solo, enquanto não havia preocupação com a contaminação ambiental, foi, por muito tempo, considerado local seguro para o depósito de resíduos e de embalagens de agrotóxicos. Entretanto, as embalagens e/ou resíduos, em contato com o solo ou com a água, segundo Sethunatan (1973), podem originar três tipos de reação:

- a) degradação completa sem a formação de metabólitos;
- b) degradação incompleta com acúmulo de metabólitos não degradáveis;
- c) pequenas alterações levando ao acúmulo e a alta persistência dos produtos em função de deposições sucessivas.

O tempo médio requerido para perda de 75% a 100% da atividade dos agrotóxicos no solo, na agricultura convencional, pode variar de uma semana a 60 meses para inseticidas, sendo de uma semana a três meses para os organofosforados e de 24 a 60 meses para os clorados (KEARNY et al., 1969). Para os herbicidas, o tempo também é variável, sendo de um a

seis meses para aqueles derivados de fenoxi, toluínas e nitrilas e de um a 18 meses para aqueles derivados de uréias, triazinas e picloram. No caso de inseticidas organoclorados, segundo Hellawell (1988), estima-se que, para a eliminação de 50% dos seus resíduos do solo sejam necessários de 4 a 30 meses, e para a eliminação de 95% de 36 a 96 meses.

O solo pode ser considerado um atenuador de poluição. Segundo Rocca et al. (1993), entre os processos físicos de atenuação destaca-se a hidrodinâmica, a qual é associada aos fenômenos de transporte da água através do solo; quando a água contaminada entra no solo ou aquífero, a contaminação dos poluentes decresce com o aumento da distância do fluxo.

Os metais pesados, conforme Egreja Filho (1993), podem ocorrer distribuídos quimicamente no solo de várias maneiras:

- a) na forma de íons ou complexos solúveis na solução do solo;
- b) na forma de íons prontamente trocáveis, adsorvidos às cargas negativas de origem mineral ou orgânica;
- c) na forma de íons mais fortemente ligados aos sítios de troca;
- d) formando quelatos com ligantes orgânicos ou organominerais;
- e) oclusos em sesquióxidos de Fe e Al ou outros sais insolúveis;
- f) incorporados aos microrganismos e aos seus resíduos biológicos;
- g) ligados à rede cristalina de minerais silicatados primários ou secundários.

Ainda de acordo com Egreja Filho (1993), todo metal pesado adicionado à solução do solo pode ser atenuado na fase sólida através de equilíbrios de troca catiônica, adsorção, quelação, precipitação ou cristalização. A distribuição nas várias formas vai depender, além das propriedades químicas de cada metal, de fatores do solo tais como o pH, potencial redox, textura, composição mineral das argilas, capacidade

de troca catiônica (CTC), quantidade e tipo de compostos orgânicos na fase sólida e na solução do solo, competição de outros metais por sítios de adsorção e quelação, temperatura do solo e atividade microbiana.

Entre os mecanismos de atenuação do cádmio, níquel, zinco e cromo no solo, ressaltam-se a adsorção e a precipitação química; no caso dos dois últimos acrescenta-se a troca iônica (SANTOS, 1996). Para Kiehl (1988), de maneira geral todos os minerais de argila podem adsorver metais pesados solúveis, sendo que a capacidade de adsorção diminui com a acidez do solo; além do que, o comportamento dos metais pesados é também influenciado pela interação com novos compostos e/ou novas formas. Por exemplo, o zinco compete com o cádmio por sítios de adsorção do solo, reduzindo a concentração deste último elemento, e resíduos com alto teor de cádmio baixam o nível de zinco disponível no solo; o cromo hexavalente solúvel é facilmente convertido a cromo trivalente insolúvel.

Por outro lado, o aspecto da contaminação no solo está diretamente associado à contaminação das águas subterrâneas; principalmente no que diz respeito às áreas adjacentes à disposição de resíduos sólidos. Segundo Santos (1996), o estudo de contaminação dos solos deve enfatizar análise das águas subterrâneas, desde a zona não-saturada (faixa compreendida desde a superfície do terreno até o nível hidrostático, incluindo franja capilar, onde os poros podem estar saturados, até atingir o lençol freático. O fluxo de água da zona não-saturada é comumente lento e restrito aos menores poros, com maior superfície onde predomina condição aeróbia e alcalina; em geral o fluxo de água na zona não-saturada é normalmente complexo e a capacidade de previsão de atenuação dos contaminantes fica difícil; entretanto esta zona, que representa a primeira e mais importante barreira contra a contaminação das águas subterrâneas, merece atenção especial.

Efeitos de resíduos nos recursos hídricos

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva; no homem mais de 60% de seu peso é constituído de água e em certos animais aquáticos essa porcentagem sobe a 98%. De acordo com as mais recentes avaliações, dos 1.360 quatrilhões de toneladas de água do planeta, 97% são águas salgadas, 2,2% geleiras e 0,8% água doce. Observa-se que, da água disponível, apenas 0,8% pode ser utilizada mais facilmente para abastecimento público. Dessa pequena fração de 0,8%, 97% correspondem a água subterrânea e apenas 3% estão na superfície, de aproveitamento mais fácil. Esses valores ressaltam a importância de se preservar os recursos hídricos e de se evitar a contaminação dessa pequena fração mais facilmente disponível (SPERLING; MÖLLER, 1995).

A ocorrência de águas subterrâneas está ligada à existência de formações geológicas, sendo que cada tipo de rocha tem características determinadas quanto às possibilidades aquíferas. Segundo Rocca et al. (1993), os dois tipos principais de aquíferos são o confinado e o não-confinado. Os não-confinados são como lagos subterrâneos em material poroso, mais comumente de areias e pedregulhos não-consolidados, que, quando não existe material impermeável no topo da camada de água, permite que o nível do lençol possa variar sob ação da pressão atmosférica. A principal fonte de água nestes aquíferos é a precipitação que infiltra diretamente no solo ou, indiretamente, através de escoamento superficial e infiltração de rios ou lagos. O aquífero confinado, também chamado de artesiano, consiste de camada porosa que contém água confinada entre camadas de material muito menos permeável, como, por exemplo, uma camada de areia entre duas camadas de argila, que esteja sujeita a uma pressão maior que a pressão atmosférica. A fonte de água é a precipitação que eventualmente se move através das camadas confinantes ou que se infiltra no material nas suas zonas de recarga. As minas e nascen-

tes são formas de surgência natural da água subterrânea na superfície do terreno.

Os poços rasos ou profundos, tubulares ou escavados, os drenos e galerias filtrantes são obras destinadas a permitir a retirada artificial da água subterrânea das camadas em que se encontram (AZEVEDO NETO, 1987). O reconhecimento da importância de que as águas subterrâneas constituem uma reserva estratégica e vital para os abastecimentos público e particular, recomenda uma especial preocupação com a proteção dos aquíferos, para se evitar a deterioração da qualidade das águas subterrâneas, particularmente nas grandes áreas urbanas e arredores.

A migração dos poluentes, a partir da superfície até os poços, tende a ser um processo lento em muitos aquíferos e pode demorar muitos anos ou décadas, antes que o impacto total de um evento contaminante causado por um poluente persistente se torne perceptível nas fontes de águas subterrâneas. Esse fato está aliado às dificuldades associadas, no que diz respeito à amostragem adequada de águas subterrâneas e responsabilidade dividida no manejo do recurso hídrico; além da restrita e/ou má orientada capacidade analítica dos laboratórios, o que implica na ausência de um sistema de rotina de monitoração para poluentes, tais como patógenos, nutrientes, metais pesados e compostos orgânicos sintéticos (INSTITUTO GEOLÓGICO, 1997).

Além das doenças de origem biológica, a água pode ainda ser veículo de inúmeras substâncias químicas, capazes de provocar problemas graves para a saúde do indivíduo que a consumir durante um período prolongado ou em quantidades elevadas. O Quadro 4 apresenta os efeitos de algumas substâncias químicas sobre a saúde humana.

Em 1980, o Conselho da Comunidade Européia (CCE) preocupado em controlar a contaminação de água por agrotóxicos fixou a concentração máxima de resíduos na água potável de 0,1 ppb (parte por bilhão) para quaisquer produtos, e em

QUADRO 4 - Componentes químicos que podem afetar a saúde humana

Componente		Efeitos sobre a saúde
Inorgânico	Arsênio	Em doses baixas, causa debilidade muscular, perda de apetite e náusea. Em doses altas, causa comprometimento do sistema nervoso central.
	Cádmio	Provoca desordem gastrointestinal grave, bronquite, efizema, anemia e cálculo renal.
	Chumbo	Provoca cansaço, ligeiros transtornos abdominais, irritabilidade e anemia.
	Cianetos	Pode ser fatal em doses altas.
	Cromo	Em doses baixas causa irritação nas mucosas gastrointestinais, úlcera e inflamação da pele. Em doses altas causa doenças no fígado e nos rins, podendo levar à morte.
	Fluoretos	Em doses baixas melhoram índices de fertilidade e crescimento e trazem proteção contra cáries. Em doses altas provocam doenças nos ossos e inflação no estômago e no intestino, causando hemorragia.
	Mercurio	Causa transtornos neurológicos e renais, tem efeitos tóxicos nas glândulas sexuais, altera o metabolismo do colesterol e provoca mutações.
	Nitratos	Causam deficiência de hemoglobina no sangue em crianças, podendo levar à morte.
	Prata	É fatal para o homem em doses extremamente altas. Provoca descoloração da pele, dos cabelos e das unhas.
Orgânico ⁽¹⁾	Aldrin e Dieldrin	Afetam o sistema nervoso central. Em doses altas é fatal para o homem.
	Benzeno	A exposição aguda ocasiona a depressão no sistema nervoso central. Estudos sugerem que existe relação entre exposição ao benzeno e leucemia.
	Clordano	Provoca vômitos e convulsões. Pode provocar mutações.
	DDT	Causa problemas principalmente no sistema nervoso central.
	Lindano	Causa irritação no sistema nervoso central, náusea, vômitos, dores musculares e respiração debilitada.

FONTE: Heller e Möller (1995).

(1) Na sua maioria sintéticas, estas substâncias são em geral agrotóxicos

0,5 ppb a concentração máxima de resíduos (BOUWER, 1990).

Os padrões de potabilidade são definidos no Brasil pelo Ministério da Saúde, na Portaria nº 36/90 (HELLER; CASSEB, 1995), segundo a qual, padrões de potabilidade são “o conjunto de valores máximos permisíveis, das características das águas destinadas ao consumo humano”. Uma grande parte dos compostos inorgânicos é proveniente de atividades industriais, mineradoras, garimpos e de agrotóxicos, sendo tóxicos e prejudiciais à saúde. Entre eles destacam-se os metais pesados. Uma grande parte dos compostos orgânicos que afetam a saúde, mesmo em reduzidas concentrações, está

associada a problemas de toxicidade como no caso dos defensivos agrícolas. Alguns padrões de potabilidade, segundo Heller e Casseb (1995), são mostrados no Quadro 5.

Os agrotóxicos entram em contato com o lençol freático através da água de percolação, que carrega o produto por lixiviação ou, ainda, quando os produtos atingem os canais ou poços que se ligam ao aquífero (ALENCAR et al., 1998). A falta de cuidados por ocasião da utilização dos agrotóxicos em áreas próximas aos poços, durante o bombeamento de água para o enchimento do tanque do pulverizador, na injeção de agrotóxicos em sistemas de irrigação e, também, no descarte de restos de calda e

de água de lavagem do equipamento de pulverização, é responsável pela contaminação (MARER et al., 1988). Segundo Marer et al. (1988), entre os fatores que influenciam a contaminação do lençol freático estão as propriedades dos agrotóxicos (solubilidade em água, volatilidade, adsorção aos colóides do solo e decomposição dos produtos no solo), características do solo (textura, conteúdo de matéria orgânica, umidade, pH, temperatura e presença de microrganismos), práticas agrícolas (dosagem, tipo de defensivo utilizado, método de aplicação, frequência e espaço de tempo entre irrigação e aplicação) e as condições geográficas da área (declividade e

QUADRO 5 - Padrões de potabilidade - valores máximos permissíveis

Características	Unidade	Valor máximo permissível
Características organolépticas (percebidas pelos sentidos humanos)		
Cor aparente	UH	5
Odor	-	Não objetável
Sabor	-	Não objetável
Turbidez	UH	1
Componentes que afetam a qualidade organoléptica		
Alumínio	mg/L	0,2
Cloretos	mg/L	250
Cobre	mg/L	1,0
Dureza total	mg/L CaCO ₃	500
Ferro total	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1.000
Componentes inorgânicos que afetam a saúde		
Arsênio	mg/L	0,05
Cádmio	mg/L	0,005
Chumbo	mg/L	0,05
Cianetos	mg/L	0,1
Cromo	mg/L	0,05
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitratos	mg/L	10
Prata	mg/L	0,05
Componentes orgânicos que afetam a saúde		
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Benzeno	µg/L	10
Benzo[a]pireno	µg/L	0,01
Clordano (total de isômeros)	µg/L	0,3
DDt	µg/L	1
Lindano	µg/L	3

FONTE: Heller e Casseb (1995).

proximidade dos canais de escoamento, lagos e cursos d'água).

PROCEDIMENTOS PARA DESTINAÇÃO DE EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICOS

Para que o objetivo seja alcançado e as legislações federal e estadual sejam cumpridas, é importante seguir procedimentos

próprios desde a aquisição do produto no comércio, passando pela utilização até a destinação final das embalagens vazias geradas no processo.

Aquisição do produto

Os agrotóxicos só podem ser adquiridos mediante apresentação da receita agrônoma ao comerciante, emitida por engenheiro agrônomo ou florestal e con-

tendo orientações relacionadas com: quantidade, época de aplicação, cultura indicada, período de carência, tríplice lavagem, destino das embalagens vazias, proteção do trabalhador e do ambiente.

Transporte

Após aquisição do agrotóxico, este deve ser transportado para a propriedade rural de forma segura, evitando que a embalagem se danifique e possa causar qualquer tipo de acidente. Nunca conduzir no mesmo compartimento do veículo animais, alimentos, pessoas ou outras mercadorias. A nota fiscal e a receita agrônoma devem acompanhar a carga.

Armazenamento

Ao chegar na propriedade, deve-se armazenar o agrotóxico sobre estrados ou prateleiras em local exclusivo, seguro, seco, iluminado, ventilado, fechado e identificado, com placa com os dizeres "produtos tóxicos".

Utilização

Ler atentamente as instruções da receita agrônoma, da bula do produto e folheto complementar. Regular corretamente o equipamento de aplicação. A pulverização deve ser feita nas horas mais frescas do dia e sempre a favor do vento, usando o equipamento de proteção individual (EPI) desde o preparo da calda até o final da aplicação.

Menores de 18 anos, gestantes e idosos não podem manusear ou aplicar agrotóxico. É proibido por lei. Respeitar o período de carência e o período de reentrada. O uso de EPI é obrigatório durante o manuseio e a aplicação de agrotóxicos, pois protege o trabalhador contra o risco de intoxicação. Exemplos: máscara, óculos, avental e luvas impermeáveis, camisas de mangas compridas e calças (tratadas com produto repelente à calda tóxica).

RESPONSABILIDADES PREVISTAS NA LEGISLAÇÃO

A legislação pertinente prevê responsabilidades para os vários setores envolvidos na questão agrotóxicos, quais sejam:

o usuário, o comerciante e o fabricante. Da contribuição de cada setor envolvido, depende o sucesso das medidas previstas, a conservação ambiental dos recursos naturais e a proteção dos seres vivos, principalmente dos seres humanos.

Usuário

A legislação - Lei nº 9.974 de 06/06/2000 (ANDEF, 2001) determina, como responsabilidade do usuário do agrotóxico, o preparo das embalagens vazias para devolvê-las nas unidades de recebimento.

No caso das embalagens laváveis, o preparo consta basicamente em lavá-las no instante em que são desocupadas, através

da lavagem sob pressão ou da tríplice lavagem.

A lavagem sob pressão necessita da adaptação de um funil especial no pulverizador colocado no trator e, posteriormente, seguir as etapas descritas e apresentadas na Figura 1:

- a) encaixar a embalagem vazia no local apropriado do funil instalado no pulverizador;
- b) acionar o mecanismo para liberar o jato de água limpa;
- c) direcionar o jato de água para todas as paredes internas da embalagem por 30 segundos;

- d) transferir a água de lavagem para o interior do tanque do pulverizador;
- e) inutilizar a embalagem plástica ou metálica, perfurando o fundo.

A tríplice lavagem pode ser feita em qualquer situação, independente do tipo de pulverizador utilizado, como apresentado na Figura 2 e seguindo as etapas descritas a seguir:

- a) esvaziar totalmente o conteúdo da embalagem no tanque do pulverizador;
- b) adicionar água limpa à embalagem até $\frac{1}{4}$ do seu volume;



Figura 1 - Procedimentos de lavagem sob pressão
FONTE: Andef (2001).

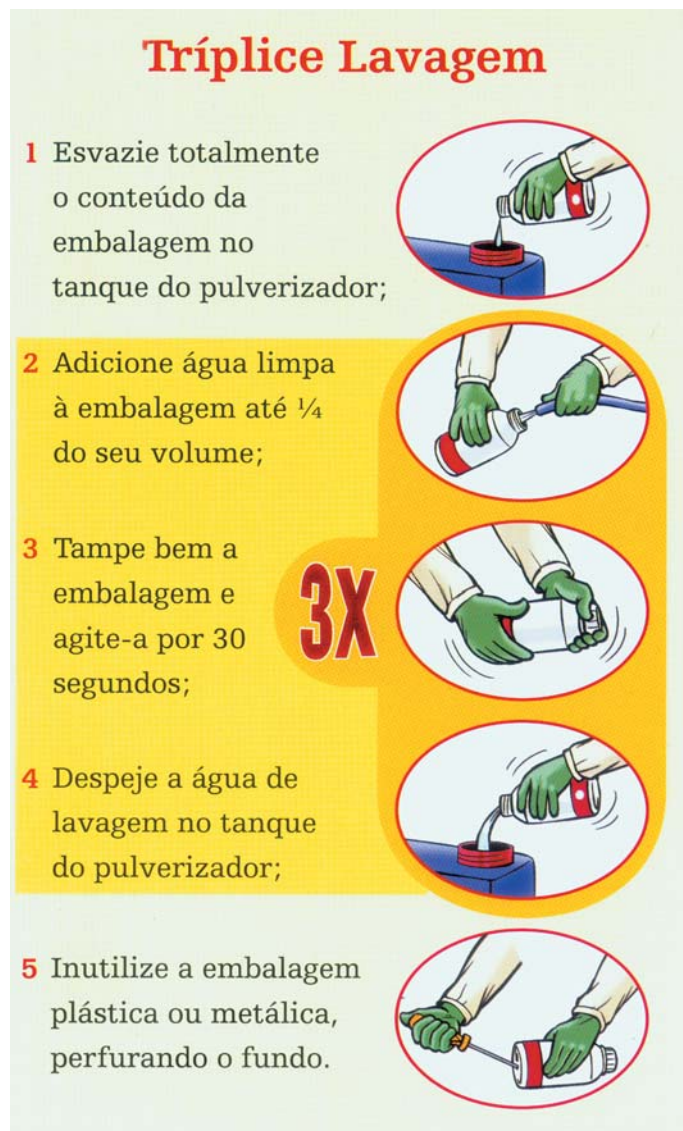


Figura 2 - Procedimentos para a tríplice lavagem
FONTE: Andef (2001).

- c) tampar bem a embalagem e agitar por 30 segundos;
- d) despejar a água de lavagem no tanque do pulverizador;
- e) inutilizar a embalagem plástica ou metálica, perfurando o fundo.

Os procedimentos b, c e d deverão ser repetidos três vezes, para a efetiva remoção de resíduos das embalagens.

No caso das embalagens não laváveis, devem-se desocupá-las e armazená-las adequadamente. As embalagens flexíveis, não laváveis, contaminadas, como sacos vazios, devem ser esvaziadas completamente na ocasião do uso e depois guardadas dentro de um saco plástico padronizado, que deverá ser adquirido no revendedor (Fig. 3).

As embalagens flexíveis secundárias, não contaminadas, deverão ser armazenadas separadamente das embalagens contaminadas e poderão ser utilizadas para o acondicionamento das embalagens lavadas ao serem encaminhadas para as unidades de recebimento. No caso das embalagens rígidas primárias, após devidamente esgotadas e adequadamente tampadas sem sinais visíveis de contaminação externa, acondicioná-las em caixas coletivas de papelão, fechá-las e identificá-las.

O período previsto para o armazenamento das embalagens na propriedade é de um ano, a partir da data de aquisição do produto. Entretanto, se o usuário não utilizou todo o conteúdo e este ainda se

encontra no prazo de validade, a devolução poderá ocorrer em 18 meses.

Quando da devolução, o usuário deverá transportar as embalagens vazias com suas respectivas tampas, para a unidade de recebimento. Ao entregá-las, exigir os comprovantes de entrega das embalagens, os quais deverão ser mantidos, junto com a nota fiscal de compra do produto e o respectivo receiptuário agrônomo, à disposição dos órgãos de fiscalização.

Comerciantes

A legislação responsabiliza o comerciante em disponibilizar e gerenciar unidades de recebimento (postos) para a devolução das embalagens vazias pelos usuários agricultores. No ato da venda do produto, mediante apresentação de receiptuário agrônomo, o comerciante tem a obrigação de informar ao usuário sobre os procedimentos de lavagem, acondicionamento, armazenamento, transporte e devolução das embalagens vazias.

É também de responsabilidade do comerciante de agrotóxicos receber do usuário/produzidor as embalagens vazias, devendo mantê-las em depósito especial (posto de recebimento de embalagens vazias), até o recolhimento pela empresa produtora.

Cabe ainda aos comerciantes, juntamente com o poder público, implementar programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à lavagem tríplice ou sob pressão, e à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários.

Fabricantes

A legislação obriga a empresa produtora, manipuladora de agrotóxicos ou afins, a recolher semestralmente nos estabelecimentos comerciais as embalagens vazias, recicláveis ou não.

Cabe-lhes também, juntamente com o poder público, implementar programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à lavagem tríplice ou sob pressão, e à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a importância que o destino seguro das embalagens vazias tem para a sociedade, é necessário o empenho de todos os segmentos envolvidos no processo produtivo, a fim de que os riscos para a saúde das pessoas e ao ambiente sejam reduzidos.

Acredita-se ser consenso que a legislação representa um avanço, tendo em vista o estado de desregulamentação ao qual estava submetido o processo. Portanto, torna-se imperativo que a sociedade tome conhecimento das obrigações estabelecidas em lei e exija seu cumprimento.

É importante salientar que muitas dúvidas estão surgindo na implementação da legislação, mas órgãos competentes estão empenhados em solucioná-las. O desejo é que se obtenham resultados significativos e duradouros, contando que no longo prazo a informação e a discussão bem fundamentadas possam levar ao chamado “uso racional” e, em muitos casos, ao desuso de alguns ou todos esses produtos.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J.A. de; LIMA, M.F.; CARVALHO, G.A. de; OLIVEIRA, C.M. de. Descarte de embalagens de agrotóxicos. R. *Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v.8, p.9-26, jan./dez. 1998.
- ANDEF. *Destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos*. Campinas: Línea Criativa, 2001.



Figura 3 - Procedimentos com embalagens flexíveis contaminadas

FONTE: Andef (2001).

- AZEVEDO NETO, J.M. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 323p.
- BOUWER, H. Agricultural chemicals and groundwater quality. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.45, n.2, p.184-189, Mar./Apr. 1990.
- DALDIN, C.A.M. **Lavagem de embalagens de agrotóxicos**. Ponta Grossa: Associação de Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 1993. 30p.
- EGREJA FILHO, F.B. **Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem do lixo domiciliar urbano**. 1993. 176f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FAO. **Guidelines for the disposal of waste pesticide and pesticide containers on the farm**. Rome, 1985. 13p.
- GOELLNER, C.; FONTES, L.F. **Equipamentos de proteção individual no caso de manipulação dos defensivos agrícolas**. Passo Fundo, 1988. 70p. (Séries em Toxicologia, 1. Boletim Técnico, 2).
- HELLAWELL, J.M. Toxic substances in rivers and streams. **Environmental Pollution**, v.50, p.61-85, 1988.
- HELLER, L.; CASSEB, M.M.S. Abastecimento de água. In: BARROS et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios – 2: saneamento**. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Engenharia, 1995. p.63-112.
- _____; MÖLLER, L.M. Saneamento e saúde pública. In: BARROS et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios – 2: saneamento**. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Engenharia, 1995. p.51-61.
- INSTITUTO GEOLÓGICO. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo, 1997.
- KEARNY, P.C.; WOOLSON, N.A.; PLIMMER, J.R.; ISENSEE, A.R. Decontamination of pesticides in soil. **Residue Reviews**, New York, v.29, p.137-149, 1969.
- KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 1988. 171p.
- KUNZ, R.P. **Destino de embalagens de agrotóxicos**. São Paulo: Ciba-Geigy Química, 1992. 43p.
- _____; OZEKI, Y.; ATTI, R.J.; FAVA, J.F.M. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de lavagem de embalagens vazias de agrotóxicos integrado ao pulverizador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. v.1, p.515-527.
- MARER, P.J.; FLINT, M.L.; STIMMANN, M.W. The safe and effective use of pesticides. **Residue Reviews**, New York, v.73, p.13-25, 1988.
- OLIVEIRA, S. de S. Programa nacional de recolhimento e destinação adequada de embalagens de agrotóxicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.2, p.203, nov. 1993.
- ROCCA, A.C.C. et al. **Resíduos sólidos industriais**. 2.ed. São Paulo: CETESB, 1993. 234p.
- RYGAARD, C. Lixo: problemas, alternativas e oportunidades. **Informativo** [Instituto Ecológico Aqualung]. Rio de Janeiro, ano 8, n.44, p.4-8, jul./ago. 2002.
- SANTOS, P.C.V. **Estudo da contaminação da água subterrânea por percolado de aterro de resíduos sólidos: Caso Jockey Club - DF**. 1996. 135f. Dissertação (Mestrado em Geotecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- SETHUNATHAN, N. Microbial degradation of insecticides in flood soil in anaerobic culture. **Residue Reviews**, New York, v.47, p.143-165, 1973.
- SPERLING, E.; MÖLLER, L.M. Saneamento e meio ambiente. In: BARROS et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios – 2: saneamento**. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Engenharia, 1995. p.33-49.
- SZPILMAN, M. Reciclagem: uma panorâmica. **Informativo** [Instituto Ecológico Aqualung]. Rio de Janeiro, ano 5, n.23, p.4-8, 16, jan./fev. 1999.

DISPONIBILIDADE ATUAL DE CENTRAIS DE RECEBIMENTO DE EMBALAGENS

Em Minas Gerais, estão em funcionamento oito centrais de recebimento de embalagens: Pouso Alegre, Uberaba, Três Pontas, São Sebastião do Paraíso, Jaíba, Manhuaçu, Araguari, Paracatu.

Informações sobre o endereço das centrais nos demais Estados ou sobre a implantação de novas unidades podem ser obtidas no site da Andef: www.andef.com.br

O uso do solo no contexto agroecológico: uma pausa para reflexão

Vicente Gualberto¹
Carlos Rogério de Mello²
Júlio César Azevedo Nóbrega³

Resumo - O crescente antagonismo, notadamente a partir da década de 60, no seio das sociedades humanas diante do avanço científico e tecnológico, visando exclusivamente o bem-estar do homem, sem preocupação com os aspectos ambientais, conduz a uma profunda e necessária reflexão em todas as áreas do conhecimento. Uma das grandes questões atuais em termos de atividades agropecuárias é, na prática, saber conciliar produção com agressões menos drásticas, ou seja, conseqüências naturais advindas de manejos pertinentes, aos diferentes compartimentos ambientais de um ecossistema, notadamente a pedosfera, a atmosfera e a hidrosfera. O conhecimento pedológico gerado, desde seus primórdios, a partir da compreensão da interatividade entre diferentes componentes dos ecossistemas terrestres pode, no contexto da agroecologia, tornar-se uma preciosa ferramenta para nortear atividades antrópicas necessárias à superação de um dos grandes desafios da humanidade: a sustentabilidade.

Palavras-chave: Meio ambiente; Ecossistema; Agroecologia; Pedologia; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Vencer a excitação do espírito prático, com as armas da compreensão e do respeito aos sistemas ecológicos, provavelmente será a tarefa mais difícil a se empreender no seio das diferentes sociedades humanas, uma vez que ciência e tecnologia são desenvolvidas para conferir ao homem o máximo de desenvolvimento, em função das exigências do bem-estar, sem um maior interesse pela conservação do meio ambiente (BAPTISTA FILHO, 1977) - quadro este que, felizmente, encontra hoje um forte antagonismo no contexto das sociedades.

A sustentabilidade é, em termos de agricultura, sinônimo de produção sustentável, ou seja, a condição de ser capaz de perpetuamente colher biomassa de um sistema porque sua capacidade de se re-

novar ou ser renovado não é comprometida (GLIESSMAN, 2001).

A agropecuária é uma atividade antrópica essencial para toda e qualquer sociedade, independente do nível de desenvolvimento. A grande questão contemporânea é saber como mantê-la produtiva sem afetar drasticamente os diferentes ecossistemas terrestres. Conseqüências malélicas provenientes dos fenômenos de erosão e movimento subsuperficial, via solução (lixiviação) de partículas de naturezas diversas, associadas à poluição e contaminação do ar e dos mananciais de água e, também, alteração do ciclo hidrológico em ecossistemas específicos são, há muito, conhecidas.

No bojo do conjunto de atividades antrópicas implícitas nas operações agropecuárias, as práticas mecânicas, a calagem, a

adubação, a irrigação e o uso de pesticidas (termo inclusivo a agrotóxicos, agroquímicos, herbicidas, inseticidas, nematicidas, acaricidas etc.) são, dentre outras, importantes práticas nos diversos tipos de manejo. Sabe-se, há muito, das conseqüências perniciosas advindas dos fenômenos de erosão (eólica e/ou hídrica) e movimento subsuperficial via solução (lixiviação) de partículas de naturezas diversas, especialmente na poluição e contaminação do ar e de corpos d'água e, também, ao promover mudanças no ciclo da água em ecossistemas específicos.

Sendo a qualidade de um solo definida como a sua capacidade em manter o crescimento das plantas, o que inclui fatores como agregação, teor de matéria orgânica, profundidade, capacidade de retenção de

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof. UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: vqualber@ufla.br

²Eng^a Agrícola, Doutorando UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: crmello@ufla.br

³Eng^a Agr^a, Doutorando UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jcesar@ufla.br

água, taxa de infiltração, capacidade tampão do pH, disponibilidade de nutrientes etc., deduz-se que o uso intensivo do solo visando à exploração agropecuária provoca e/ou acelera uma série de alterações em seu conjunto de características e propriedades morfológicas, físicas, químicas e biológicas, em relação ao sistema solo-água-plantas. Assim, a substituição da cobertura vegetal, principalmente nas regiões de fronteiras agrícolas, a adoção intensiva de mecanização, uso de corretivos, fertilizantes, pesticidas e outras práticas modernas de cultivo têm propiciado alterações nas propriedades do solo, que favorecem, de modo geral, o processo erosivo.

A pedosfera, por ser uma interface entre as outras esferas (biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera), exerce papel fundamental em qualquer ecossistema terrestre, em particular nos agrossistemas, não podendo ser vista como um fator isolado. O solo é um dos vértices do tetraedro ecológico (nos outros vértices estão o clima, os organismos e os fatores socioeconômicos) e, assim, as inter-relações que se estabelecem entre todos os vértices são fundamentais para a busca da sustentabilidade em todo e qualquer tipo de utilização (RESENDE et al., 1999).

A relação solo/água determina, de forma singular, a capacidade produtiva dos ambientes, haja vista que os diversos processos naturais envolvidos desde a formação do solo, aliados à presença da água no meio, caracterizam o ambiente físico-químico para o bom desenvolvimento das plantas. Um exemplo dessa influência é a paleodrenagem, que nos vários aspectos de formação do solo influenciam, entre outros atributos, na profundidade, textura, permeabilidade, cargas elétricas e nutrientes de maneira geral. Neste contexto, é necessário que, sob o prisma agroecológico, se tenha em mente o conhecimento das interações entre pedogênese, pedografia, características e propriedades do solo, sua pedofoma e o clima e, notadamente, o regime pluviométrico local, pois esses fatores combinados determinam a intensidade com que uma unidade pedológica pode ser adequadamente utilizada na agropecuária.

O entendimento dos diferentes conjuntos de características físicas e químicas das classes de solo presentes em um dado ecossistema é importante, considerando-se outros aspectos como características químicas (mineralógicas) e físicas (textura e estrutura) do material de origem, bem como o posicionamento em profundidade dos estratos, os quais interferem no comportamento físico-hídrico dos solos. Aliado ao entendimento da atuação conjunta dos fatores climáticos e atividades biológicas, adquire importância fundamental ao nortear as atividades antrópicas, que visam o uso mais racional de um dado ecossistema, em especial, àquelas associadas ao manejo dos solos no contexto da produção agrícola sustentável. Haja vista que essas atividades têm grande potencial para alteração do ciclo hidrológico, em especial na redução da capacidade de infiltração e, conseqüentemente, no aumento do escoamento superficial, implicando em perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica.

A carência de informações técnicas a respeito da interação entre o solo e a hidrologia local faz com que ambos temas sejam estudados isoladamente, fato este que, sob o ponto de vista agroecológico, é inadmissível. A interferência dos manejos tradicionais que são aplicados à agropecuária na disponibilidade de água para as plantas é notória e precisa ser adequadamente analisada, para que o uso do solo no contexto agroecológico possa ser cientificamente considerado.

Portanto, o entendimento e a compreensão das informações advindas dos fundamentos pedológicos, contextualizados em termos de covariação e também de previsibilidade comportamental, podem constituir-se em preciosa ferramenta auxiliar na adoção de práticas mais racionais de utilização dos sistemas no contexto agroecológico.

ATIVIDADES ANTRÓPICAS MAIS COMUNS NO USO DO SOLO

Práticas mecânicas

A mecanização do solo é uma prática comum e necessária para a produção agrícola. No tocante à produção, o preparo do

solo tem como objetivos principais melhorar a incorporação de insumos agrícolas e descompactar camadas (de origem pedogenética ou de atividades antrópicas) visando facilitar a penetração de raízes. No entanto, há necessidade de um bom planejamento agrícola, haja vista que, conforme já comprovado por diversos trabalhos científicos, a mecanização pode gerar impactos no meio ambiente, especialmente na estrutura e na atividade biológica do solo, no comportamento da água, e em outras características e propriedades importantes no contexto agroambiental, com reflexos negativos tanto na produção quanto no meio ambiente. Em relação às práticas mecânicas menos agressivas, a zona de friabilidade do solo é o principal referencial, pois é uma das formas de manifestação da consistência deste, caracterizada por alta resistência à compactação, e média a baixa resistência ao preparo. Esta propriedade, variável em função do teor de umidade, da textura e da estrutura dos solos argilosos – as quais refletem características herdadas do material de origem em consonância com o grau de evolução genética do solo – determina a época do ano mais adequada para o preparo do solo.

Existem alternativas ao chamado preparo convencional que ainda estão em fase de estudos, destacando-se o plantio direto e a rotação de culturas. São comprovados os bons resultados que esses manejos produzem em relação a alguns aspectos ambientais, como manutenção da estrutura, atividade biológica e maior retenção de água no solo. No entanto, carecem de maiores avaliações a longo prazo, o que deve ser feito em consonância com a classe do solo, topografia (relevo, pedofoma), vegetação e clima, para que se consiga um bom equilíbrio entre agricultura e harmonia ambiental.

Irrigação

A irrigação é uma técnica que se tornou, através dos tempos, indispensável no contexto da produção agrícola mundial. No Brasil, a maior parte dos solos agricultáveis encontra-se em regiões com déficit hídrico

em pelo menos três meses do ano. Assim, a irrigação em culturas como soja, milho e frutíferas tornou-se uma técnica de uso obrigatório na agricultura empresarial. Contudo, a irrigação mal planejada, principalmente no manejo da lâmina a ser aplicada, deve ser pensada em conexão com seu impacto no solo e, por consequência, no meio ambiente.

Os impactos da irrigação no solo podem ocorrer em atributos como: estabilidade de agregados; produção e transporte de sedimentos (especialmente em áreas com pivô central); problemas no contexto de manejo de solos salinos; contaminação de corpos de água pela lixiviação em solos com elevada permeabilidade e resíduos químicos de manejos das práticas agrícolas; alteração do ciclo da água ao nível de bacias hidrográficas; dentre outros. Portanto, os impactos da irrigação no meio ambiente precisam ser adequadamente considerados, especialmente na adequação dos projetos aos atributos físico-químicos das classes de solos nas quais serão instalados.

Calagem e adubação

Reconhece-se, há muito, a inquestionável importância das práticas da calagem (visando a correção de valores do pH para faixas onde ocorrem maior disponibilidade de nutrientes e maior atividade biológica; a correção de níveis tóxicos de elementos químicos, em especial do Al^{+++} , e também no fornecimento de nutrientes, principalmente o cálcio e o magnésio) e da adubação (na construção da fertilidade do solo e fornecimento de nutrientes) nas atividades agrícolas. No entanto, sabe-se que a não racionalidade e a ausência de princípios científicos nas operações em questão podem levar ao fracasso, tendo-se como consequência o insucesso na relação custo/benefício referente ao rendimento das culturas e, o que talvez seja mais crucial, causando sérios problemas de contaminação e poluição ambiental.

Aliado ao presente fato, considera-se que o uso indiscriminado de resíduos orgânicos, de origens diversas e sem tratamento adequado, contribui, em muito, com a

ocorrência de impactos ambientais em áreas agrícolas, principalmente na incorporação de metais pesados – elementos químicos que, mesmo em pequenas concentrações, podem levar a consequências danosas no tocante a biota (incluindo o homem) - e patógenos diversos ao ambiente agrícola.

Dentre outros aspectos, a mobilidade dos elementos químicos é governada, basicamente, pela natureza de suas cargas (positiva ou negativa, conforme sejam cátions ou ânions) e pelo balanço de cargas (eletro-negatividade e eletropositividade) do solo. Visto que este balanço de cargas, que determina a capacidade de troca catiônica (CTC) ou a capacidade de troca aniônica (CTA), é uma consequência direta de aspectos superficiais dos constituintes (componentes coloidais inorgânicos ou orgânicos, principalmente) mais ativos do solo, reflexo das características herdadas do material de origem em harmonia com o grau de evolução genética do solo, conclui-se que os princípios pedológicos são de elevada importância na estratificação de ambientes de ecossistemas naturais. Alia-se, ainda, o fato de que características morfológicas (cor, textura, estrutura, consistência e outras), determinadas a partir de um exame minucioso do perfil do solo, são importantes ferramentas complementares no contexto de interpretação de potencialidades dos sistemas em relação a aspectos importantes em sua utilização.

A título de ilustração marcante, pode-se citar o que ocorre com o Al^{+++} em sistemas de várzeas (notadamente nos solos hidromórficos). Nesses sistemas, o Al^{+++} encontra-se complexado por compostos orgânicos coloidais, detectando-se elevadas concentrações em uma análise laboratorial. Entretanto, não apresenta, em termos práticos na geração de toxidez, nenhuma consequência nefasta – assim, caso a operação da calagem no sistema em questão vise apenas a neutralização da toxidez do Al^{+++} , esta pode ser desprezada evitando-se, dentre outros, problemas com a eutrofização do ambiente, via adição de elevados teores de cálcio e/ou magnésio.

Outro fato marcante e importante a ser

mencionado é relativo ao emprego de fertilizantes fosfatados em atividades agrícolas. Os benefícios da prática da fosfatagem em relação à produtividade das culturas são inegáveis. Porém, efeitos dispersivos nos colóides do solo têm sido verificados devido à adsorção de fosfato (LIMA et al., 2000). Esses efeitos podem alterar as propriedades físicas e comprometer o estado de agregação do solo, interferindo, dentre outros, no grau de suscetibilidade à compactação e à erosão, afetando, inclusive, a retenção de umidade (SILVA et al., 2001).

Uso de pesticidas

Poluição e contaminação de ambientes são problemas presentes e preocupantes na utilização de ecossistemas. Entende-se por poluente, toda e qualquer substância química ou material fora do seu local de origem, em concentração que cause efeitos adversos em um organismo qualquer, diferindo, neste contexto, do contaminante, que não implica necessariamente na existência de efeitos adversos (PIERZYNSKI et al., 1994). É notório o fato de que, em termos agrícolas, o uso inadequado de pesticidas no solo provoca uma série de impactos ambientais, devido à posição ímpar que este ocupa em relação às outras esferas do ecossistema terrestre.

O Brasil encontra-se, em termos atuais, entre os principais consumidores de pesticidas no mundo, devido ao fato de o controle de pragas e plantas daninhas ser feito, na grande maioria dos casos, através da aplicação destes. O consumo de pesticidas tem-se elevado em taxas maiores do que as verificadas para o crescimento da área cultivada, notadamente nos Estados do centro-sul do país, em culturas destinadas ao mercado externo ou de grande demanda interna, sob sistema de plantio direto (GUILHERME et al., 2000).

Partindo-se do princípio de que, pelo menos no presente e em um futuro próximo, o uso de pesticidas é uma realidade no contexto das atividades agrícolas, é de fundamental importância o conhecimento do comportamento desses produtos quando aplicados no solo. Os estudos sobre

o comportamento dos pesticidas no solo, o qual é reflexo das propriedades físico-químicas da molécula do produto, dos atributos físico-químicos do solo e das influências ambientais nas possíveis interações, são, na grande maioria dos casos, segundo Lopes (1999), realizados visando dois fins principais:

- a) descobrir todos os fatores do meio que afetam, de forma direta ou indireta, a eficiência destes no controle da espécie alvo;
- b) entender as possíveis interações das moléculas dos pesticidas com os constituintes do solo - as quais influenciam, dentre outros, na bioatividade, condutividade, degradabilidade e, em consequência, no movimento dos produtos no solo, tendo como objetivo final minimizar os efeitos maléficos advindos de suas presenças no meio ambiente.

A partir da aplicação de um dado pesticida no solo, este ou os seus metabólitos diversos podem seguir diversas rotas de transferências no sistema:

- a) volatilização: conversão das formas sólida ou líquida para a forma de gás, disseminando-se na atmosfera;
- b) erosão: transporte superficial via movimento através da água e/ou vento;
- c) lixiviação: transporte vertical e em profundidade, pelas águas de percolação no perfil do solo;
- d) incorporação nos tecidos dos organismos vivos.

As rotas preferenciais de movimento dos produtos são, em síntese, determinadas pela estrutura química e propriedades do composto, pelas características ambientais (temperatura, umidade e luminosidade) e pelas características do sistema solo (texturais, mineralógicas, químicas, estruturais, teores de matéria orgânica, camadas de impedimento de origem pedogenética ou de atividades antrópicas etc.).

PEDOLOGIA E ESTRATIFICAÇÃO DE AMBIENTES

No contexto ecológico, o ecossistema é todo o conjunto formado por um ambiente inanimado (solo, água e atmosfera) e pelos seres vivos que o habitam. Assim, o ecossistema é integrado por dois componentes: o biótopo, constituído pelo meio físico, e a biocenose, constituída pelo seres vivos que habitam o espaço físico (BAPTISTA FILHO, 1977).

Nos ecossistemas, os comportamentos das plantas, quer sejam pertencentes à vegetação natural, quer sejam referentes aos ecossistemas agrícolas, dependem de uma série de fatores diretos ou das qualidades do ambiente, que, por sua vez, dependem de fatores indiretos conforme apresentado no Quadro 1 (RESENDE et al., 1988). A título de ilustração, têm-se, segundo estes autores, as inter-relações de dependência entre nutrientes (N) e os fatores indiretos (solo, vegetação e clima) e, ainda, as inter-relações entre os nutrientes e os outros fatores diretos, tais como radiação solar (R), água (A), temperatura (T), arejamento do solo (O) e erosão (E), ilustrando alguns fios desta rede de relações (Fig. 1). As intera-

ções esquematizadas na Figura 1 e no Quadro 2 têm sido exaustivamente estudadas em diferentes partes do mundo, permanecendo, contudo, os seguintes problemas:

- a) como incorporar pelo menos parte desses conhecimentos aos critérios de recomendações de calagem e adubação;
- b) como reconhecer, no campo, os ambientes com combinações particulares de conjuntos desses fatores.

Solo, organismo e clima são os principais estratificadores ambientais, em relação aos ecossistemas de maior interesse para o homem, e possuem um grau crescente de complexidade das inter-relações possíveis entre os diversos componentes do sistema, determinando um menor grau de acerto no tocante a previsibilidades comportamentais sazonais e temporais. Sob o prisma da geociência, os solos podem ser considerados os sistemas tridimensionais multi (físicos, componentes, variáveis), que apresentam anisotropia (variabilidade) tanto horizontal quanto vertical, e que se individualizam, além de ocupar uma posição na

QUADRO 1 - Qualidades ecológicas do ambiente agrícola e seus fatores determinantes

Ambiente	Qualidades do ambiente quanto a fatores diretos	Fatores determinantes dessas qualidades (indiretos)
Abióticos	R - radiação solar	Latitude, altitude, exposição, cobertura vegetal, nebulosidade, umidade atmosférica e poluição atmosférica
	A - água	Precipitação, evapotranspiração, solo, planta
	T - temperatura	Latitude, altitude, exposição e constituição do solo
	O - oxigênio	Drenagem e permeabilidade do solo
	G - gás carbônico	Organismos, latitude, altitude, exposição e atividade industrial
	V - vento	Exposição, latitude, altitude, relevo e continentabilidade
	N - nutrientes	Solo, organismo e clima
Agrícolas	E - suscetibilidade à erosão	Precipitação, solo (inclui relevo) e cobertura
	M - impedimento à mecanização	Relevo, textura, pedregosidade, drenagem, tipo de argila
Bióticos	P - pragas	-
	D - doenças	-
	H - homem	-

FONTE: Resende et al. (1988).

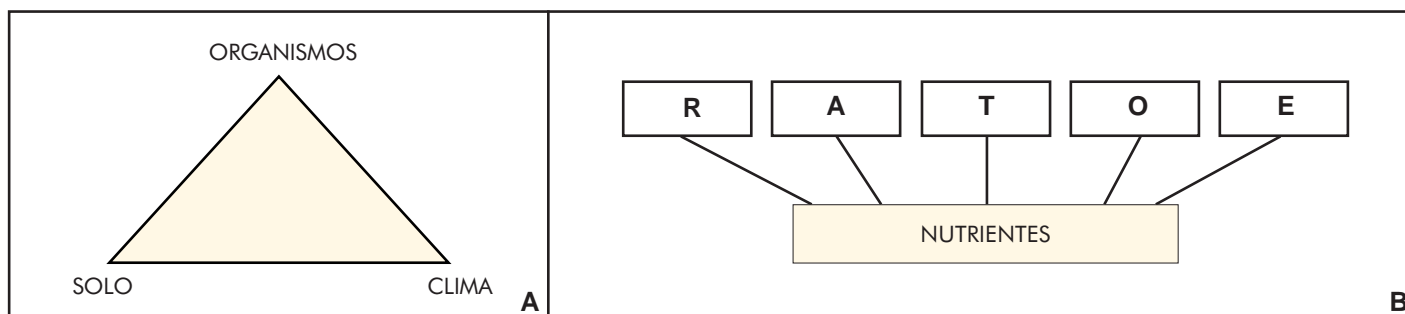


Figura 1 - Esquema mostrando nutrientes como dependentes

NOTA: A - Genericamente do solo, clima e organismos; B - Interações com outras qualidades do ambiente, como radiação (R), água (A), temperatura (T), oxigênio (O) e erosão (E).

FONTE: Resende et al. (1988).

QUADRO 2 - Fatores diretos de ambientes e exemplos de efeitos relacionados com a absorção e destino dos nutrientes

Fator	Efeito
Radiação (R)	Interfere na evapotranspiração e no fluxo de massa. Folhas que recebem menor insolação tendem a ser mais ricas em nutrientes
Água (A)	Absorção de nutrientes depende da absorção de água
Oxigênio (O)	Aumento de pH, Fe e Mn ativos, redução de Al^{+++} etc., com o aumento da inundação
Temperatura (T)	Decomposição da matéria orgânica. Inibição a nodulação, quando muito alta
Erosão (E)	Perda de nutrientes. Renovação natural pela exposição de novos materiais à intemperização

paisagem, em função de um conjunto de características e propriedades físicas, químicas e biológicas advindas de uma série de atributos diagnósticos.

A pedologia, ciência que estuda o solo, tem embasamento em fundamentos teóricos, advindos da observação de fenômenos naturais, e empíricos, resultantes da interpretação de resultados laboratoriais. No contexto das geociências, divide-se basicamente em dois principais ramos: a pedogênese que estuda a formação e a origem do solo, e a pedografia que é o estudo da morfologia, taxonomia, distribuição e mapeamento do solo. De uma forma simplista, vemos que os princípios (do lat. *Principium*; proposição diretora de uma ciência a qual todo o desenvolvimento posterior deve estar subordinado) que regem a taxonomia pedológica são:

a) tendências genéticas (base morfo-genética);

- b) diferenças acumulativas (multicatégorica);
- c) totalidade das categorias (descendente);
- d) teto da independência (abrangente).

Desde os primórdios, os fundamentos que constituem os arcabouços do conhecimento pedológico têm como referenciais a necessária compreensão da interdependência (no passado ou no presente) e interatividade dos fatores de formação do solo (material de origem, clima, organismo, relevo e tempo). Resultantes da interação desses diversos fatores, têm-se, segundo Resende et al. (1999), conjuntos específicos de processos (transformação, translocação, remoção e adição), os quais podem, em função de condições bioclimáticas ou local de topografia, ser agrupados em termos de classes (calcificação, podzolização, latolização, hidromorfismo e halomorfismo)

(Fig. 2ABC). A compreensão do presente fato é de fundamental importância no tocante a previsibilidade comportamental do solo quando colocado, no nível de campo, sobre diferentes tipos de utilizações.

Conforme citado, os principais sistemas taxonômicos pedológicos existentes no mundo têm suas bases fundamentadas em princípios morfo-genéticos, e agrupam os diferentes solos em classes que reúnem tipos de solos (indivíduos) com conjuntos de características físico-químicas relativamente semelhantes, no contexto de taxa. Portanto, partindo do princípio de que o material de origem é o solo no tempo zero de existência, nota-se que as diferentes classes de solos agrupam indivíduos com conjuntos de características físico-químicas herdadas do material de origem, em harmonia com os seus graus de evolução genética (tempo não cronológico, idade). De uma forma simplista e meramente ilustrativa, a Figura 2A representa os diversos fatores de formação do solo e as diferentes classes em função do grau de evolução genética.

Os conceitos centrais do antigo sistema americano – formulado por Baldwin et al. (1938) e modificado por Thorp e Smith (1949) – formam a base da atual classificação brasileira de solos, cuja esquematização atual descende de modificações de critérios, criação de classes, desmembramento de algumas classes originais e formalização de reconhecimento de subclasses de natureza transicional ou intermediária. O sistema atual é, sob a coordenação da Embrapa Solos, fruto de trabalhos

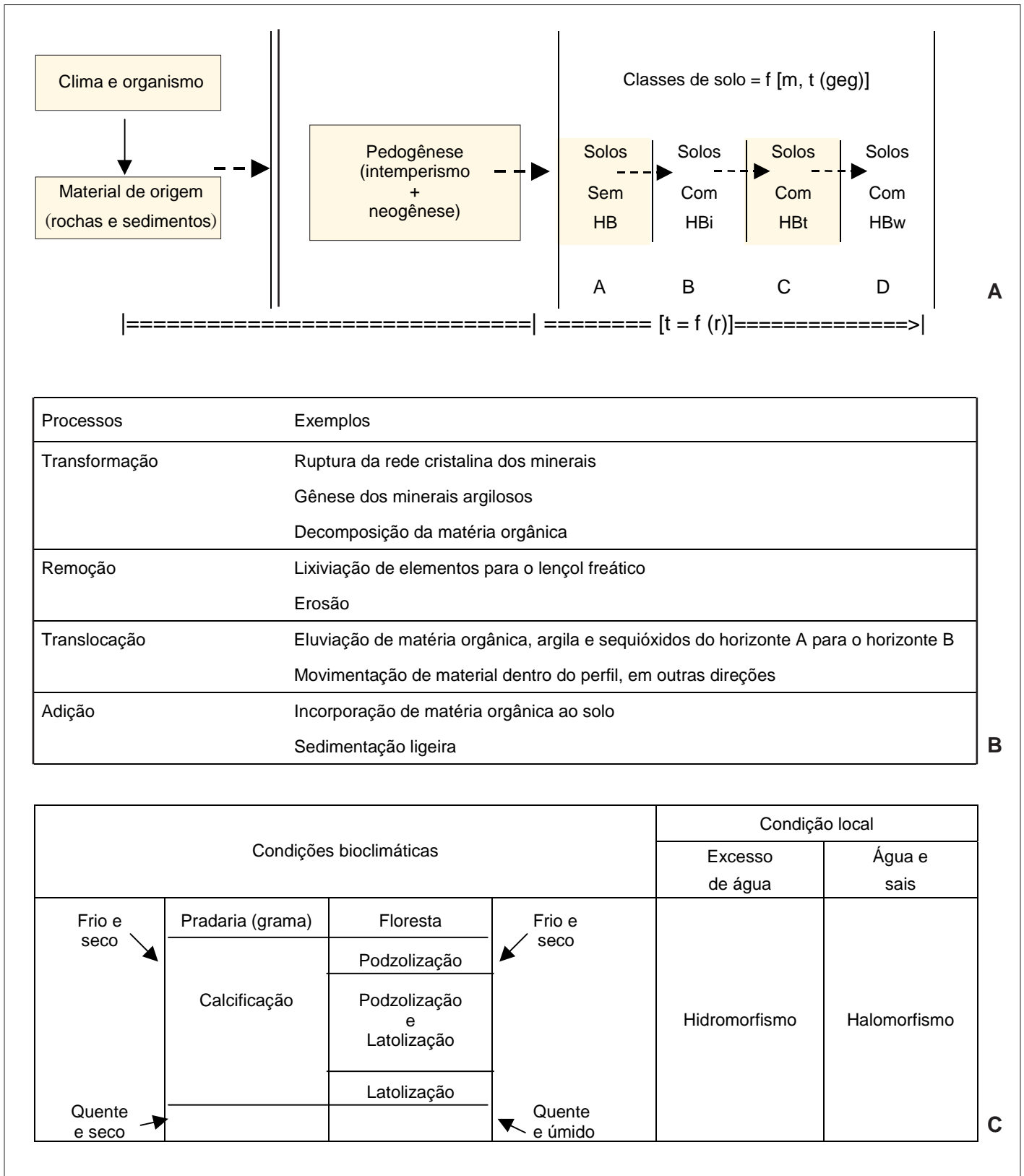


Figura 2 - Fatores e processos de formação do solo

FONTE: Resende (1982).

NOTA: Figura 2A - Fatores de formação do solo e agrupamentos de classes de solos em função de m e t. Figura 2B - Tipos de processos de formação do solo. Figura 2C - Classes de processos de formação do solo.

m - Material de origem; geg - Grau de evolução genética; t - Tempo (geg); r - Relevo; HB - Horizonte B; Hbi - Horizonte B incipiente; HBt - Horizonte B textural; HBw - Horizonte B latossólico.

de várias instituições de ensino e de pesquisa do Brasil. Desde as primeiras tentativas de organização, a partir da década de 70, conhecidas como aproximações sucessivas, busca-se definir um sistema hierárquico, multicategórico e aberto, que permita a inclusão de novas classes e que torne possível a classificação de todos os solos existentes no território nacional (EMBRAPA SOLOS, 1999).

Para o enquadramento de um determinado solo dentro de uma dada classe, as informações relativas às características morfológicas (cor, textura, estrutura, consistência etc.), obtidas a partir de exame minucioso, em nível de campo, dos diferentes horizontes que compõem um dado perfil de solo, constituem os fundamentos necessários, juntamente com aquelas características relativas ao relevo, vegetação natural, acrescidas de outras informações obtidas a partir de análises físicas, químicas e mineralógicas laboratoriais.

Um simples exame da Figura 2A permite inferir que a partir da atuação dos fatores bioclimáticos (clima e organismos) sobre o material de origem (rochas e sedimentos) ocorre uma série de alterações físico-químicas sobre os seus componentes (espécies minerais, materiais amorfos e constituintes orgânicos diversos). Os produtos oriundos destas alterações recombina-se e, a partir da combinação com outros constituintes que venham a ser incorporados ao sistema, formam os solos mais jovens (menos intemperizados). As intensidades de alterações e recombinações de produtos são maiores nas classes de solos mais jovens (solos sem horizonte B, litólicos, aluviais e coluviais), e menores nas classes de solos mais velhos (solos com horizonte Bw; Latossolos), com todas as conseqüências práticas pertinentes.

A intensidade dessas alterações depende, basicamente, das condições bioclimáticas reinantes no ambiente e da resistência do material de origem (rochas e sedimentos). Segundo Whiteside (1953), três parâmetros relativos à rocha de origem que mais interessam ao intemperismo, e, portanto, à pedogênese, são:

- composição mineralógica ou química;
- estrutura ou fábrica;
- granulometria ou textura.

Mesmo em condições tropicais como as brasileiras, não se pode esquecer da influência e da importância do material de origem nos solos (CURI; FRANZMEIER, 1987).

O relacionamento entre as individualidades dos diferentes tipos de materiais de origem (rochas e sedimentos) e as interferências que essas individualidades determinam, no tocante ao solo como um componente natural do ecossistema, podem ser agrupados conforme a Figura 3.

Para uma melhor compreensão do solo como componente do ecossistema, um pequeno exercício de imaginação faz-se necessário. Imagine uma rocha exposta, onde organismos inferiores (líquens) colorem a superfície externa da massa rochosa e uma série de processos bioquímicos acontece. É a atuação do elemento vivo sobre a massa inorgânica, ou seja, a recapitulação de um processo que marca o início dos ecossistemas terrestres. Os compostos orgânicos atuam sobre os minerais da rocha, rompendo suas redes cristalinas e liberando os nutrientes para um longo ciclo – o geobioquímico. Neste processo extraordinário,

a energia do sol, através dos organismos, atua sobre a massa inorgânica. É o processo de formação do solo, talvez um dos processos de gênese mais importante que existe na natureza. Em resumo, a energia solar, através dos organismos, rompe a rede (estrutura) cristalina dos minerais, iniciando um processo de circulação de elementos e modificando gradativamente o meio, o que favorece a instalação de novos organismos, num conjunto de inter-relações cada vez maior (RESENDE et al., 1999).

As inter-relações ocorrem com diferentes intensidades, durante toda a evolução genética do solo, refletida no enquadramento deste dentro das classes. É importante saber que o entendimento das características e das propriedades do solo, nos diferentes graus de evolução genética (Fig. 4), deve ser, no contexto agroecológico, os norteadores iniciais no tocante à sua utilização, visando evitar agressões mais sérias quando se tem como referencial somente a informação advinda de interpretações de resultados laboratoriais.

O uso do solo no contexto agropecuário tem referenciado, quase que exclusivamente, aspectos ligados à sua fertilidade – talvez fruto de um processo de fobia embasado em aspectos meramente capitalistas alicerçados na relação custo/benefício.

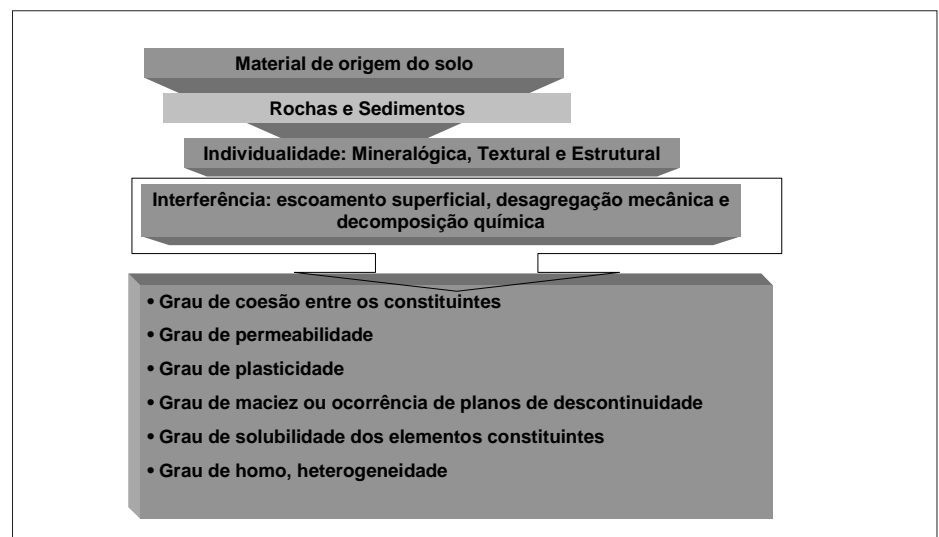


Figura 3 - Material de origem: individualidades e interferências em características ambientais importantes

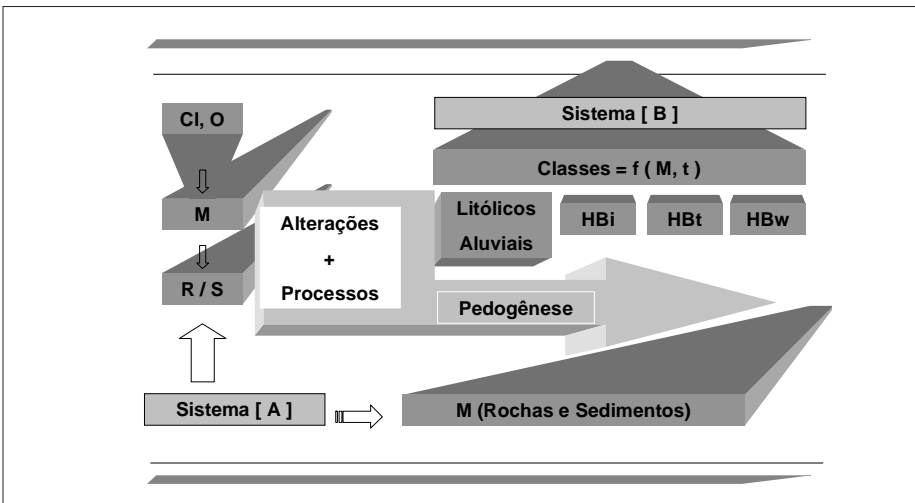


Figura 4 - Pedogênese e evolução genética do solo

NOTA: Cl - Clima; O - Organismo; M - Material de origem; R/S - Rocha/Sedimento; t - Tempo (estádio de evolução genética); Hbi - Horizonte B incipiente; HBt - Horizonte B textural; HBw - Horizonte B latossólico.

Geralmente, os agricultores utilizavam informações advindas de análises químicas laboratoriais (pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺, P e K⁺ são as mais comuns) como subsídios para as práticas de correção e adubação. Um fator agravante do fato, na maioria dos casos, eram as análises feitas a partir de amostras coletadas somente até a profundidade de 20 cm.

Somente em tempos mais recentes, preocupações com coleta e análises de amostras de materiais de solo em maior profundida-

de (normalmente até 40 cm) e análises relativas ao teor de matéria orgânica, textura e estado de agregação do solo passaram a ser incorporadas aos hábitos de alguns agricultores. Entretanto, ainda hoje, são as preocupações relativas ao entendimento dentro de uma visão ecológica do conjunto de características e/ou propriedades, oriundas de diversos atributos presentes em profundidade nos diferentes horizontes que constituem o perfil do solo.

Sob o prisma ambiental, no contexto agro-

ecológico, assume importância crucial o conhecimento da potencialidade natural, antes da escolha do tipo e intensidade de ações antrópicas que visam um determinado fim. Acresça-se, ainda, a importância das informações advindas da observação da posição do solo na paisagem, da sua pedoforma, da profundidade do manto de intemperismo (distância da superfície até o material de origem), bem como das características químicas (mineralógicas), texturais e estruturais dos materiais de origem, as quais podem, dentre outras, ser importantes ferramentas no nortear das interferências antrópicas, em relação ao fato de o ambiente ser exportador ou acumulador de nutrientes e de água, e se favorece ou dificulta as alterações advindas de atividades bioclimáticas locais.

É insofismável o grau de importância dos fundamentos advindos da pedologia em relação aos diversos ramos de conhecimento da humanidade. Em específico nas atividades agrárias, o avanço dos conhecimentos pedológicos propiciou o aumento da produtividade das culturas, a incorporação de novas áreas ao processo produtivo e, mais recentemente, tem-se constituído em preciosa ferramenta para direcionar atividades antrópicas menos agressivas aos ecossistemas naturais.

Boletim Técnico

Pedidos: Telefax (31) 3488 6688

Nim: alternativa no controle de pragas e doenças

Diagnóstico Nutricional da Videira

Calagem e Adubação para Videira e Fruteiras de Clima Temperado

A Cultura da Amora-preta

Diagnóstico Nutricional da Bananeira 'Prata-Anã' para o Norte de Minas

Pragas da Goiabeira

No Brasil, a simples estratificação de ambientes, embasada em critérios advindos do conhecimento pedológico, como cor do solo, tipo de vegetação natural, tipo de relevo (pedoforma), posição que ocupa o solo

em relação à paisagem como um todo etc., já tem sua importância prática reconhecida em uma dada propriedade agrícola, para a adoção de práticas mais específicas de utilização.

Em ecossistemas brasileiros, a importância da interpretação de características morfológicas, como cor (Quadro 3), estrutura (Quadro 4), horizonte C (Quadro 5), vegetação (Quadro 6), e ambientais tem

QUADRO 3 - Interpretação de características morfológicas (cor) e ambientais pertinentes à fertilidade ou características mais diretamente relacionadas com a fertilidade do solo

Condição	Interpretação
Cor esbranquiçada e ausência de lençol freático	Pobreza em Fe, P total, elementos traços e matéria orgânica
Cor cinza-escura e ausência de lençol freático	Pobreza em Fe, P total, elementos traços, porém com maior riqueza em matéria orgânica
Cor vermelha numa área de solos amarelos sem razão aparente (área úmida, floresta subperenifólia e perenifólia)	Solo originado de rocha mais rica em Fe, P total e elementos traços. Se o terreno for declivoso, os solos tendem a ser mais eutróficos
Cor amarela numa área de solos vermelhos sem razão aparente (caatinga e floresta subcaducifólia ou cerrado)	Menor riqueza em Fe
Solo amarelo numa área bastante seca (caatinga e floresta caducifólia)	Muito pobre em Fe, geralmente caulínico
Solos com perfis amarelos superficialmente e vermelhos em profundidade, numa área de solos vermelhos	Menores teores de Fe
Solos com perfis amarelos superficialmente e vermelhos em profundidade, numa área de solos amarelos	Altos teores de Fe
Solos escuros até grande profundidade numa área úmida	Altos teores de matéria orgânica e alumínio extraível pelo KCl
Películas escuras que efervesce com água oxigenada	Presença de Mn, grande potencial de toxidez

QUADRO 4 - Interpretação de características morfológicas (estrutura) e ambientais pertinentes à fertilidade ou características mais diretamente relacionadas com a fertilidade do solo

Condição	Interpretação
Granular com aspecto de esponja (terra poeirenta ou “pó de café”)	Altos teores de gibbsita, tendência à erosão em sulcos, mesmo em pequenos declives. Aparente compactação quando seco e quando cultivado. São distróficos, e o alumínio é elevado apenas próximo à superfície
Granular com aspecto de esponja (terra poeirenta ou “pó de café”), mas atraído por um magneto	Altos teores de hematita, goethita e maghemita na fração argila e magnetita (com muitos elementos traços) na fração areia. Boa parte do P e do K fica no interior dos grânulos, podendo não ser extraída
Estrutura maciça muito coesa, coloração amarelada até grande profundidade	Altos teores de caulinita e baixos teores de Fe e gibbsita
Blocos angulares, com muito fraturamento quando secos	Argila de atividade alta; sob condições de clima seco são eutróficos. Se o clima é muito úmido, podem ser (há exceções) extremamente ricos em Al
Aspecto maciço, mas formado de grânulos e blocos de difícil definição. Apresenta alguma coesão	Altos teores de caulinita e baixos teores de gibbsita, com teores intermediários (9%-18%) de Fe_2O_3

QUADRO 5 - Interpretação de características morfológicas (horizonte C) e ambientais pertinentes à fertilidade ou características mais diretamente relacionadas com a fertilidade do solo

Condição	Interpretação
Profundo (dezenas de metros)	Intemperismo acentuado
Profundo e esbranquiçado localmente	Solos pobres em Fe, P total e elementos traços. Distróficos, mesmo quando rasos
Pouco profundo e solos vermelhos, mas com partes esbranquiçadas, evidenciando processos de desferrificação	Hematita que dá a cor vermelha é herdada da própria rocha. Podem ser eutróficos ou distróficos
Pouco profundo, cinzento (rocha decomposta) na parte baixa e avermelhado em direção ao topo	Geralmente eutróficos, com teores elevados de Mg, Ca e K
Arenoso, sem estratificação, profundo (Areias Quartzosas)	Pobres praticamente em tudo
Ausência de afloramentos de rochas, mesmo nos trechos mais acidentados	Horizonte C muito profundo, tendo havido um intenso processo de intemperização. Os solos são distróficos, independentemente da rocha de origem
Afloramentos de rochas na forma de placas de moledos (ardósias e siltitos intemperizados)	Altos teores de Al, K e Mn. Baixa permeabilidade. Solos ricos em illita e vermiculita com interestratificações de Al
Afloramentos de blocos graníticos numa massa amarela ou rósea esbranquiçada	Baixos teores de Fe, caulíníficos. Geralmente distróficos
Blocos de rochas máficas	Solos eutróficos, área de floresta subcaducifólia ou mais seca. Altos teores de Fe
Blocos calcários	Caulíníficos, podendo ser eutróficos (o mais comum) ou mesmo distróficos (alguns Latossolos)

QUADRO 6 - Interpretação de características morfológicas e ambientais (vegetação) pertinentes à fertilidade ou características mais diretamente relacionadas com a fertilidade do solo

Condição	Interpretação
Floresta perenifólia (cotas elevadas)	Altos teores de matéria orgânica; distróficos; podem ser caulíníficos ou até gibbsíticos – partes mais elevadas do Brasil Sudeste
Floresta subperenifólia	Altos teores de matéria orgânica, distróficos (os eutróficos são bem vermelhos) e caulíníficos
Floresta subcaducifólia	Menores teores de matéria orgânica. Tendem a ser eutróficos com mais frequência
Floresta caducifólia	Apenas os amarelados é que tendem a ser distróficos. Existem alguns vermelhos também distróficos
Caatinga	Apenas os amarelados e muito arenosos é que são distróficos
Cerrado (cerradão a campo limpo)	Em todas as suas modalidades tendem a ser álicos. Só são eutróficos quando há uma deficiência de água acentuada, geralmente por uma combinação de clima não muito úmido e solos rasos
Seqüência (cerradão a campo limpo)	Os teores de alumínio tendem a crescer do cerradão ao campo limpo nas áreas em que a deficiência hídrica não é muito pronunciada (Triângulo Mineiro, por exemplo); numa boa parte do Norte de Minas e Sudoeste da Bahia, estas diferenças tendem a desaparecer

sido enfatizada no que se refere à utilização dos ecossistemas naturais (RESENDE, 1982, RESENDE et al., 1988, 1999).

A correta interpretação, em nível de campo, das características em questão tem apresentado substancial contribuição para uma utilização mais racional do solo nas atividades agrárias. Porém, no contexto da agroecologia, o aprofundamento do entendimento dos conhecimentos pedológicos, principalmente aqueles relativos ao solo como um componente natural do ecossistema terrestre devem ser maximizados, visando utilizar esses conhecimentos como norteadores de atividades agrárias menos agressivas ao meio ambiente. Portanto, acredita-se que é necessário:

- a) aprofundar o conhecimento relativo às características fundamentais (mineralogia, textura e estrutura) dos diferentes grupos de materiais de origem do solo;
- b) desenvolver pesquisas relativas à real influência do material de origem, em consonância com o grau de evolução genética do solo no tocante a aspectos químicos (potencial natural de liberação de nutrientes) e físicos (relação água-ar) do sistema solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo ressaltar a importância do conhecimento das principais características pedológicas, em relação às atividades comuns de uso e manejo dos solos em sistemas agrícolas, no contexto da agroecologia, para mostrar que este conhecimento é condicionante para os adequados usos dos recursos naturais solo e água, no contexto de uma agricultura socioeconômica e ambientalmente equilibrada.

Ao analisar informações sobre a relação entre o solo e o meio onde ele se encontra, verificam-se diferentes classes de solo, compostas por um conjunto de caracte-

rísticas físicas, químicas e mineralógicas. Este tipo de informação é de importância capital para o correto uso do solo no contexto ecológico, uma vez que permite uma previsão da capacidade produtiva do solo e a orientação quanto ao tipo e intensidade de manejos nos sistemas agropecuários.

A manutenção da capacidade produtiva do solo, aliada à mínima degradação ambiental, constitui o conceito de qualidade do solo, conforme mencionado. No entanto, este conceito está atrelado às características ambientais, principalmente aquelas associadas ao material de origem, clima, posição na paisagem e interferência antrópica. Não há como desvincular este conceito das características do meio ambiente, incluindo os aspectos sociais ligados à agricultura sustentável.

Espera-se que esta abordagem sobre o uso do solo no contexto agroecológico atinja o seu objetivo fundamental: uma reflexão sobre o que o homem pode fazer para cultivar o solo de maneira menos agressiva ao meio ambiente, mantendo uma capacidade de produção em consonância com as reais necessidades da sociedade.

REFERÊNCIAS

- BALDWIN, M.; KELLOGG, C.E.; THORP, J. Soil classification. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Soil and men**. Washington, 1938. p.707-1001. (USDA. Agriculture Yearbook).
- BAPTISTA FILHO, O. **O homem e a ecologia**: atualidade sobre problemas brasileiros. São Paulo: Pioneira, 1977. 84p.
- CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some oxisols in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, n.1, p.153-158, Jan./Feb. 1987.
- EMBRAPA Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.
- GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos

ecológicos em agricultura sustentável. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653p.

GUILHERME, L.R.G.; SILVA, M.L.N.; LIMA, J.M. de; RIGHTANO, R.L. de O. Contaminação de microbacia hidrográfica pelo uso de pesticidas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.40-50, nov./dez. 2000.

LIMA, J.M.; ANDERSON, S.J.; CURI, N. Phosphate-induced clay dispersion as related to aggregate size and composition in Hapludoxs. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.892-897, 2000.

LOPES, N. P. **Adsorção do triadimenol por frações de solo associadas a um composto de lixo urbano**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T.; VANCE, G.F. **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis, 1994. 313p.

RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa, MG: UFV, 1982. 100p.

_____; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia**: bases para distinção de ambientes. 3.ed. Viçosa: NEPUT, 1999. 367p.

_____; _____. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília: MEC/Lavras: ESAL/Piracicaba: POTAFOS, 1988. 83p.

SILVA, R.B.; LIMA, J.M.; DIAS JUNIOR, M.S.; SILVA, F.A.M. Influência da adição de fósforo no índice de compressão e parâmetros de consistência de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.2, p.261-268, abr./jun. 2001.

THORP, J.; SMITH, G.D. Higher categories for soil classification. **Soil Science**, Baltimore, v.67, p.117-126, 1949.

WHITESIDE, E.P. Some relationships between the classification of rocks by geologists and classification of soils by soil scientists. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.17, p.1138-1143, 1953.

O fogo como instrumento de manejo em agroecossistemas

Júlio Neil Cassa Louzada¹

Frederico Soares Machado²

Eduardo van den Berg³

Resumo - A ocorrência do fogo em alguns ecossistemas naturais é um fator de grande importância, tanto para a manutenção da sua estrutura quanto para o seu funcionamento. Dele dependem a liberação esporádica dos nutrientes e o balanço entre espécies competidoras de plantas. Tanto plantas como animais de ecossistemas sujeitos à incidência de fogo adaptam-se à sua ocorrência, desenvolvendo mecanismos fisiológicos, morfológicos e comportamentais para resistir ou mesmo escapar de seus efeitos. O uso do fogo como ferramenta de manejo em ecossistemas é um tema relevante, principalmente nos trópicos, onde sua utilização mistura usos de diferentes origens.

Palavras-chave: Meio ambiente; Ecossistema; Queimada.

INTRODUÇÃO

O fogo é um fenômeno que pode ocorrer espontaneamente na natureza, a exemplo das chamas no interior de crateras vulcânicas, dos incêndios provocados pela queda de raios ou mesmo pelas faíscas originárias do rolar de uma pedra morro abaixo. Pode também ser de origem antrópica, por exemplo, quando com o auxílio de algum objeto ou equipamento (tochas, lança-chamas etc.) o homem incendeia uma determinada área. Na verdade, uma simples guimba de cigarro ou mesmo um caco de vidro lançado no campo pode dar origem a grandes queimadas.

Quando o fogo ocorre numa determinada área, ele desencadeia uma série de modificações na dinâmica e na estrutura dos componentes do ecossistema, tendo efeitos diretos sobre componentes bióticos

(fauna, flora e microbiota) e abióticos (solo, água e microclima) da área em questão. Não é necessariamente negativa sua atuação. O que define o grau de impacto e, conseqüentemente, os benefícios e malefícios advindos da ocorrência do fogo são as características peculiares de cada ecossistema e seu histórico evolutivo de interações com o fogo.

Com relação à espécie humana, há muito tempo o fogo vem sendo adotado para realizar um grande número de atividades, de maneira que seu domínio resultou em um grande diferencial evolutivo da espécie humana com relação às demais espécies da Terra. Os registros paleontológicos mais antigos do uso do fogo pelos seres humanos datam do Paleolítico, há aproximadamente 500 mil anos, sendo usado para aquecer e iluminar abrigos. O uso do fogo

como ferramenta provavelmente foi associado a atividades de caça e de manejo do ecossistema para a criação de rebanhos. Somente há aproximadamente 10 mil anos, o fogo teve seu uso associado à atividade agrícola.

Ao ser usado como instrumento nas diversas atividades humanas, o fogo tende a facilitá-las, melhorá-las tanto na qualidade quanto no desempenho, ampliando os resultados advindos, ou simplesmente tornando possível a execução de outras atividades. Sem ele, um grande número de atividades que requerem o manejo da vegetação não seria sequer praticável.

O fenômeno do fogo presume que para a sua ocorrência sejam satisfeitas três condições básicas, ou seja, é preciso a presença de oxigênio, de um fator de ignição (comburente) e de material combustível. Ao unir

¹Ciê. Biológicas, D.Sc., Prof. UFLA - Dep^{to} Biologia - Setor Ecologia, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jlousada@ufla.br

²Graduando em Engenharia Florestal, Estudante Iniciação Científica UFLA - Dep^{to} Biologia - Setor Ecologia, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG.

³Eng^o Agr^o, D.Sc., Prof. UFLA - Dep^{to} Biologia - Setor de Botânica Sistemática, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: evandenberg@ufla.br

esses três componentes, tem-se o triângulo do fogo, formado por cofatores em cada um de seus vértices (Fig. 1).

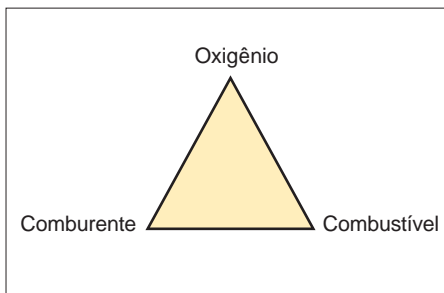


Figura 1 - Necessidades básicas para a existência do fogo

Como o oxigênio está presente em considerável concentração na atmosfera, ele normalmente não se caracteriza como um impedimento ao fogo, ficando a cargo dos demais fatores a determinação da ocorrência do fenômeno, bem como sua intensidade e frequência. É a presença do oxigênio que responde pela sobrevivência ou aumento de intensidade, que os ventos e as correntes de ar instantâneas conferem às chamas de uma queimada.

O fator ignição pode ser definido como tudo aquilo que tenha o potencial de iniciar o fogo, é a partir de sua ocorrência que todo o processo se desencadeia. Pode tratar-se de um fator de ocorrência natural ou antrópica. A partir da ignição ocorre um processo de retroalimentação em que o próprio fogo determina a ignição nas imediações.

O combustível pode ser constituído de um ou de mais materiais, tais como, palhada, folhagem, galhos, troncos, raízes superficiais, além de papel, plástico, combustível fóssil e demais materiais inseridos pelo homem no ambiente. É fundamental para que o fogo aconteça, e tenha alguma chance de se disseminar para o restante da área, que o combustível apresente uma condição de umidade que o predisponha à queima, de forma que, quanto mais finos forem seus componentes e, principalmente, quanto mais secos eles estiverem, maior será o seu potencial combustível.

O FOGO EM ECOSISTEMAS NATURAIS

A ocorrência do fogo em uma vegetação nativa é notadamente caracterizada como um agente impactante à ela. Porém, é bastante disseminada a idéia relativa aos impactos negativos ligados à ocorrência deste fenômeno, atrelando-se comumente seu acontecimento invariavelmente a um processo de degradação ambiental.

Pensar no fogo como um vetor tão-somente de destruição é limitar a compreensão e distorcer suas características benéficas em algumas situações. O fogo é um agente de destruição em várias situações, contudo seu potencial destrutivo representa em vários sistemas um importante fator de mediação das interações entre espécies e de renovação das estruturas física e funcional do sistema.

A ocorrência de fogo nos ecossistemas naturais é sempre um fator de perturbação para a comunidade biótica presente. Quando a recorrência do fogo é frequente, a comunidade estabelecida nesse ambiente geralmente apresenta-se adaptada àquela situação, ou seja, é capaz de retornar a situação original rapidamente, embora o impacto do fogo possa ser intenso em um determinado momento. Já em ecossistemas onde o fogo é um fenômeno raro, quando este ocorre, as mudanças na comunidade são muito mais intensas e a capacidade de a comunidade retornar ao estado original é muito menor e leva muito mais tempo.

O fogo é presença marcante nos grandes biomas savânicos mundiais, como é o caso de parte da África e do Cerrado brasileiro (VIJVER et al., 1999, MIRANDA et al., 1996, SKARPE, 1992, BERG, 2001). Também nas florestas de pinheiros da América do Norte ou nas áreas de vegetação de chaparral, de clima mediterrâneo, ocorrem incêndios periodicamente (CALDWELL et al., 2002). Nesses ambientes, as plantas normalmente possuem estruturas de proteção contra danos eventuais dos incêndios e, em alguns casos, até necessitam do fogo para que a reprodução tenha sucesso. A ocorrência periódica do fogo nessas

áreas está sempre ligada ao acúmulo progressivo de material combustível sobre o solo, formado por restos vegetativos e períodos de seca. Quando há bastante material combustível e ocorre um período de seca acentuado, há um aumento do risco de incêndios que, eventualmente, podem ocorrer graças a relâmpagos (SKARPE, 1992).

Já no caso de florestas tropicais, a presença do fogo é um fenômeno raro, principalmente por estas serem muito úmidas para propagação de incêndios. Na floresta amazônica, a ocorrência de fogo natural nos últimos 2.000 anos parece variar de 400 a 700 anos, coincidindo com períodos excepcionalmente secos (NEPSTAD et al., 1999). No entanto, quando uma floresta tropical é afetada por um incêndio, a recuperação da comunidade é lenta, já que as espécies não são adaptadas a este fenômeno, e as consequências do fogo podem-se estender por décadas (NEPSTAD et al., 1999).

O fogo em vegetação florestal

Como dito anteriormente, o impacto do fogo sobre a vegetação florestal é notadamente bastante negativo, atua no sentido de retornar a vegetação aos estádios sucessionais iniciais. O fogo frequente simplifica a composição de espécies e sua estrutura, exercendo negativamente uma pressão seletiva sobre a biodiversidade local. Reduz a capacidade de manutenção e renovação dos arbustos e das árvores, diminuindo progressivamente sua densidade.

O fogo desempenha importante papel na delimitação de bordas de fragmentos florestais, quando ocorre nas áreas a eles adjacentes. Pode impedir que a floresta progrida em direção a áreas de entorno, assumindo importante papel na definição da paisagem, interferindo na dinâmica da interface entre os ecossistemas. Quando o fogo ocorre de maneira muito violenta, pode dizimar todos os componentes da paisagem, com prejuízos irreparáveis à biodiversidade que a constitui.

Enfim, quando o fogo ocorre em meio a

um ambiente florestal já estabelecido ou mesmo em processo de formação, ele constitui-se em um agente de degradação importante (Fig. 2), sendo responsável por toda uma gama de alterações desse ambiente.

O fogo em ecossistemas abertos ou savânicos

Mesmo havendo ecossistemas naturais em que o fogo tem um potencial destruidor muito grande, há ecossistemas que evoluíram tendo o fogo como parte integrante de seus processos naturais, como é o caso das savanas africanas, de campos arbustivos (chaparral) no Hemisfério Norte e do Cerrado e Campos Sulinos no Brasil.

Neste processo de evolução, grande parte das espécies que neles ocorrem desenvolveu resistência ou tolerância ao fogo com os anos de interação com tal fenômeno, muitas vezes tornando o ecossistema não só resistente mas dependente da ocorrência do fogo. Pode parecer um pouco estranho estabelecer uma relação de dependência entre um ecossistema e um fenômeno com efeitos aparentemente tão devastadores quanto o fogo, mas ao longo de anos de pesquisas pode-se verificar o papel crucial que tal evento tem em determinadas situações.

No campo limpo, vegetação característica da região central do país, que consiste de uma vegetação dominada por gramíneas

e outras monocotiledôneas, com presença esparsa de arbustos e árvores, o fogo age beneficentemente para muitas espécies, estimulando o florescimento e a produção de sementes e frutos, que geralmente são mais persistentes e de maior vigor, tem efeitos também sobre a biomassa vegetal, que normalmente é maior, mais verdejante e muitas vezes com maior concentração de nutrientes. O fogo estimula a germinação por eliminar a camada de matéria orgânica morta (serrapilheira), que sufoca as plântulas e impede a chegada da radiação solar até as sementes, atuando como uma barreira física ao crescimento das plantas. Com a queima da serrapilheira, há a liberação para o solo dos nutrientes nela fixados e indisponíveis às plantas.

A fauna dos ecossistemas abertos, apesar dos impactos iniciais, acaba sendo também beneficiada com a ocorrência da queimada. Com o aumento da disponibilidade de alimentos (pólen, néctar, sementes, frutos e brotos), no período pós-queimada, há uma tendência de os animais preferirem explorar mais estas áreas que as não-queimadas, não sendo raros os relatos de aumento da diversidade de animais no local que foi queimado há alguns meses.

Em campos, na ausência do fogo pode ocorrer que a vegetação seja tomada aos poucos por arbustos e árvores e com o tempo se torne um ecossistema de maior grau

de complexidade, perdendo assim suas características peculiares. Ao contrário de ecossistemas florestais, no campo limpo o fogo promove a conservação do ecossistema em seu estado original, atuando como um fator de seleção natural que beneficia as espécies já adaptadas em detrimento de espécies que não desenvolveram mecanismos de resistência ou tolerância a tal fenômeno ao longo de sua evolução.

Um outro ponto a se considerar é que em ambientes como o de campo nativo, que têm o fogo como componente natural, se não há a ocorrência deste evento, ao longo do tempo vai sendo acumulado cada vez mais combustível na forma de matéria orgânica morta sobre o solo. Quando por ocasião de um fator de ignição (raios, fogueiras, guimbas de cigarro acesas etc.), o incêndio tende a tomar proporções tão maiores quanto maior for a quantidade de combustível disponível à queima, originando um incêndio mais vigoroso e com grande elevação da temperatura. Isso, por sua vez, pode ocasionar impactos de dimensões muito maiores sobre a ecologia local.

O fogo e os componentes abióticos dos ecossistemas

Associado ao fogo, observa-se uma série de alterações no microclima e na dinâmica dos nutrientes do local.

A ocorrência de um incêndio altera a temperatura nas camadas superficiais do solo, o quanto esta alteração se estenderá para as camadas mais profundas dependerá do tipo de solo, da umidade presente neste e do tipo de incêndio. Na superfície do solo não é incomum a temperatura exceder aos 100°C, podendo eventualmente atingir mais de 700°C por curtos períodos. Em camadas mais profundas do solo, geralmente a partir dos 3 cm, as modificações tendem a ser bem mais amenas, não ultrapassando de 50°C a 80°C, além da temperatura anterior à queimada. A temperatura no solo após a queimada tende a se manter mais elevada em função da maior absorção da energia solar pela cor enegrecida das cinzas.



Figura 2 - Incêndio em área florestal, com conseqüências geralmente devastadoras

Apesar de as alterações de temperatura serem efêmeras e restritas às camadas superiores do solo, estas têm capacidade de alterar consideravelmente a dinâmica do solo, de modo que se torne um importante agente de modificação em ecossistemas naturais e de manejo em ecossistemas agrícolas.

Após um incêndio, é freqüente a diminuição na capacidade de retenção de umidade do solo, o que não necessariamente representa escassez deste elemento, pois a demanda é drasticamente reduzida em função da remoção da vegetação.

Ocorre também uma tendência ao aumento de processos erosivos, principalmente devido à redução do tamanho dos agregados do solo, o que faz com que diminuam a permeabilidade e a taxa de infiltração. O escoamento superficial das águas pode carrear partículas e nutrientes até que a cobertura vegetal seja restabelecida.

Os efeitos mais marcantes da queimada observam-se na dinâmica dos nutrientes e do carbono presente no ecossistema.

O processo de construção e manutenção das estruturas vegetais está intimamente ligado ao balanço entre a fotossíntese e a respiração. Durante a fotossíntese, o vegetal fixa energia luminosa em forma de carboidratos utilizando-se basicamente do gás carbônico atmosférico e da água absorvida do solo. Estes carboidratos podem constituir reservas (por exemplo, o amido) ou podem ser estruturais (lignina, celulose, entre outros). No processo respiratório ocorre o inverso, ou seja, os carboidratos são quebrados de forma que forneçam energia aos processos metabólicos e ocorre a liberação de gás carbônico para a atmosfera. Quando o produto fotossintético excede o consumo da respiração, o vegetal acumula reservas e/ou cresce em biomassa através da produção de novas estruturas. Para que os processos metabólicos ocorram (fotossíntese e respiração entre outros), há uma demanda de outros elementos químicos do solo, que participam como cofatores enzimáticos e/ou fazem parte das substâncias produzidas nos processos. Entre eles

estão os chamados macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, que são absorvidos pela planta em maiores quantidades, e os micronutrientes: zinco, boro, ferro, manganês, entre outros, que são absorvidos em menor quantidade.

Quando folhas, flores, frutos ou ramos são perdidos, ou mesmo quando o vegetal como um todo morre, ocorre, durante o processo de decomposição, a liberação lenta de gás carbônico e dos nutrientes armazenados nas estruturas. Parte destes elementos, em particular os nutrientes, são eficientemente reabsorvidos (reciclados) em inúmeros ecossistemas naturais, especialmente florestas tropicais e ecossistemas pobres em nutrientes (VITOUSEK, 1984). Quando ocorre um incêndio, a combustão do material vegetal (plantas vivas ou matéria orgânica em processo de decomposição) provoca a liberação quase imediata dos elementos químicos e do carbono, dificultando ou impedindo a reciclagem destes.

A liberação do carbono, seja pela decomposição, seja pela combustão, sempre ocorre na forma gasosa, o que dificulta sua reciclagem. No entanto, no processo de decomposição, esta liberação é lenta, favorecendo a reabsorção do gás carbônico pela comunidade vegetal. Quando ocorre a combustão, a liberação do carbono é extremamente rápida. Além disso, a comunidade vegetal é afetada, senão destruída, pelo incêndio, incapacitando-a de reabsorver o gás carbônico e levando à perda quase total do carbono para a atmosfera. Por isso, a destruição e a queima das florestas tropicais (que possuem uma enorme quantidade de carbono imobilizado na forma de estruturas vegetais vivas ou em decomposição) são consideradas a segunda causa principal do aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera e o conseqüente aumento do efeito estufa (BEGON et al., 1996).

Os demais elementos químicos presentes nas estruturas vegetais podem, durante o incêndio, ser volatilizados ou particula-

rizados, sendo então carreados para fora do sistema pelo vento e ar quente ascendente, ou, após o incêndio, podem sofrer processo de lixiviação ou serem carregados por erosão hídrica superficial ou erosão eólica do solo exposto. O incêndio, além da mineralização dos elementos químicos antes imobilizados em estruturas orgânicas, leva à destruição da comunidade vegetal, ambos os processos contribuem para a perda de nutrientes.

O nitrogênio é um dos elementos limitantes para o crescimento vegetal, sendo importante componente dos aminoácidos que formam as proteínas e enzimas. O maior reservatório de nitrogênio é a própria atmosfera, onde este elemento encontra-se em sua forma molecular, N_2 , que é indisponível aos vegetais. Os vegetais são capazes de utilizar o nitrogênio apenas na forma dos íons amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e, de forma menos eficiente, nitrito (NO_2^-). A fixação do nitrogênio em formas disponíveis ocorre principalmente através de descargas elétricas atmosféricas e associações simbióticas entre angiospermas e bactérias ou algas (KOZOVITZ et al., 1996). Apesar de estar presente no solo na forma iônica, o maior reservatório de nitrogênio nos ecossistemas, principalmente nos tropicais, é constituído pela matéria orgânica viva ou depositada sobre o solo (KOZOVITZ et al., 1996). Durante um incêndio, é justamente esta matéria orgânica que entra em combustão. Como o nitrogênio volatiliza-se em temperaturas relativamente baixas, uma parte considerável do nitrogênio é perdida para a atmosfera durante o fogo. Em florestas de coníferas, estas perdas podem chegar a 907 kg/ha e, no Brasil, em florestas tropicais, estes valores podem atingir 1.604 kg/ha (WAN et al., 2001).

Outros elementos químicos podem sofrer volatilização durante o fogo. Em florestas temperadas, dependendo da intensidade de fogo, 24% a 79% do enxofre presente na serrapilheira pode-se perder. Já no caso do fósforo e do cálcio, em virtude de suas respectivas altas temperaturas de volatilização, ocorrem perdas pequenas (CALDWELL et al., 2002).

O FOGO COMO INSTRUMENTO DE MANEJO

Reconhecendo o homem como um dos componentes do meio ambiente e, principalmente, como um agente de intensas modificações nesse meio pelo uso do fogo, é fundamental que este também se integre ao presente texto, inserindo-se no contexto dos processos ecológicos ligados ao fogo.

É de longa data a relação do homem com o fogo, que se constituiu, desde sua descoberta, um grande diferencial evolutivo para nossa espécie, sendo empregado para os mais variados fins.

O domínio do fogo e o seu uso como instrumento de manejo basearam-se da observação direta e empírica pelo homem de seus diferentes efeitos sobre a natureza. Com o aprofundamento do conhecimento do homem sobre os efeitos do fogo em médio e longo prazos, este passou a ser um fator-chave para diferentes estratégias de manejo, tanto de ecossistemas agropastoris quanto de ecossistemas naturais.

O fogo para iluminação e aquecimento

Com a iluminação advinda do fogo, o homem pôde ampliar seu período de exploração dos recursos à sua volta, não tendo mais como fator limitante a ausência de luz durante as noites. É sabido que existe um grande número de animais que têm hábito somente noturno, e que dessa maneira eram difíceis de ser caçados pelo homem. Com o domínio do fogo, estes animais já poderiam fazer parte da dieta dos povos da época. A presença do fogo afastava animais selvagens das proximidades das comunidades humanas, diminuindo a exposição e o perigo durante as noites.

Além de mediador das interações com outras espécies, o fogo como instrumento de iluminação representou também importante papel na estrutura social e relações de grupo que passaram a ocorrer não só à luz do dia. Reuniões e planejamento de atividades puderam estender-se a períodos antes utilizados somente para o descanso.

O aquecimento proporcionado tanto pelo fogo quanto pelo uso de peles de animais como roupas possibilitou ao homem a colonização das zonas mais frias do planeta e montanhas.

O fogo como instrumento de caça

Existem registros históricos de que populações indígenas ateavam fogo na forma de um anel aberto sobre a vegetação, onde se encontravam os animais desejados, de maneira que estes tinham uma única saída para escapar do fogo, justamente onde se posicionavam os caçadores da tribo. Nestas circunstâncias, o homem não precisava ir atrás da presa e sim a presa era direcionada ao caçador, o que diminuiu em muito o esforço gasto e o sucesso da atividade de caça.

O fogo no estabelecimento da agricultura itinerante

Em áreas habitadas ou usadas para fins agropecuários sempre foi comum a utilização do fogo para destruir a vegetação nativa, abrindo a área para o estabelecimento do homem e de suas atividades.

Neste uso deu-se o primeiro emprego agrícola do fogo, que foi o desenvolvimento da chamada agricultura de roçado ou itinerante. Neste tipo de agricultura ocorre a queima de um local para o posterior plantio e obtenção de uma colheita, aproveitando a disponibilidade temporária de nutrientes e a ausência de competição.

Embora possa parecer uma estratégia de manejo simples e direta, na agricultura de roçado desenvolveram-se várias estratégias para garantir a continuidade do processo produtivo. A estratégia mais marcante foi o estabelecimento de ciclos de pousio, que podem durar de 10 a 25 anos, onde o local tem tempo suficiente para que os processos de sucessão natural restabeleçam a sua capacidade produtiva, através da fixação biológica de nutrientes, da ação de decompositores e de micorrizas.

O sistema de agricultura de roçado é de uso cosmopolita e mesmo na Europa existem evidências de seu uso durante vários

períodos da história. Atualmente sua utilização é mais freqüente em países tropicais pobres, associado sempre à agricultura de subsistência. A agricultura de roçado pode ser sustentável quando empregada por pequenos grupos de pessoas. Quando este contingente humano aumenta, geralmente observam-se uma redução no período de pousio e uma conseqüente superexploração do solo, que passa a não ter condições de recuperar sua capacidade produtiva através de mecanismos naturais.

O fogo na limpeza de áreas e eliminação de restos culturais

A limpeza de áreas com o emprego de fogo após a colheita é uma prática comum em várias regiões do Brasil e do mundo. Esta prática assume as características positivas de eliminar pragas e doenças presentes nos restos culturais e facilitar a mecanização da área para o próximo plantio.

Porém, ao eliminar a cobertura vegetal sobre o solo, este fica mais exposto às ações do clima, apresentando temperaturas maiores e mais oscilantes, perdas mais acentuadas de umidade para a atmosfera, e também fica exposto à ação erosiva das chuvas. Além disso, a matéria orgânica é um componente essencial ao solo, pois favorece a agregação de suas partículas e aumenta sua fertilidade, quando há a eliminação da cobertura vegetal pelo fogo, o processo de incorporação de tal material ao solo fica impossibilitado de acontecer, empobrecendo-o e aumentando sua demanda por fertilizantes para a manutenção de sua capacidade produtiva. Com finalidades muito semelhantes, o fogo é também amplamente utilizado nas áreas florestais, trazendo os mesmos problemas descritos anteriormente para as culturas agrícolas, porém com menor intensidade por se tratar de um ciclo geralmente superior a cinco anos.

O benefício principal do fogo no manejo de resíduos de culturas é a disponibilização do nitrogênio retido na biomassa para o próximo cultivo. Apesar de haver uma grande volatilização deste elemento durante a queimada, observa-se também uma maior disponibilidade de nitrogênio nas

cinzas do que na biomassa morta em decomposição.

Em várias regiões, restos culturais são também queimados como combustível. Um exemplo muito comum é a utilização dos resíduos gerados pela poda de árvores frutíferas e de café como lenha em casas e em agroindústrias.

Muitas das vantagens do uso do fogo no manejo de resíduos agrícolas devem ser pesadas em relação às desvantagens, quando se analisa seu uso do ponto de vista da sustentabilidade da atividade agrícola. A perda de nutrientes pela volatilização, a geração de fumaça e a exposição do solo a processos erosivos têm sido os principais motivadores de regras que limitam e condicionam o uso do fogo ao estritamente necessário.

O fogo na revigoração de pastagens

O uso do fogo em pastagens também é uma prática muito disseminada e são exigidos muitos cuidados para que não se promova uma degradação de grandes dimensões. O objetivo básico é promover a revigoração das pastagens, que constituem essencialmente da melhoria de seu aspecto geral (cor, teor de água, forma e rigidez das folhas etc.), aumentando sua disponibilidade e palatabilidade para os animais. No entanto, tal prática só deve ser efetivada quando o campo em questão tiver a capacidade de manter suas características naturais e o solo não ser prejudicado.

O manejo rotacionado de pastagens nativas, onde o fogo é um instrumento de renovação, é prática comum nas regiões serranas de Minas Gerais. Tradicionalmente a rotação envolve uma queimada em março e outra em setembro, em piquetes de campo nativo que tem sido alternado com piquetes de capim-gordura, onde não ocorre queima e a biomassa vegetal morta é usada como feno de inverno ao ar livre. Com o aumento do rigor no uso do fogo e sua restrição aos meses de chuva, esta prática tem sido abandonada e pastagens nativas têm dado lugar progressivamente a pastagens de *Brachiaria* sp.

O fogo no auxílio à colheita

Para facilitar o processo de colheita manual de algumas espécies, o fogo é utilizado. O exemplo mais habitual é o da cana-de-açúcar, que forma um entrelaçamento de palha cortante ao redor das touceiras, palha esta que, se não for eliminada, pode machucar os trabalhadores rurais responsáveis por sua colheita. A queima deste material é motivo de discussões há bastante tempo, o que vêm culminando em resoluções contrárias a seu uso, indicando um horizonte de ampliação da mecanização em tal atividade.

O manejo do fogo em parques

Como se trata de ecossistemas sujeitos a incêndios periódicos, o fogo pode ser usado para o manejo produtivo em áreas de cerrado (LEITE, 1996) ou conservacionista, como é feito tradicionalmente, e em parques de floresta de pinheiros na América do Norte (CALDWELL et al., 2002, WAN et al., 2001). Por outro lado, no contexto de florestas tropicais, que são pouco resilientes, o fogo sempre é utilizado para destruir a comunidade vegetal e dar lugar a pastagens ou culturas (NEPSTAD et al., 1999).

Nas áreas de cerrado do Brasil, quando a frequência de fogo é grande, há um favorecimento das espécies herbáceas e redução das espécies lenhosas, por outro lado, quando a área permanece protegida contra o fogo por um longo período, há um adensamento dos elementos lenhosos (MIRANDA et al., 1996). Mesmo entre as espécies lenhosas ou herbáceas, existem aquelas mais resistentes ou menos tolerantes ao fogo (SARMIENTO, 1992, OLIVEIRA et al., 1996). Assim, a frequência de incêndios pode afetar tanto a estrutura do cerrado (densidade e abundância de elementos lenhosos e herbáceos) como a própria composição de espécies dessas comunidades (MOREIRA, 1996).

Quando a frequência do fogo é pequena, há uma tendência de acúmulo de ma-

terial combustível e os incêndios, quando ocorrem, são de alta intensidade, levando a um impacto mais intenso e maior mortalidade de plantas. Por isso, após incêndios catastróficos em alguns parques florestais americanos, adotou-se uma estratégia de manejo com base em incêndios controlados e planejados (CALDWELL et al., 2002). Este tipo de estratégia também está sendo estudado para áreas protegidas do cerrado (ANDRADE; MIRANDA, 1997).

Em áreas onde as savanas limitam-se com fisionomias florestais, a ocorrência de fogo pode ser importante para definição dos limites de contato destes dois tipos de fisionomia (BACKÉUS, 1992, DUNCAN; DUNCAN, 2000). A ocorrência de fogo pode tornar estes limites mais abruptos, pode impedir o avanço da floresta sobre a savana, ou mesmo pode levar a retração das áreas de floresta e expansão das savanas (BERG; OLIVEIRA-FILHO, 1999). Na verdade, o fogo de origem antrópica tem sido considerado por alguns autores como um dos principais responsáveis pela atual distribuição dos cerrados brasileiros, embora isto seja bastante discutível (DIAS et al., 1996).

Diante do exposto, é fundamental que em parques naturais a manutenção pelo fogo se dê em função das características ligadas ao tipo de ecossistema e de sua relação com o fogo e com a biodiversidade que se deseja manter na área, em termos de histórico da área e de aspectos ligados a características fisionômicas e de riqueza em espécies (Fig. 3). Sabe-se que queimadas frequentes atuam para reduzir substancialmente a manutenção e a renovação das árvores e arbustos não adaptados, diminuindo progressivamente sua densidade na área e, conseqüentemente, a complexidade do ecossistema. No entanto, a supressão do fogo favorece exatamente o processo contrário, isto é, ecossistemas mais simplificados como o campo limpo ou o campo cerrado, por exemplo, podem-se transformar, depois de algumas décadas de supressão em comunidades mais complexas, tais como o cerradão (Fig. 4).

CUIDADOS NO USO DO FOGO COMO FERRAMENTA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO

Em áreas com histórico de degradação, como por exemplo algumas áreas com superpastoreio, ou com ecossistema já fragilizado por ação do clima, por fertilidade muito baixa do solo, os cuidados devem ser redobrados. Atenção especial deve-se dar

também à quantidade acumulada de material combustível e sua umidade, com presença de plantas e animais não adaptados etc.

Para uma boa condução da prática do fogo, é preciso definir um planejamento adequado de manejo na área de interesse, com um acompanhamento técnico especializado durante a ação. Em tal planejamento devem estar definidas quais áreas podem ser queimadas, como conduzir o fogo nes-

sas áreas, qual a época e a frequência mais adequadas para seu uso e todo o conjunto de técnicas que evitem que o fogo atinja as áreas adjacentes.

Deve ser dada atenção aos seguintes aspectos:

- a) cuidados anteriores à ação:
- reunir e mobilizar os vizinhos para fazer queimadas controladas e em mutirão;
 - pedir autorização ao órgão ambiental responsável no Estado – Instituto Estadual de Florestas (IEF) ou Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama);
 - estudar as características do terreno;
 - fazer aceiros;
 - cuidar da vegetação pertinente;
 - atentar ao clima e ao horário em que será realizada a queimada;
 - instruir e preparar o pessoal que vai fazer a queimada;
 - somar as áreas a ser queimadas, o que não poderá exceder a 500 hectares;



Figura 3 - Fogo prescrito em parques norte-americanos onde ocorre naturalmente



Figura 4 - Queimada em área nativa de cerrado, onde o fogo prescrito tem sido discutido como estratégia de manejo

b) cuidados após a ação:

- manter vigilância no local até ter absoluta certeza de que todo o fogo foi apagado, de preferência com água ou terra, em todas as laterais do terreno;
- jogar para dentro da área queimada qualquer material em brasa;

c) alertas do Ibama quanto ao uso de queimadas:

- a autorização do órgão ambiental é específica para o local em que for realizada a queimada. Um representante do órgão poderá estar presente;
- os danos causados a terceiros correrão por conta do proprietário da área onde foi iniciado o fogo;
- o órgão ambiental poderá suspender as queimadas controladas se as condições meteorológicas ou ambientais forem desfavoráveis;
- é expressamente proibido o uso de fogo em áreas de reservas ecológicas, preservação permanente, parques florestais e reservas equivalentes;
- os infratores serão multados com base nos artigos 14 e 15 da Lei nº 6.938 de 31/08/1981 (BRASIL, 1981);
- em 09/07/1998, pela Portaria nº 94, o Ibama (1998) criou a queima solidária – em regime de agricultura familiar – forma de mutirão – em atividades agrícolas, pastoris ou florestais.

É preciso que o fogo seja tratado como uma ferramenta que ao mesmo tempo em que é de fácil uso e barata, seja também segura e de uso responsável. Deve preferencialmente ser conduzido para se assemelhar às condições naturais em que normalmente ocorre, para aumentar ao máximo a capacidade de as espécies da área responderem positivamente à sua ocorrência.

Entretanto, os prós e os contras do uso do fogo sempre levantarão a dúvida sobre se o homem é capaz de usar o fogo em seu benefício sem degradar o ecossistema.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S.M.A.; MIRANDA, H.S. Dinâmica de combustível em uma área de campo sujo de cerrado submetida a queimada prescrita no final da estação seca. In: LEITE, L.L.; SAITO, C.H. (Ed.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília: UnB, 1997. p.262-267.
- BACKÉUS, I. Distribution and vegetation dynamics of humid savannas in Africa and Asia. **Journal of Vegetation Science**, v.3, p.345-356, 1992.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology: individuals, populations, and communities**. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068p.
- BERG, E. van den. Recuperação de áreas degradadas por monocultivos extensivos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.27-35, maio/jun. 2001.
- _____; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Spatial partitioning among tree species within an area of tropical montane gallery forest in south-eastern Brazil. **Flora**, v.194, p.249-266, 1999.
- BRASIL. Governo. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2 set. 1981.
- CALDWELL, T.G.; JOHNSON, D.W.; MILLER, W.W.; QUALLS, R.G. Forest floor carbon and nitrogen losses due to prescription fire. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.66, p.263-267, 2002.
- DIAS, I.F.O.; MIRANDA, A.C.; MIRANDA, H.S. Efeitos de queimadas no microclima de solos de campos de cerrado - DF/Brasil. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB, 1996. p.11-19.
- DUNCAN, R.S.; DUNCAN, V.E. Forest succession and distance from forest edge in an afro-tropical grassland. **Biotropica**, Washington, v.32, p.33-41, 2000.
- IBAMA. Portaria Normativa nº 94, de 9 de julho de 1998. [Institui a queima controlada, como fator de produção e manejo em áreas em atividades agrícolas pastoris e florestais, assim como, com finalidade de pesquisa científica e tecnológica a ser executada em áreas com limites físicos pré-estabelecidos]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jul. 1998.
- KOZOVITZ, A.R.; BUSTAMANTE, M.M.C.;

SILVA, L.F.; DUARTE, G.F.; CASTRO, A.A.; MAGALHÃES, J.R. Nitrate e amônio no solo e sua assimilação por espécies lenhosas em uma área de cerrado submetida a queimadas prescritas. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB, 1996. p.137-147.

LEITE, L.L. Densidade global e infiltração de água no solo em área de cerrado submetida à queimada controlada no Distrito Federal, Brasil. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB, 1996. p.31-36.

MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB, 1996. 187p.

MOREIRA, A.G. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de cerrado. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB, 1996. p.112-121.

NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A.G.; ALENCAR, A.A. **Flames in the rain forest: origins, impacts and alternatives to amazonian fire**. Brasília: The Pilot Program to Conserve the Brazilian Rain Forest, 1999. 190p.

OLIVEIRA, R.S.; BATISTA, J.A.N.; PROENTA, C.E.B.; BIANCHETTI, L. Influência do fogo na floração de espécies de Orchidaceae em cerrado. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB, 1996. p.61-67.

SARMIENTO, G. Adaptive strategies of perennial grasses in South American savannas. **Journal of Vegetation Science**, v.3, p.325-336, 1992.

SKARPE, C. Dynamics of savanna ecosystems. **Journal of Vegetation Science**, v.3, p.293-300, 1992.

VIJVER, C.A.D.M. van de; POOT, P.; PRINS, H.H.T. Causes of increased nutrient concentrations in post-fire regrowth in na East Africa savana. **Plant and Soil**, The Hague, v.214, p.173-185, 1999.

VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, v.65, p.285-298, 1984.

WAN, S.; HUI, D.; LUO, Y. Fire effects on nitrogen pools and dynamics in terrestrial ecosystems: a meta-analysis. **Ecological Applications**, v.11, p.1349-1365, 2001.

Influência da cobertura vegetal do solo na incidência de pragas e de seus inimigos naturais em plantas cultivadas

Paulo Rebelles Reis¹
Maurício Sérgio Zacarias²
Rogério Antônio da Silva³
Daniela Cristiane da Silva⁴

Resumo - A cobertura vegetal do solo influencia na incidência de pragas e de seus inimigos naturais em plantas cultivadas. Como cobertura vegetal foram considerados outros cultivos associados ao cultivo principal, que possam promover a biodiversidade vegetal. Para atingir os objetivos de reduzir os danos causados por insetos e ácaros-praga, através do controle biológico, serão discutidos: a importância da biodiversidade nos agroecossistemas e as táticas para sua manutenção e aumento; a implantação de estações de refúgio para artrópodes benéficos; a prática do policultivo como auxílio no aumento da biodiversidade, tanto em cultivo anual como perene; o cultivo em faixas alternadas; os sistemas agroflorestais e quebra-ventos. Inicialmente, algumas práticas preconizadas podem causar queda na produtividade, que poderá ser compensada pela redução nos custos, com diminuição do uso de produtos fitossanitários ou fertilizantes. Os maiores beneficiários são, sem dúvida, o meio ambiente e o próprio agricultor no longo prazo.

Palavras-chave: Biodiversidade; Agroecossistemas; Sistemas agroflorestais.

INTRODUÇÃO

Nos agroecossistemas há uma preocupação em manter insetos e plantas adventícias (invasoras) fora do sistema de produção, levando ao consumo de grandes quantidades de insumos externos, que nem sempre proporcionam os resultados esperados.

De acordo com Altieri (1987a), certas plantas adventícias devem ser consideradas como componentes importantes da comunidade de culturas, devido aos efeitos positivos que podem ter sobre populações

de insetos benéficos. Dependendo do tipo de inseto, essas plantas podem modificar o microambiente proporcionando *habitat* e fontes alternativas de alimento, como folhagem, pólen, néctar ou presas (ALTIERI; WHITCOMB, 1979). Quando as interações entre plantas e insetos são examinadas sob o ponto de vista ecológico, surge como opção a possibilidade de mantê-las no sistema, a fim de auxiliar no controle de pragas (GLIESSMAN, 2001). Cultivos perenes, como a cultura do café, são apropria-

dos para a exploração das potencialidades das plantas que nascem, crescem e se reproduzem nas entrelinhas, que podem ser favoráveis aos inimigos naturais do bichomineiro e ácaros, atingindo níveis que sejam capazes de regular a densidade populacional dessas pragas (ALTIERI, 1994b; HILL, 1997), diminuindo ou, possivelmente, eliminando o uso de produtos fitossanitários. É a tática de se aplicar o princípio da diversidade de *habitat* (DELOACH, 1970).

¹Eng^a-Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM - EcoCentro, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: paulo.rebelles@epamig.ufla.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. Embrapa Café/EPAMIG-CTSM - EcoCentro, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: zacarias@epamig.ufla.br

³Eng^a Agr^a, Doutorando, Pesq. EPAMIG-CTSM - EcoCentro, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: rasilva@ufla.br

⁴Eng^a Florestal, Bolsista de Aperfeiçoamento Profissional/FAPEMIG/UFLA/ EPAMIG-CTSM - EcoCentro, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: danielacr@bol.com.br

IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE NOS AGROECOSSISTEMAS

Para sobreviver, o homem tem que explorar o seu ambiente, procurando transformar os ecossistemas naturais estáveis em ecossistemas artificiais, como os cultivos.

Sob a agricultura convencional, o homem simplificou a estrutura do ambiente sobre vastas áreas, trocando a diversidade natural por um pequeno número de plantas cultivadas e animais domésticos. Este processo de simplificação encontra sua forma extrema na monocultura. O objetivo desta simplificação é aumentar a proporção de energia solar fixada pelas comunidades de plantas que são diretamente disponíveis ao homem. O resultado é um ecossistema artificial e instável, com elevada simplificação florística e faunística, que requer intervenção humana constante na forma de fluxos de energia como a adubação, uso de produtos fitossanitários etc. (ALTIERI, 1987b, 1994a, 1999, GALLO et al., 1988).

A monocultura, se relativamente eficiente em realidades de reduzida diversidade biológica (especialmente em regiões de clima temperado), tem elevado exponencialmente os problemas fitossanitários, pois proporciona alimento abundante para uma variedade de organismos, entre os quais as pragas, permitindo o aumento vultoso de suas populações, especialmente quando transpostas para as regiões com biologia mais diversificada (PASCHOAL, 1979).

Os sistemas de cultivos tradicionais em pequenas propriedades, com múltiplos cultivos (policultivos), promovem a diversidade de alimentação e recursos, estabilidade de produção, minimização de riscos, redução da incidência de insetos e doenças, uso eficiente da mão-de-obra, intensificação da produção com recursos limitados e maximização de recursos sob baixo nível tecnológico (ALTIERI, 1999). Em propriedades maiores e com uso intensivo de insumos, o desafio está em aumentar a diversidade para a obtenção de seus benefícios, mantendo altas produtividades com os mesmos custos ou reduzindo-os. Todas

estas práticas visam o aumento da biodiversidade. E qual a vantagem da diversidade?

A hipótese de diversidade/estabilidade diz que quanto maior a diversidade biológica de uma comunidade de organismos, maior a estabilidade desta comunidade (ANDOW, 1991). Acredita-se que a vantagem da diversidade esteja na sobrevivência da comunidade, isto é, na maior estabilidade. Espécies raras e aparentemente sem importância podem desempenhar funções indiretas importantes e, às vezes, devido a alterações nas comunidades, estas espécies se adaptam ao novo meio (SILVEIRA NETO et al., 1976), podendo vir a se tornar abundantes.

A manutenção e a manipulação da cobertura vegetal do solo não se restringem ao aumento do controle biológico de pragas, mas a uma maior estabilidade do agroecossistema (GRAVENA, 1992).

TÁTICAS PARA MANUTENÇÃO E AUMENTO DA BIODIVERSIDADE NOS AGROECOSSISTEMAS

Lewis et al. (1997) definem o atual sistema de manejo de pragas como sendo de tratamentos terapêuticos, com a utilização de produtos fitossanitários e/ou criação de inimigos naturais em laboratório para liberações sistemáticas em campo para o controle de pragas, quando elas atingem níveis elevados. Esses autores propõem uma nova forma de visão do controle biológico de pragas, tendo como principais prioridades o conhecimento, a promoção e a maximização da eficiência de populações de inimigos naturais nativos e, tão-somente após o conhecimento e implementação dessas táticas, a supressão das necessidades adicionais com a importação de inimigos naturais (chamado de controle biológico clássico). Isto requer uma mudança de atitude por parte dos produtores rurais e profissionais no manejo de pragas. Deve-se adotar uma atitude preventiva ao invés de curativa.

Como o estudo pormenorizado dos organismos envolvidos nos agroecossistemas é demorado e caro, talvez só se justifique para cultivos de maior rentabilidade,

o que para a maioria torna-se impraticável no momento atual. No entanto, podem-se adotar práticas, que são preconizadas pelo controle biológico, que reconhecidamente favorecem o incremento da diversidade como a manutenção e o aumento da diversidade de inimigos naturais nas áreas cultivadas favorecendo a regulação da densidade populacional de pragas. O procedimento de conservação dos inimigos naturais visa proteger, manter ou, se possível, aumentar o que já existe naturalmente. Neste procedimento estão incluídas as práticas de época de plantio adequada (medidas culturais), a manutenção de *habitat* ou fontes de alimentação para inimigos naturais, a escolha de produtos fitossanitários seletivos etc. (PARRA, 1993).

A adoção de táticas ecológicas de manejo de pragas através de uma combinação de técnicas visa tornar o ambiente inadequado às pragas, porém favorável a inimigos naturais (ALTIERI, 1987b).

Podem ser listadas três principais táticas que visam aumentar a diversidade do agroecossistema e diminuir a incidência e os danos causados por pragas, como a manutenção de estações de refúgio, a prática do policultivo e a de cultivos em faixas alternadas.

Manutenção de estações de refúgio

O aumento dos problemas com pragas tem sido associado ao aumento das monoculturas e conseqüente redução da vegetação natural, diminuindo assim a diversidade de *habitats*. Isso, segundo Altieri e Letourneau (1982), pode afetar a abundância e a eficiência de inimigos naturais, que dependem de fontes alternativas complexas de presas/hospedeiros, pólen e néctar, e locais onde se possam abrigar. Agroecossistemas com diversidade de plantas podem resultar em oportunidades no aumento das condições ambientais favoráveis aos inimigos naturais e, conseqüentemente, aumento no controle biológico.

No procedimento de conservação e aumento dos inimigos naturais, a prática de manutenção de áreas de vegetação na-

tural (estações de refúgio), adjacentes aos cultivos, visa criar condições favoráveis à manutenção, proliferação e diversificação dos inimigos naturais, fornecendo *habitat* e alimento alternativo para a criação e preservação de inimigos naturais que se movem para os cultivos próximos. As estações de refúgio provêm recursos sazonais para que estes atravessem lacunas no ciclo de vida (durante os períodos de condições climáticas adversas ou de ausência das presas) ou quando a área de cultivo está inadequada (por aplicação de produtos fitossanitários, por exemplo).

As áreas de vegetação natural podem ser do tipo remanescente de mata nativa ou regenerada adjacente, e do tipo vegetação invasora às margens do cultivo. Ambas fornecem condições para a manutenção e o desenvolvimento de inimigos naturais que se movem para os cultivos.

Outra função importante dessas estações é na manutenção de inimigos naturais ainda não pesquisados, que possam ocorrer em baixas populações, mas que venham a ser importantes no futuro. Novas pragas podem surgir, e mesmo pragas atuais podem desenvolver alguma forma de resistência aos inimigos naturais já conhecidos. Então, torna-se necessário retornar aos *habitats* naturais à procura de novos artrópodes benéficos.

Efeitos negativos, como refúgios de pragas, e positivos que permitam a manutenção de organismos benéficos, comparados aos locais não cultivados e com vegetação natural, são sempre questionados. Contudo, os efeitos negativos quase sempre são compensados pelos efeitos positivos. O elemento essencial é a manutenção dos insetos benéficos, através de abrigos, refúgios, alimentos alternativos, favorecendo seu deslocamento para as culturas (EMDEN, 1964). De acordo com Machado (1988), vários estudos têm mostrado a importância de determinadas plantas daninhas em várias situações de manejo ecológico de agroecossistemas, sendo que algumas delas podem afetar o índice de parasitismo em insetos-praga.

Agronomicamente, existem diversas

maneiras para se conseguir uma maior diversidade em sistemas de plantio, o que pode ser feito através da manipulação da vegetação marginal, do manejo da composição das espécies e da densidade de plantas em grotas, cercas-vivas, quebra-ventos e outros tipos de cinturões-abrigos (ALTIERI; LETOURNEAU, 1982).

A presença de insetos benéficos é estimulada devido a fatores como a disponibilidade de condições microclimáticas mais atraentes e a presença de fontes de pólen e néctar mais diversas (LETOURNEAU, 1986 apud GLIESSMAN, 2001). A importância da vegetação nativa adjacente na perpetuação de inimigos naturais de pragas que se movem para os cultivos já foi muito documentada (ALTIERI, 1994b).

Dentre os inimigos naturais de ácaros fitófagos, destacam-se os ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae (MORAES et al., 1986) como os mais conhecidos e estudados. Esses ácaros podem ser classificados em quatro tipos, de acordo com McMurtry e Croft (1997): I e II mais especialistas e III e IV generalistas. Os fitoseídeos dos tipos III e IV são generalistas e utilizam alimentos alternativos para sua manutenção no campo, tais como outros ácaros fitófagos (para os de tipo III) e pólen (especialmente para os do tipo IV). Em muitos agroecossistemas, especialmente os mais estáveis como a maioria dos cultivos perenes ou semiperenes que recebem menos aplicações de produtos fitossanitários, as espécies de fitoseídeos mais especialistas (tipos I e II) são raras ou ausentes e sua fauna é dominada por fitoseídeos de espécies generalistas (tipos III e IV) (MCMURTRY, 1992). Estes últimos podem ser os únicos consistentemente presentes nesses agroecossistemas, pois podem utilizar alimentos variados, independentemente da presença ou não da praga, e podem então colonizar a cultura mesmo antes dela. Assim, quando a praga iniciar sua colonização no cultivo, os predadores generalistas poderão estar lá em população suficiente para mantê-la em baixos níveis, prevenindo sua disseminação e limitando maiores flutuações populacionais, sendo

portanto importantes em estratégias de conservação (MCMURTRY, 1992, WALTER; O'DOWD, 1992, WALTER, 1996, MCMURTRY; CROFT, 1997).

Esses mesmos princípios podem ser aplicados à maioria dos inimigos naturais generalistas em outros grupos de artrópodes, tais como crisopídeos, coccinelídeos, carabídeos, sirfídeos, vespídeos, aranhas e alguns parasitóides menos específicos.

Vários estudos indicam que a abundância e a diversidade de inimigos naturais dentro de um campo estão intimamente relacionadas com a natureza da vegetação circundante (ALTIERI, 1994a). Quanto mais diversificada a paisagem nas redondezas de uma área de cultivo, maior a diversidade e a abundância de artrópodes, de inimigos naturais em especial (DUELLI et al., 1999). Altieri (1981) observou como a colonização de artrópodes predadores em soja ocorre de maneira decrescente da periferia para o centro. Nesse caso, as plantas daninhas são a fonte mantenedora de colonizadores, e a cultura da soja funciona como uma ilha na teoria proposta por Mac-Arthur e Wilson (1967).

Zacarias e Moraes (2002) determinaram que seringueiras cultivadas próximas a matas pouco perturbadas, com maior biodiversidade, em Pariquera-Açu, SP, apresentaram também maior diversidade de ácaros em suas folhas do que as rodeadas de cultivos diversos (café, pasto etc.) em Piracicaba, SP. Estudaram também a similaridade das espécies vegetais de acordo com as espécies de ácaros que abrigam, o que possibilitou a delimitação de dois grupos diferentes de espécies de plantas. Essa delimitação pode ser consequência dos diferentes fatores abióticos determinados pela localização geográfica das áreas de estudo, pelas diferentes composições das comunidades vegetais ou ainda pela influência das atividades humanas, de forma mais intensa em Piracicaba. As espécies de fitoseídeos que ocorreram em seringueiras de Piracicaba não são as mesmas que em Pariquera-Açu (ZACARIAS; MORAES, 2001), indicando que estas encontram-se e se mantêm também em plantas comuns de

cada região. Dessas plantas alternativas, esses predadores talvez possam se dispersar para as seringueiras.

Vários estudos indicam que a abundância e a diversidade de insetos entomófagos dentro de um campo estão intimamente relacionadas com a natureza da vegetação circundante. A vegetação vizinha pode também determinar as taxas de colonização e gradientes populacionais de inimigos naturais dentro de uma área de uma cultura em particular (ALTIERI; TODD, 1981). Quanto mais próximo o cultivo está da margem de um remanescente de mata, maior a população de inimigos naturais.

As aranhas apresentam uma elevadíssima capacidade de dispersão, podendo estar entre os primeiros artrópodes a se dispersarem para os agroecossistemas, após um período em que estes estejam inadequados (pulverizações com produtos fitossanitários ou queimadas por exemplo). Os altos percentuais de espécies de aranhas exclusivas da cultura da cana analisada em Botucatu, SP, e também a relativa similaridade entre sua fauna e a do cerradão, indicam que a maioria das espécies não está confinada a um único tipo de situação ecológica e devem-se originar de áreas mais distantes que a área adjacente (RINALDI, 1995). Como as aranhas têm grande capacidade de dispersão, acredita-se que as reservas naturais funcionem como reservatórios de aranhas para os sistemas agrícolas (REICHERT; LOCKLEY, 1984; RINALDI, 1995).

Policultivo

Internamente aos cultivos, a presença de outras espécies vegetais, seja a manutenção de invasoras, o plantio intercalar, seja o plantio em faixas alternadas, fornece alimento alternativo para os inimigos naturais durante os períodos em que suas presas/hospedeiros estão ausentes no cultivo principal.

Essas plantas também favorecem o controle e a regulação do microclima do cultivo, permitem o aumento de áreas de sombra e aumentam a umidade relativa do ar, o que favorece a permanência dos inimigos naturais e mesmo o incremento de suas popu-

lações. Esses são alguns dos serviços da diversidade que são perdidos com a simplificação biológica dos cultivos convencionais (ALTIERI, 1999).

Têm-se verificado que os inimigos naturais podem não ser os principais responsáveis pela redução de populações de pragas em policultivos anuais (ANDOW, 1991; ROOT, 1973; SMITH; MCSORLEY, 2000). Além dos inimigos naturais, dois outros mecanismos podem ser responsáveis pela redução: o do cultivo descontínuo (*disruptive crop* no original) e o do cultivo armadilha (*trap crop* no original).

No mecanismo de descontinuidade, certas espécies utilizadas no policultivo podem reduzir a capacidade de ataque de uma praga ao cultivo principal. A descontinuidade ocorre devido às características de especificidade de muitas pragas importantes, que tendem a se estabelecer em plantas hospedeiras em áreas puras (monocultivo) e alcançam altas densidades relativas nestes ambientes simplificados. No cultivo armadilha, o cultivo intercalar com espécies mais atrativas às pragas acabam por deslocá-las do cultivo principal.

Entre as táticas, o policultivo apresenta dificuldades para sua implementação em cultivos anuais em médias e grandes propriedades (agricultura mecanizada e quimicamente intensiva), mas em muitos cultivos perenes e semiperenes é possível o desenvolvimento de cultivos anuais intercalares. Também pode ser usado para incrementar a produção de hortaliças de maior valor e de maior demanda de mão-de-obra.

Plantio criatório de artrópodes benéficos (*Beneficial insectary planting* no original)

O manejo da cobertura vegetal pode ser tratado como um criatório de artrópodes benéficos a céu aberto. O uso de herbicidas seletivos e/ou o plantio de determinadas espécies vegetais para a cobertura do solo, às margens ou nas entrelinhas dos cultivos, fornecem plantas floríferas aos agroecossistemas, que fornecem o pólen, o néctar e o microclima necessários para os inimigos naturais das pragas. Colley e

Luna (2000) recomendam a manutenção ou o cultivo de plantas floríferas atrativas para sirfídeos predadores e parasitóides, sendo que, especialmente para os sirfídeos, as flores de coloração amarela ou branca são indutoras da alimentação.

Grafton-Cardwell et al. (1999) obtiveram grandes populações do fitoseídeo predador *Euseius tularensis* (Congdon) manejando a cobertura vegetal de leguminosas nas entrelinhas de citros. Folhas de *Vicia faba* L. com as populações do predador eram cortadas das plantas na cobertura vegetal e colocadas sobre as plantas cítricas na época desejada para o controle do trips *Scirtothrips citri* (Moulton).

Para Colley e Luna (2000), o uso dos criatórios de artrópodes benéficos em associação com outras táticas de manejo integrado, tais como a liberação inoculativa de inimigos naturais e uso de defensivos seletivos, pode ter um papel fundamental no incremento do controle biológico de pragas.

Para as condições brasileiras, ainda há necessidade de muitas pesquisas e mesmo a consideração dos custos do estabelecimento de plantios criatórios de artrópodes benéficos.

Policultivo em cultivos semiperenes e perenes

A manutenção de plantas adventícias de forma racional e criteriosa, nas entrelinhas da cultura, possibilita a sobrevivência de predadores nas épocas de ausência ou baixa população das pragas (presas), estabelecendo a população de predadores mesmo antes da praga aparecer (PITELLI; DURIGAN, 1995).

O efeito benéfico do mentrasto ou erva-de-são-joão, *Ageratum conyzoides* L., e do botão-azul ou cambará, *Eupatorium pauciflorum* Kunth (Asteraceae, Compositae), sobre a acarofauna benéfica em citros, proporcionando aumento de ácaros-predadores *Euseius citrifolius* Denmark & Muma e *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Phytoseiidae) e decréscimo de ácaros-praga *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) e *Brevipalpus phoenicis*

(Geijskes) (Acari: Eriophyidae, Tenuipalpidae), da falsa-ferrugem e leprose-dos-citros, respectivamente, foi observado por Gravena et al. (1992). O mentrasto, nas entrelinhas do cultivo de citros, floresce durante oito meses do ano fornecendo pólen e abrigo para artrópodes benéficos, além de propiciar alterações benéficas no microclima sob a copa das plantas cítricas (MING-DAU et al., 1981).

Os estudos da utilização da cobertura vegetal do solo, com plantas cultivadas nas entrelinhas das culturas de citros e videira, como a aveia-preta (*Avena* sp.), mucuna-anã (*Stizolobium deeringianum* Bort), ervilhaca (*Vicia* sp.), trigo-mourisco ou sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Mench) e capim-gordura (*Melinis minutiflora*), mostraram uma relação positiva entre a diversidade e abundância de inimigos naturais de pragas. Também a maior diversidade e a maior abundância de inimigos naturais foram encontradas quando foi feita associação de duas espécies vegetais cultivadas nas entrelinhas (CHIARADIA et al., 2000, FADINI et al., 2001).

A espécie *Waltheria americana* (= *W. indica*) (Sterculiaceae), malva-branca ou guanxuma-branca, apesar de algumas restrições, vem sendo estudada e apontada como uma importante fonte de néctar para artrópodes benéficos, pelo fato de permanecer florida o ano todo e por colonizar quase sempre áreas degradadas onde há pouco ou nenhum recurso alimentar (MACEDO; MARTINS, 1998).

Policultivo em cultivos anuais

O cultivo de *Brassica oleracea* L. em campos com e sem plantas daninhas mostrou que em ambientes com maior diversidade de plantas, não ocorreram surtos de pragas, ao passo que, em locais sem plantas daninhas, várias espécies de afídeos, besouros e lagartas alcançaram elevados níveis populacionais, causando danos à cultura (PIMENTEL, 1961).

O que normalmente ocorre nos agroecossistemas, quando são eliminadas as plantas adventícias e organismos herbívoros, é que no início toda a comunidade de organismos menos agressivos (artrópodes

benéficos, em geral) é substituída por outra de organismos altamente agressivos (especialmente as pragas), ou seja, por comunidades selecionadas para maior competitividade. Ao longo do processo de sucessão ecológica, não havendo mais intervenção, esta situação se inverte gradualmente até o retorno a um estado de equilíbrio ecológico mais estável. O objetivo do manejo ecológico de pragas é simular estádios intermediários nesta sucessão que não comprometam a produtividade dos cultivos e permitam uma efetiva interferência favorável da diversidade.

Em trabalhos realizados no norte do estado da Flórida, EUA, em campos de milho, deixando crescer uma linha de plantas daninhas em cada dez linhas de milho, foi observada uma redução na incidência da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e aumento no número de predadores. No estado da Geórgia, áreas de soja com uma cobertura densa de fedegoso (*Cassia obtusifolia*) foram menos suscetíveis ao ataque da lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) e do percevejo-verde *Nezara viridula* (Linnaeus) (Hemiptera: Pentatomidae). Havia mais predadores nas áreas com cobertura vegetal que nas áreas livres de plantas daninhas sem, contudo, afetar a produtividade da soja (ALTIERI, 1981). Altieri (1981) relata a ocorrência natural do parasitóide *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), colocados artificialmente em plantas de soja, dependendo das espécies de plantas associadas com a soja. Foi observado que havia uma maior porcentagem de parasitismo de ovos, quando a soja estava associada a *Desmodium* sp. e *Croton* sp., comparando àquela associada a gramíneas ou a monocultura de soja.

Horn (1981), avaliando o efeito favorável de plantas adventícias sobre a abundância de predadores (crispídeos, coccinélídeos e sirfídeos), que atuam na regulação populacional do pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em cultivo de couve, observou que o efei-

to das plantas adventícias sobre respostas de predadores para densidade de afídeos foi provavelmente parte de uma interação mais complexa, envolvendo estrutura do *habitat*, habilidade da presa e microclima.

Cultivos em faixas alternadas

Mesmo podendo ser considerado como um policultivo, a tática de cultivos em faixas alternadas é apropriada para cultivos mais mecanizados, visto que se trata de largas faixas monoculturais alternadas de duas ou mais espécies vegetais. As faixas podem variar em largura e têm demonstrado bons resultados como pontes/refúgios para a estabilização de populações de inimigos naturais (LEWIS et al., 1997).

Pereira et al. (2002) demonstraram no Sul de Minas que o parasitismo de larvas da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) por *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) aumenta significativamente na cultura de inverno da batatinha (*Solanum tuberosum* L.), quando plantada em faixas intercaladas com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), reduzindo a população da praga e aumentando a produção. Explicam que a mosca-minadora, embora ataque o feijoeiro, não se constitui em praga de importância econômica para essa cultura na região e, se plantada sete dias antes da batatinha, constitui-se em fonte do parasitóide.

SISTEMAS AGROFLORESTAIS

O objetivo da maioria dos sistemas agroflorestais (SAFs) é otimizar os efeitos benéficos das interações que ocorrem entre os componentes arbóreos e as culturas, a fim de obter a maior diversidade de produtos, diminuir as necessidades de insumos externos e reduzir os impactos ambientais negativos das práticas agrícolas (GLIESSMAN, 2001).

As árvores são capazes de alterar drasticamente as condições do ecossistema do qual fazem parte (FARREL, 1990 apud GLIESSMAN, 2001) e a produtividade sustentável de sistemas agroflorestais deve-se em grande parte a essa capacidade das árvores. Seus ramos e folhas fornecem

habitat para um grande grupo de vida animal e modificam os efeitos do vento. Ao proporcionar microlocais e recursos permanentes, torna possível uma população mais estável tanto de pragas como de seus inimigos naturais (GLIESSMAN, 2001).

No manejo de pragas, as populações podem ser controladas por interações do sistema intencionalmente estabelecidas. Os muitos métodos de controle alternativo desenvolvidos por produtores orgânicos e agroecologistas são um bom exemplo do manejo do sistema como um todo, com base na diversidade. Esses métodos dependem do aumento da diversidade e complexidade do agroecossistema como base para estabelecer interações benéficas que mantêm as populações de pragas sob controle (GLIESSMAN, 2001).

Nem sempre o sombreamento resulta em controle, pois determinados tipos de pragas preferem estas condições. Assim, Godoy Júnior e Graner (1967), em experimentos realizados com cafeeiro em São Paulo, concluíram que a produção de lotes sombreados e não sombreados não diferiu estatisticamente, apresentando, os lotes sombreados, maior infestação de broca. A análise da água disponível revelou que, embora na camada mais profunda a quantidade de água tenha sido praticamente a mesma para as partes sombreadas e não sombreadas, na superfície do solo, a parte sombreada apresentou mais água que as partes não sombreadas.

Segundo Fernandes (1986), a arborização do cafezal, feita de maneira correta, obtendo um sombreamento adequado, pode apresentar, dentre outras, as seguintes vantagens:

- a) produção de frutos de tamanho maior;
- b) manutenção de um ambiente favorável à produção;
- c) melhoria do aspecto vegetativo do cafeeiro;
- d) redução de incidência da seca de ponteiros;
- e) redução das diferenças de ciclo biennial de produção do cafeeiro;

- f) redução do número de capinas;
- g) melhoria do combate à erosão;
- h) redução da incidência de cercosporiose;
- i) obtenção de cafés mais suaves;
- j) aumento do número de ramos primários dando maior capacidade produtiva ao cafeeiro.

A arborização racional feita com espécies adequadas, como a seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), a grevílea (*Grevillea robusta* A. Cunn.), a farinha-seca (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (= *P. vogellianum* Benth.)), o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) ou mesmo o abacateiro (*Persea americana* Mill.), e adotando-se o espaçamento de 10 x 10 m a 15 x 15 m, pode-se constituir em prática recomendável nas várias regiões do Brasil. O sombreamento pode ainda minimizar os efeitos prejudiciais do vento, que vão desde danos mecânicos e reações fisiológicas prejudiciais até ferimentos que facilitam a penetração de patógenos.

Segundo Fassbender (1993), as árvores que compõem os sistemas agroflorestais, além de interceptarem a água da chuva e aumentarem a infiltração dela no solo, podem diminuir a evaporação e permitir ao café uma condição ecológica mais favorável, o que o torna menos exigente em relação ao uso de produtos fitossanitários, contribuindo para diminuir a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

O sombreamento permite uma maior estabilidade de produção no decorrer dos anos, pois evita os picos de alta produtividade em anos alternados, aumentando o tempo de vida produtiva dos cafeeiros, devido principalmente à diminuição do depauperamento que ocorre em anos de produtividade elevada nos plantios convencionais (MATIELLO, 1995).

Além do café, o produtor, em SAFs, poderá contar com fontes alternativas de renda, provenientes dos produtos das espécies arbóreas consorciadas, como frutos, madeira, carvão, látex, libertando o produtor das variações cíclicas das cotações do café, como relata Bregonci e Pelissari

(1995). Este tipo de cultivo pode ainda diminuir os gastos com produtos fitossanitários, pois a incidência de cercosporiose e outras doenças e o ataque do bichomineiro são reduzidos, já que o cafeeiro nessas condições é mais adaptado ecologicamente (MATIELLO, 1995).

Embora a escolha das espécies arbóreas a ser utilizadas nos SAFs seja um dos maiores problemas para a adoção deste sistema, algumas características, segundo Fernandes (1986), podem ser consideradas básicas:

- a) adaptação às condições ecológicas da região;
- b) crescimento rápido e vida longa;
- c) folhagem que permite a filtração dos raios solares;
- d) sistema radicular não superficial e que não concorre com as raízes do cafeeiro;
- e) resistência a pragas e doenças;
- f) não é atrativo para pragas e doenças do cafezal;
- g) fuste ereto, sem perdas das folhas nos períodos de geadas e ventos frios.

QUEBRA-VENTOS

Quebra-ventos são barreiras constituídas de renques de árvores ou arbustos dispostos em direção perpendicular aos ventos dominantes (CAMARGO, 1985). Geralmente são utilizados para proteger as plantações do efeito mecânico dos ventos fortes, geadas e doenças. Os quebra-ventos são também barreiras significativas para impedir ou atenuar a colonização das culturas por insetos e ácaros, além de propiciar *habitat* para criar, preservar e mesmo aumentar a população de artrópodes benéficos.

O quebra-vento, como barreira física do vento, pode ser temporário como linhas de plantas de milho, sorgo, arroz etc. Se o quebra-vento tiver também a função de arborização e refúgio para inimigos naturais de pragas, deve ser do tipo permanente e a espécie a ser utilizada está em função

da cultura principal. Por exemplo, para cafezais, as plantas que podem ser utilizadas como quebra-vento são: grevêlea (*G. robusta*), abacateiro (*P. americana*), bananeira (*Musa* spp.), arália (*Polyscias paniculata*) etc.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É preciso mencionar que há vantagens e desvantagens no uso de cobertura vegetal do solo em associação com plantios perenes e anuais, variável entre as diferentes culturas, porém quase sempre as vantagens são maiores se consideradas a médio e longo prazos.

Algumas vantagens são:

- a) melhoria na estrutura do solo;
- b) infiltração e armazenamento de água;
- c) maior teor de matéria orgânica no solo;
- d) aumento na capacidade de retenção de cátions;
- e) redução na taxa de erosão do solo;
- f) aumento na diversidade e abundância de inimigos naturais de pragas etc.

Como desvantagens podem ser apontadas:

- a) aumento no uso de mão-de-obra em consequência da menor possibilidade de mecanização;
- b) competição entre a cultura principal e a cobertura vegetal do solo, por água e nutrientes;
- c) possibilidade do surgimento de pragas secundárias etc.

Em policultivos de espécies de ciclo anual, o efeito da competição interespecífica entre as plantas pode limitar os benefícios gerados. Isso é mais evidente em cultivos anuais, mas pode ser minimizado com manejo adequado, como a adoção do cultivo em faixas intercalares de duas ou mais espécies vegetais e a preservação de plantas invasoras nas margens do cultivo. O procedimento ideal certamente inclui a combinação racional das três táticas abordadas neste artigo.

Mesmo que haja redução de produtividade com a adoção das práticas preconizadas neste estudo, pode-se compensar com a redução nos custos devido à diminuição do uso de produtos fitossanitários ou fertilizantes. Com isso, os maiores beneficiários são, sem dúvida, o meio ambiente e o próprio agricultor no longo prazo.

O manejo da biodiversidade em nível da unidade de produção agrícola é um grande desafio. Comparando-se com o manejo convencional, pode significar mais trabalho, maior risco e incerteza, havendo contudo uma redução no uso de produtos fitossanitários e/ou fertilizantes.

Finalmente, entender e tirar vantagem de como a diversidade funciona em agroecossistemas, e não eliminá-la, é a única estratégia que conduz ao desenvolvimento com sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.A. **Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture**. Boulder, Colorado: Westview Press, 1987a. 227p.

_____. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York: Food Products Press, 1994a. 185p.

_____. The agroecosystem: determinants, resources and processes. In: _____. (Ed.). **Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture**. Boulder, Colorado: Westview Press, 1987b. p.29-45.

_____. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.74, p.19-31, 1999.

_____. The influence of adjacent habitats on insect populations in crop fields. In: _____. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York: Food Products Press, 1994b. p.109-129.

_____. Weeds may augment biological control of insects. **California Agriculture**, Okland, v.35, p.22-24, May/June. 1981.

_____; LETORNEAU, D.K. Vegetation management and biological control in agroecosystems. **Crop Protection**, Surrey, v.1, n.4, p.405-430, 1982.

_____; TODD, J.W. Some influence of vegetational diversity on insects communities of Georgia soybean fields. **Protection Ecology**, v.3, p.333-338, 1981.

_____; WHITCOMB, W.H. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. **Horticulture Science**, v.14, n.1, p.12-18, 1979.

ANDOW, D. Vegetational diversity and arthropod population response. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.36, p.561-586, 1991.

BREGONCI, I.S.; PELISSARI, S.A. Arborização, quebra-ventos e culturas intercalares. In: COSTA, E.B. (Coord.). **Manual técnico para a cultura do café no estado do Espírito Santo**, Vitória: SEAG-ES, 1995. p.63-67.

CAMARGO, A.P. de. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.13-26, jun. 1985.

CHIARADIA, L.A.; MILANEZ, J.M.; SOUZA, L.C. de. Caracterização, danos e alternativas para o controle do ácaro-da-leprose dos citros. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.13, n.2, p.15-19, jul. 2000.

COLLEY, M.R.; LUNA, J.M. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.29, n.5, p.1054-1059, 2000.

DELOACH, C.J. The effect of habitat diversity on predation. **Proceedings Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control**. Habitat Management, v.2, p.223-242, 1970.

DUELLI, P.; OBRIST, M.K.; SCHMATZ, D.R. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.74, p.33-64, 1999.

EMDEN, H.F. van. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. **Scientific Horticulture**, Kent, v.17, p.121-136, 1964.

FADINI, M.A.M.; REGINA, M. de A.; FRÁGUAS, J.C.; LOUZADA, J.N.C. Efeito da cobertura vegetal do solo sobre a abundância e diversidade de inimigos naturais de pragas em vinhedos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.573-576, dez. 2001.

FASSBENDER, H.W. **Modelos edafológicos de**

- los sistemas de producción agroforestales. 2.ed. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, 1993. 530p.
- FERNANDES, D. R. Manejo do cafezal. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.275-301.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. **Manual de entomologia agrícola**. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 649p.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653p.
- GODOY JUNIOR, C.; GRANER, E.A. Sombreamento dos cafezais: IV – resultados de mais de dois biênios 1963/1964 – 1965/1966. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.24, p.1-17, 1967.
- GRAFTON-CARDWELL, E.E.; OUYANG, Y.; BUGG, R.L. Leguminous cover crops to enhance population development of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae) in citrus. **Biological Control**, San Diego, v.16, p.73-80, 1999.
- GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.281-299, abr. 1992. Edição especial.
- _____; COLETTI, A.; YAMAMOTO, P. T. Influence of green cover with *Agerantum conyzoides* and *Eupatorium pauciflorum* on predatory and phytophagous mites in citrus. **Proceedings of International Society of Citriculture**, v.3, p.1259-1262, 1992.
- HILL, D.S. **The economic importance of insects**. London: Chapman & Hall, 1997. 395p.
- HORN, D.J. Effect of weedy backgrounds on colonization of collards by green peach aphid, *Myzus persicae*, and its major predators. **Environmental Entomology**, Lanham, v.10, p.285-555, 1981.
- LEWIS, W.J.; LENTEREN, J.C. van; PHATAK, S.C.; TUMLINSON, J.H. A total system approach to sustainable pest management. **Proceedings of the National Academy of Science**, v.94, p.12243-12248, 1997.
- MAC-ARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.
- MCMURTRY, J.A. Dynamics and potential impact of ‘generalist’ phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.14, p.371-382, 1992.
- _____; CROFT, B.A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.42, p.291-321, 1997.
- MACEDO, J.F.; MARTINS, R.P. Potencial da erva daninha *Waltheria americana* (Sterculiaceae) no manejo integrado de pragas e polinizadores: visitas de abelhas e vespas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Itabuna, v.27, n.1, p.29-40, 1998.
- MACHADO, R.M. Utilidades das plantas daninhas no manejo integrado das pragas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.150, p.33-35, 1988.
- MATIELLO, J.B. **Sistemas de produção na cafeicultura moderna**: tecnologias de plantio adensado, renque mecanizado, arborização e recuperação de cafezais. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1995. 102p.
- MING-DAU, H.; SIU-WUI, M.; SHV-XIN, L. Biological control of citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) in Guangdong Province. **Proceedings of International Society of Citriculture**, v.2, p.643-646, 1981.
- MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A. **A catalog of the mite family Phytoseiidae**: references to taxonomy, synonymy, distribution and habitat. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 353p.
- PARRA, J.R.P. O controle biológico aplicado e o manejo integrado de pragas. In: SIMPÓSIO DE AGRICULTURA ECOLÓGICA, 1., 1993, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1993. p.116-139.
- PASCHOAL, A.D. **Pragas, praguicidas e a crise ambiental**: problemas e soluções. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1979. 102p.
- PEREIRA, D.I.P.; SOUZA, J.C.; SANTA-CECÍLIA, L.V.; REIS, P.R.; SOUZA, M. A. Parasitismo de larvas de mosca-minadora, *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), pelo parasitóide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae), na cultura da batata com faixas de feijoeiro intercaladas. **Ciência e Agroecologia**, Lavras, v.2, n.5, p.955-963, set./out. 2002.
- PIMENTEL, D. Species diversity and insect population outbreaks. **Annals of the Entomological Society of America**, Maryland, v.54, p.76-86, 1961.
- PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Manejo de plantas daninhas e controle do ácaro da leprose. In: OLIVEIRA, C.A.L.; DONADIO, L.C. **Leprose dos citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. p.171-178.
- REICHERT, S.E.; LOCKLEY, T. Spiders as biological control agents. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.29, p.299-320, 1984.
- RINALDI, I.M.P. Aranhas o controle biológico de insetos: fatos e perspectivas. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS, 4., 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Biológico, 1995. p.155-177.
- ROOT, R. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs**, v.43, p.95-124, 1973.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ceres, 1976. 419p.
- SMITH, H.A.; MCSORLEY, R. Intercropping and pest management: a review of major concepts. **American Entomologist**, Baltimore, v.46, n.3, p.154-161, 2000.
- WALTER, D.E. Living on leaves: mites, tomenta, and leaf domatia. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.41, p.101-114, 1996.
- _____; O’DOWD, D.J. Leaf morphology and predators: effect of leaf domatia on the abundance of predatory mites (Acari: Phytoseiidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.21, n.3, p.478-484, 1992.
- ZACARIAS, M.S.; MORAES, G.J. Mite diversity (Arthropoda: Acari) on euphorbiaceous plants in three localities in the State of São Paulo. **Biota Neotropica**, São Paulo, v.2, n.2, p.1-12, 2002.
- _____; _____. Phytoseiid mites associated with rubber trees and other euphorbiaceous plants in southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n.4, p.579-586, 2001.

Ecologia e biodiversidade do solo no contexto da agroecologia

Heitor Luiz da Costa Coutinho¹

Mariella C. Uzêda²

Aluísio Granato de Andrade³

Sílvio Roberto de Lucena Tavares⁴

Resumo - Os aspectos da ecologia e da biodiversidade do solo no contexto da agroecologia são vários. Um modelo conceitual que explica os fatores determinantes da sustentabilidade, do ponto de vista ecológico e de produtividade, de sistemas de produção que se baseiam nos preceitos da agroecologia, é aqui descrito, assim como a influência e as relações existentes entre a biodiversidade do solo e esses fatores. Uma revisão dos componentes e funções da biodiversidade do solo é apresentada, preparando o leitor para uma análise dos impactos que o manejo agrícola das terras pode acarretar aos processos ecológicos do solo e, por outro lado, das possibilidades de manejo daquela biodiversidade e/ou de suas funções, visando otimizar os fatores determinantes da sustentabilidade de sistemas de produção agroecológicos. Por fim, é importante considerar o conhecimento tradicional do homem do campo no desenvolvimento de estratégias de manejo da biodiversidade do solo e analisar os cenários futuros e os desafios para lograr êxito na busca pela agricultura ecológica sustentável.

Palavras-chave: Agroecossistema; Ecossistema; Agricultura sustentável.

INTRODUÇÃO

Em muitos anos de esforços voltados para o aumento da produtividade agrícola, inúmeros sucessos foram alcançados, conferindo maior competitividade aos países produtores em um mercado globalizado e obtenção de relativa capitalização. Entretanto, junto com os ganhos produtivos vieram os problemas associados à degradação ambiental, principalmente devido à redução da qualidade do solo e disponibilidade de nutrientes, erosão e contaminação por metais pesados e pesticidas, levando ao comprometimento de aquíferos e dos índices produtivos conquistados.

Este artigo analisa, sob a ótica da agroecologia, as possibilidades que os conhecimentos acumulados sobre o solo, sua biodiversidade e funcionamento nos apontam, direcionando-os para o desenvolvimento de sistemas de produção que valorizam os processos biológicos fundamentais à produtividade agrícola sustentável.

AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas, publicou o Relatório Bruntland, no qual foi apresentada a definição mais aceita e adotada para o desenvol-

vimento sustentável: aquele “que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. O Relatório Bruntland, também conhecido como “Nosso Futuro Comum”, reafirma uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e ressalta os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas.

Este conceito foi então aplicado aos variados setores da economia global,

¹Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: heitor@cnps.embrapa.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof^a Instituto de Educação Superior UNYAHNA, Rua Bicuiba, Patamares, CEP 41680-440 Salvador-BA. Correio eletrônico: mariellauzêda@uol.com.br

³Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: aluísio@cnps.embrapa.br

⁴Eng^a Agr^a, M.Sc., Pesq. Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: stavares@cnps.embrapa.br

sendo inevitavelmente adotado pela agricultura. A sustentabilidade da agricultura tem sido definida, segundo a FAO (1989), como a capacidade de um sistema de produção de fibras, bioenergia ou alimento em:

- manter, no longo prazo, a qualidade e quantidade dos recursos naturais e a produtividade das culturas;
- minimizar os impactos adversos ao meio ambiente;
- prover retornos econômicos adequados aos produtores;
- otimizar a produção com um mínimo de insumos externos;
- satisfazer as necessidades humanas de alimentos e renda;
- atender às necessidades sociais das famílias e comunidades rurais.

O desenvolvimento da agricultura nos ambientes tropicais evoluiu às custas da deterioração progressiva dos recursos naturais, em função da perda da biodiversidade associada à remoção da vegetação original e conseqüente degradação do solo, em função da redução da fertilidade e aumento da erosão. A definição de um manejo sustentável requer o entendimento do funcionamento do ecossistema em resposta às práticas agrícolas utilizadas, tanto no que diz respeito à produção, quanto no que envolve o ambiente.

AGROECOLOGIA

A consolidação do conceito de agricultura sustentável fortaleceu o movimento favorável à agricultura ecológica, como aquela em condições de atender aos critérios de sustentabilidade na produção de alimentos. O novo paradigma incorpora a preocupação com a “saúde” das interações solo-água-plantas e busca maximizar as contribuições biológicas, minimizando as entradas energéticas no sistema, principalmente de pesticidas e adubos minerais solúveis.

A agroecologia é uma ciência híbrida, fruto da união da ecologia com a agronomia. Representa a fusão entre a ciência pura e a natureza, por um lado, e a ciência

aplicada e o esforço humano, por outro (GLIESSMAN, 2000). Tem como principal objetivo desenvolver formas de manejo agrícola que harmonizem a produção de alimentos com as estratégias vitais dos componentes bióticos do sistema, incluindo aí a espécie humana.

A agroecologia utiliza ferramentas e estratégias da ecologia de ecossistemas para estudar sistemas agrícolas, passando, então, a chamá-los agroecossistemas. Estes, segundo Odum (1984), diferem dos ecossistemas naturais por:

- necessitar de energia auxiliar, além da energia solar, para seu funcionamento (trabalho humano e animal, pesticidas, fertilizantes, maquinário);
- ter, na maioria dos casos, sua diversidade biológica reduzida, visando à maximização da produção;
- resultar de uma seleção artificial de espécies, que produz, via seleção natural subsequente, organismos dominantes no sistema (ex. monoculturas, pragas e doenças);
- ter um maior controle externo do que interno.

A agroecologia vem ganhando força nos últimos anos em virtude da evolução

da produção de alimentos orgânicos, que vem crescendo no mundo a taxas de 20% a 30% anualmente. No Brasil, a agroecologia ocupa uma área de 275 mil/ha, representando 2% da produção agrícola do país, e cresce a taxas de 50% ao ano (EPAGRI, 2003). O movimento agroecológico também tem influenciado a agricultura industrial, que vem adotando de maneira crescente o sistema de plantio direto (SPD), caracterizado pela eliminação das arações e gradagens e pela manutenção da cobertura do solo. Hoje, algo em torno de 12 milhões de hectares de terras brasileiras estão sob SPD, o que resultou em reduções significativas de perda de solo por erosão e o aporte de sedimentos aos nossos rios (LANDERS, 2001).

A produtividade e a manutenção da qualidade dos sistemas agroecológicos vão depender das interações entre quatro fatores básicos (Fig. 1):

- potencial genético das culturas;
- características pedoclimáticas;
- sincronia no tempo e no espaço entre a disponibilidade e a demanda nutricional das culturas;
- o equilíbrio ecológico entre os fatores bióticos e abióticos do agroecossistema (Fig. 1).

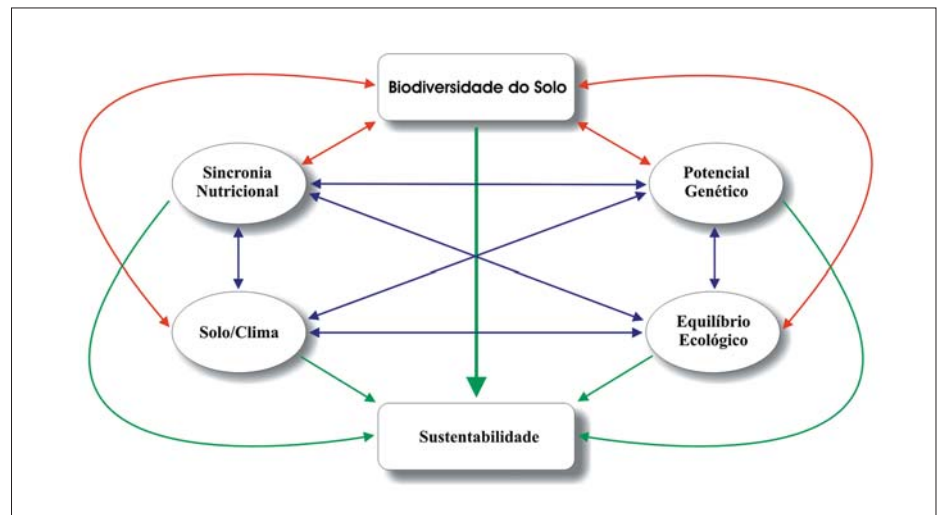


Figura 1 - Modelagem conceitual dos fatores intervinientes na produtividade sustentável de sistemas de produção agroecológicos e suas relações com a biodiversidade do solo

É importante lembrar que a maior parte das trocas de energia, entradas e saídas de matéria de um ecossistema, seja ele natural ou agrícola, ocorre através do solo. A sua biodiversidade é um dos primeiros componentes a afetar e a ser afetado pelos fatores mencionados. A biodiversidade do solo tem, portanto, fundamental importância para o estabelecimento de uma produtividade sustentável nos sistemas agroecológicos.

Potencial genético das culturas

As variedades de culturas agrícolas desenvolvidas pelas empresas e instituições de pesquisa agropecuárias têm um potencial produtivo definido por suas características genéticas e condições do meio onde são cultivadas. Na maior parte dos casos, este potencial é determinado em ensaios controlados, realizados em campos experimentais, e não é alcançado nas fazendas e outras unidades produtivas. Isto porque, em condições reais de campo, é muito difícil garantir a uniformidade genética das sementes, a homogeneidade da aplicação de adubos e da disponibilidade de água e nutrientes às plantas, e a ação de organismos do solo que interfiram no desempenho dessas plantas melhoradas. Estes podem ter efeito positivo ou negativo sobre o potencial produtivo das culturas. Por exemplo, as variedades de soja brasileiras são desenvolvidas levando-se em consideração sua capacidade de associar-se simbioticamente com bactérias fixadoras de nitrogênio do grupo dos rizóbios. Se estas não se encontram no solo e não são inoculadas no plantio, o potencial genético de produção dificilmente será alcançado. Fatores abióticos também podem afetar a nodulação e a fixação biológica de nitrogênio na soja, como temperatura, umidade, presença de nitrato no solo, e assim comprometer o potencial produtivo da variedade melhorada. Um exemplo de efeito negativo à produção causado por organismos de solo, ainda referente à cultura da soja, é o aparecimento de nematóides fitófagos em sistemas de monocultura sem rotação, impedindo a cultura de alcançar seu potencial genético.

Características pedoclimáticas

A adequação de sistemas de produção à aptidão agrícola das terras é condição fundamental para o sucesso de sistemas agroecológicos. A aptidão agrícola é determinada por uma conjugação de fatores ambientais – solo, clima, topografia – que indicam se determinada área deve ser ocupada por lavouras anuais, pastagens, lavouras perenes, atividades florestais, ou simplesmente deixada sem ocupação. Este fator também é influenciado pela ação de organismos do solo, uma vez que estes são determinantes para o processo de formação de solos (pedogênese). A biodiversidade do solo também interfere no clima, devido às suas atuações na produção de gases associados às mudanças climáticas globais, como o metano e óxidos nitrosos, e no sequestro de carbono.

Nutrição das plantas

Este fator talvez seja o mais relevante para a sustentabilidade de sistemas de produção agroecológicos. Para que a necessidade de adubação química seja minimizada, as culturas devem contar, o máximo possível, com nutrientes provenientes da decomposição de resíduos de tecidos vegetais de culturas anteriormente plantadas ou consorciadas, e com simbioses, que permitam o alcance de fontes de nutrientes antes inacessíveis. O ideal é que a maior disponibilização de nutrientes se dê nos momentos de maior exigência nutricional das plantas, normalmente nas fases inicial de crescimento e de frutificação e/ou amadurecimento de grãos. Esta sincronia dependerá da quantidade e qualidade dos resíduos vegetais em decomposição, da estrutura e da atividade das comunidades de organismos de solo decompositores, das condições pedoclimáticas e das características fisiológicas e morfológicas das plantas. A consolidação do paradigma agroecológico na agricultura e da busca pela sustentabilidade abriu novas frentes para a pesquisa, sendo uma delas o desenvolvimento de tecnologia de manejo da biodiversidade do solo visando otimizar o aporte de nutrientes da biomassa para as culturas agrícolas, e o

seu retorno ao solo, via decomposição da matéria orgânica e estoque nutricional na biomassa microbiana. Nos sistemas agrícolas convencionais, o aporte de matéria orgânica é reduzido, e a simplificação do sistema prejudica as associações simbióticas, aumentando a dependência por insumos químicos. Esta linha de pesquisa ainda está em fase de aquisição dos conhecimentos básicos necessários para modelar, no espaço e no tempo, a dinâmica dos processos ecológicos no solo e realizar estudos de cenários, para então poder testar tecnologias de manejo cultural.

Equilíbrio ecológico

Ambientes naturais não têm problemas de pragas ou doenças que comprometam significativamente o ecossistema. Uma floresta em estado de equilíbrio não deixa de existir em função de um ataque de uma espécie de lagarta ou algum fungo parasita. Este equilíbrio resulta das cadeias tróficas e interações que regulam os ecossistemas. Microrganismos fitopatogênicos costumam ter especificidade hospedeira, ou seja, não infectam todas as espécies. Esta especificidade pode ser bastante alta, a ponto de apenas algumas subespécies de plantas serem hospedeiras de determinada estirpe de fitopatógeno. Da mesma forma, a maioria dos insetos fitófagos tem preferência alimentar, e não consomem todas as espécies de plantas. Ademais, ocupam posição intermediária nas cadeias tróficas, isto é, têm inimigos naturais que tratam de manter suas populações em níveis controlados. Já no ambiente agrícola, a destruição do *habitat* original resulta no desaparecimento de grande número de espécies, o que compromete interações ecológicas, além de causar ruptura do equilíbrio das cadeias tróficas. Isto, aliado à oferta de grandes quantidades de alimento preferencial para determinados organismos, fato agravado nas monoculturas, leva ao surgimento das pragas e doenças. Quanto maior o equilíbrio ecológico de um agroecossistema, ou seja, cadeias tróficas estruturalmente íntegras, com grande quantidade de indivíduos representantes de diferentes categorias funcionais

garantindo as interações, e fisiologicamente ativas, menor será a necessidade de aplicações de pesticidas. Evidentemente que este equilíbrio só poderá ser alcançado com o aumento da agrobiodiversidade, ou seja, da riqueza e abundância de espécies presentes no sistema de produção.

BIODIVERSIDADE DO SOLO

O solo, por apresentar formas muito sutis de vida que desenvolvem processos de maneiras pouco evidentes, frequentemente é visto como uma base físico/química para o que seria a parte verdadeiramente viva do sistema. Entretanto, essa “caixa-preta” vem sendo gradativamente desvendada e, atualmente, o solo já passa a ser entendido como um complexo de seres vivos e materiais minerais e orgânicos, cujas interações resultam em suas propriedades específicas (estrutura, fertilidade, matéria orgânica, capacidade de troca iônica etc.). Os organismos do solo não são apenas seus habitantes, mas também seus componentes e construtores. A biodiversidade e a atividade biológica estão estreita e diretamente relacionadas com as funções e características essenciais para a manutenção da capacidade produtiva e da qualidade dos solos e ecossistemas a eles relacionados.

A seguir serão descritas algumas destas funções essenciais.

Gênese dos solos (pedogênese)

Sem os organismos, os solos não seriam formados. A intemperização físico-química das rochas matrizes por si só resultaria em terrenos sem nenhuma fertilidade, visto que há necessidade de nitrogênio e esqueletos de carbono para que a vida se estabeleça. As algas são tidas como colonizadores primários do solo, pela sua capacidade de fixar carbono e nitrogênio da atmosfera através dos processos de fotossíntese e fixação biológica de nitrogênio, respectivamente. A partir daí, fungos e bactérias terão recursos para se desenvolver e liberar nutrientes dos minerais do solo, como o fósforo, cálcio e ferro. O solo forma-

do, havendo a disponibilidade de água, permitirá o crescimento de plantas que, ao serem decompostas, gerarão matéria orgânica. Esta reterá nutrientes, liberando-os lentamente para os próximos colonizadores. Esta maneira simplificada de apreender o processo de pedogênese, do ponto de vista biológico, ilustra a importância da biodiversidade para a formação dos solos.

Estrutura de solos e bioturbação

O grau de porosidade e agregação de solos é determinado fortemente pela diversidade de sua macrofauna. A atividade de raízes, formigas, cupins e minhocas geram canais, poros e agregados que terão forte influência no transporte de gases e água no solo. A estabilidade dos agregados também é influenciada pela produção de açúcares, gomas e outras moléculas por microrganismos do solo.

Matéria orgânica, capacidade de retenção e estoque de nutrientes

Os organismos formam a chamada matéria orgânica viva do solo. Quanto maior a biomassa de um solo, maior o seu potencial de estoque de nutrientes através do acúmulo destes nas células microbianas. Os nutrientes são liberados conforme degradação das células, devido à morte ou predação por outros organismos.

Ciclagem de nutrientes

A decomposição da matéria orgânica resulta na quebra dos compostos orgânicos e liberação de elementos essenciais que estão presentes nas moléculas dos tecidos vegetais e animais. Antes da ação dos microrganismos, a matéria orgânica é atacada por ácaros, minhocas e cupins que trituram os resíduos e dispersam propágulos microbianos, facilitando a ação destes na mineralização do carbono. Pequenos predadores, como os protozoários e nematóides, regulam a atividade dos microrganismos. O ataque predatório mantém as populações microbianas jovens e com atividade metabólica alta. O nitrogênio é fixado biologi-

camente por bactérias do solo, que reduzem a forma gasosa presente na atmosfera para amônio, íon assimilável pelas plantas. O fósforo está normalmente presente nos solos tropicais em formas químicas indisponíveis. Microrganismos podem solubilizar fosfatos (bactérias) ou transportá-los para a planta (fungos micorrízicos). Praticamente todos os nutrientes necessitam da ação de microrganismos em alguma fase de seus ciclos.

Biodegradação de xenobióticos

A ação heterotrófica dos microrganismos nos fornece serviços de extrema importância, como a degradação de compostos tóxicos à natureza e ao homem. Agrotóxicos, resíduos industriais, compostos aromáticos e combustíveis podem ser degradados no solo por espécies capazes de quebrar as ligações químicas destes compostos. Em alguns casos, os compostos resultantes da degradação microbiana são mais tóxicos que a molécula original. Em outras situações, os microrganismos são capazes de mineralizar totalmente o composto tóxico.

Controle biológico

O controle de pragas e doenças é decorrência da atividade agrícola e só é aplicável em ecossistemas manejados pelo homem. Tais sistemas têm, por via de regra, biodiversidade consideravelmente reduzida em relação aos sistemas naturais, donde se conclui que o controle natural dos problemas fitossanitários é feito pela biodiversidade e seu equilíbrio ecológico.

COMPOSIÇÃO DA BIODIVERSIDADE DO SOLO

A biodiversidade de solos é composta por organismos com variadas funções, tamanhos e preferências de *habitat*. No entanto, todos estão interligados por cadeias tróficas e relações de dependência funcional.

O Quadro 1 relaciona os principais grupos de organismos do solo e suas respectivas funções. Note-se que muitos pro-

QUADRO 1 - Principais grupos de organismos do solo e suas funções

Grupos de organismos	Funções
Bactérias de vida livre	Imobilização e mineralização de elementos; associações mutualísticas intestinais; alimento para predadores; gênese de biofilmes; promoção de crescimento de plantas; auxiliares de associações micorrízicas; patógenos de plantas; parasitas e patógenos de animais do solo; síntese de material húmico; agregação do solo; decomposição de agroquímicos e xenobióticos.
Rizóbios	Oferecem vantagem competitiva às plantas através da fixação biológica de nitrogênio; alimento para nematóides e outros animais rizófagos.
Fungos não-micorrízicos	Imobilização e mineralização de elementos; associações mutualísticas e comensais; alimento para artrópodos, protozoários e nematóides predadores, além de alguns fungos; redistribuição de nutrientes; condicionamento de detritos; parasitas de artrópodos e nematóides; síntese de material húmico; agregação do solo; decomposição de agroquímicos e xenobióticos.
Fungos micorrízicos	Oferecem vantagem competitiva às plantas através dos seguintes mecanismos: intermediação do transporte de elementos essenciais e água do solo para as raízes; intermediação do movimento entre plantas de elementos essenciais e carboidratos; sequestro de elementos essenciais indisponíveis para as plantas; regulação do processo de fotossíntese das plantas.
Protozoários	Predadores de bactérias e fungos; estimulam o crescimento microbiano; aumentam a disponibilidade de C e N aos níveis tróficos superiores; alimento para nematóides e mesofauna; hospedeiros de patógenos bacterianos; parasitas de organismos superiores.
Nematóides	Predadores de bactérias e fungos; aumentam a disponibilidade de C e N aos níveis tróficos superiores; dispersão de bactérias e fungos; herbívoros de raízes e parasitas de plantas; parasitas e predadores de microfauna, mesofauna e insetos; alimento para meso e macrofauna.
Ácaros	Predadores de bactérias, fungos, nematóides e insetos; consomem resíduos de plantas e carcassas de animais; herbívoros de raízes, dispersão de microrganismos; dispersão e vetores de parasitas helmínticos; hospedeiros de protozoários parasitas; parasitas e parasitóides de insetos e outros artrópodes; alimento para macrofauna; construção de microecossistemas.
Insetos em geral	Predadores de microrganismos da rizosfera e de outros organismos do solo; dispersão de microrganismos; decompositores de materiais vegetal e animal.
Insetos rizófagos	Modificação da performance das plantas
Insetos (Collembola)	Predadores de microflora e microfauna, principalmente na rizosfera; consumo de resíduos de planta e carcassas de animais; micropredadores de nematóides, tardígrades e rotíferos; dispersão de microrganismos; dispersão de parasitas helmínticos e cestódicos; hospedeiros de parasitas; alimento para macrofauna; construção de microecossistemas.
Insetos (formigas e cupins)	Bioturbadores; estimulam o crescimento microbiano; espécies-chave para fauna e plantas associadas a formigueiros e cupinzeiros.
Enquitrádeos	Fragmentação de resíduos de plantas; estimulam o crescimento microbiano; bioturbadores; dispersão de microrganismos.
Minhocas	Bioturbadores; estimulam o crescimento microbiano; dispersão de microrganismos e algas; hospedeiros de protozoários e outros parasitas.

FONTE: Brussaard et al. (1997).

cessos dependem de organismos taxonomicamente bastante distintos, da mesma maneira que um mesmo grupo de organismos pode desempenhar uma gama variada de funções. O entendimento desta biodiversidade, suas inter-relações intrínsecas e o grau de ameaça derivada das atividades antrópicas são desafios para a Ciência.

Os principais grupos taxonômicos do solo apresentam uma alta diversidade de espécies, que variam conforme o tipo de solo, o regime hídrico e climático, e a forma de uso e manejo do solo. Por via de regra, o número de espécies conhecidas e descritas na literatura é significativamente menor do que o real, em virtude das dificuldades inerentes à identificação de espécies, principalmente dos microrganismos, cuja maioria não é cultivável em laboratório e tampouco pode ser diferenciada morfológicamente.

A biodiversidade do solo pode ser classificada de acordo com seu tamanho médio, em macro, meso e microfauna.

Macrofauna

Insetos

Os insetos de solos em ecossistemas naturais têm sido muito pouco estudados. Os cupins são os principais decompositores na maioria dos ecossistemas terrestres tropicais, sendo responsáveis por até 30% da produção primária líquida e de até 60% da digestão de liteiras. As formigas podem ser predadoras, herbívoras ou gránívoras e bioturbadoras (revolvimento e produção de canais), acarretando em alterações nas propriedades física e química dos solos.

A ação dos cupins e formigas resulta num aumento da macroporosidade e da capacidade de infiltração dos solos, que traz benefícios tanto para a retenção de água quanto para a produtividade dos solos.

Minhocas

A diversidade de espécies de minhocas é determinada pelo tipo de solo e pela qualidade da matéria orgânica, teor de nutrientes e pelo grau de distúrbio causado pelo homem. Estes fatores são mais determi-

nantes para a diversidade de minhocas do que para a diversidade de plantas.

Mesofauna

Ácaros

Os ácaros são o grupo de artrópodos de maior diversidade, sendo conhecidas em torno de 45 mil espécies no mundo, o que reflete nos hábitos alimentares. Estes animais consomem desde tecidos vegetais até bactérias, dependendo da espécie.

Collembola

Collembola são pequenos insetos sem asas, diferenciados em grupos ecomorfológicos de ocorrência específica em diferentes horizontes do solo. A maior parte é altamente especializada na predação de fungos, bactérias, actinomicetos e algas do solo.

Enquiteídeos

Ainda pouco conhecidos, os enquiteídeos (Oligocheta, Anelida) são parentes das minhocas. Por seu tamanho reduzido, distribuem-se nos microporos do solo, revolvendo-o. Influenciam na estruturação e ciclagem de nutrientes, atuam na trituração da matéria orgânica do solo e são predadores de fungos e bactérias.

Microfauna

Protozoários

Juntamente com os nematóides, os protozoários são os principais predadores de microrganismos dos ecossistemas terrestres. Os protozoários poderiam ser classificados de acordo com sua preferência alimentar (bactérias ou fungos), preferência de *habitat* (acidófilo ou neutrófilo) ou importância ecológica. Alterações na diversidade de protozoários poderiam ser relacionadas com as mudanças nos processos ecológicos do ecossistema.

Nematóides

Os nematóides do solo são seres microscópicos que vivem nas películas de água formadas ao redor de partículas do solo. Estima-se que mais de 100 mil espécies de nematóides do solo ainda estão para

ser descritas. Estes animais são muito importantes para as cadeias tróficas de todos os solos. As espécies mais conhecidas de nematóides são as de parasitas de plantas de interesse agrícola, uma vez que causam redução da produtividade das culturas. Um maior esforço e incentivo deveria ser dado a pesquisas que visam à descrição e conhecimento das espécies de nematóides de vida livre no solo.

Microrganismos

Bactérias

As bactérias são muito importantes nos processos de ciclagem de nutrientes. Os elementos químicos mais importantes, cuja circulação na natureza depende da ação de bactérias dos solos, e os grupos funcionais que atuam nestas transformações são (BRUSSAARD et al., 1997):

- a) carbono: autótrofos, heterótrofos, metanótrofos, metilótrofos, metanogênicos;
- b) hidrogênio: oxidantes de H₂, produtores de H₂, oxidantes de butirato, oxidantes de propionato;
- c) nitrogênio: fixadores de N₂, desnitrificadores, nitrificadores, redutores dissimilatórios de nitrato para amônia, mineralizadores, imobilizadores;
- d) enxofre: oxidantes de enxofre, redutores de sulfato;
- e) ferro: oxidantes de Fe²⁺, redutores de Fe³⁺;
- f) fósforo: solubilizadores de fosfatos.

Um grande número de espécies de bactérias vive na rizosfera, ambiente produzido pela interação solo-raízes. Sobrevivem decompondo resíduos de compostos orgânicos exsudados pelas raízes. Algumas espécies de bactérias de rizosfera produzem substâncias que estimulam o crescimento das plantas, enquanto outras induzem a uma maior absorção de nutrientes. Estas espécies são chamadas bactérias promotoras de crescimento. Outras têm uma relação de alta especificidade com a planta

hospedeira, como os rizóbios, que colonizam nódulos produzidos pelas raízes de leguminosas, onde promovem a fixação biológica de nitrogênio e possibilitam o crescimento das plantas em solos degradados e inférteis.

Fungos

Os fungos envolvem-se em inúmeras relações mutualistas, amensais, comensais e competitivas com outros organismos do solo. Os fungos micorrízicos são comuns em todo o mundo, porém apenas as espécies associadas a plantas de interesse agrícola foram estudadas de maneira adequada. Estes organismos deveriam receber uma prioridade dos micologistas, uma vez que a perda de espécies de plantas, devido à destruição de *habitats*, pode resultar em perdas de espécies fúngicas ainda não conhecidas e com potencial tecnológico a ser explorado.

O USO DA TERRA E SEUS IMPACTOS SOBRE OS PROCESSOS ECOLÓGICOS E A BIODIVERSIDADE DO SOLO

Os solos e seus organismos podem ser afetados pela maneira como o homem cuida deste recurso natural. A atividade agrícola predatória, o desmatamento exacerbado, a poluição e as mudanças globais podem acarretar conseqüências nefastas para o solo e sua biodiversidade, tais como:

- a) perda do potencial de produção agrícola;
- b) redução das taxas de aporte e decomposição da matéria orgânica;
- c) ruptura ou alterações nos ciclos globais de nutrientes;
- d) aumento das emissões de gases causadores do efeito estufa;
- e) degradação de terras, erosão e desertificação.

A atividade agrícola, principalmente a agricultura pós-industrial, tem levado a uma redução da biodiversidade, a começar pela transição de terra nativa, com muitas espécies de plantas e animais em equilíbrio

ecológico, para terra agrícola, onde predominam menos espécies e em desequilíbrio. Muito provavelmente ocorre também uma redução da biodiversidade do solo, resultante da:

- a) perda de espécies vegetais cujas raízes representam fonte de energia para microrganismos específicos da rizosfera que, por sua vez, seriam decompostos por outros organismos, formando a cadeia trófica;
- b) degradação física do solo, com perda dos microambientes associados aos espaços intra e interagregados;
- c) aplicação de agroquímicos.

Este processo pode ser bastante acentuado em sistemas de monocultura com uso intenso de pesticidas, principalmente inseticidas de solo (nematicidas) e fungicidas. Processos vitais como a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, entre outros, podem sofrer impactos elevados, levando à maior dependência por fertilizantes.

Nos ecossistemas naturais e agrícolas é comum a redundância de espécies no cumprimento de uma única função. Entretanto, é pouco provável encontrar duas espécies que cumpram o mesmo conjunto de funções a elas atribuído. Devemos também levar em consideração que organismos de mesma função podem possuir diferentes tolerâncias ambientais, necessidades fisiológicas e *habitats* preferenciais. Portanto, organismos que possuem uma ou mais funções em comum podem desempenhar papéis diferentes, e uma maior diversidade concederia ao ecossistema maior capacidade de absorver ou recuperar de impactos. Neste caso, uma vez que os princípios de funcionamento de um ecossistema agrícola são muito semelhantes aos de um ecossistema natural, seria bastante fácil concluir que quanto mais diversificado for um agroecossistema, maior será sua capacidade de superar situações de estresse (falta d'água, falta de nutrientes etc.).

Os agroecossistemas devem ser palco

de esforços de pesquisa para avaliar qual o impacto das diferentes práticas agrícolas na biodiversidade do solo, particularmente da pedobiota envolvida em processos vitais, como a fixação de nitrogênio, degradação de compostos lignocelulolíticos, solubilização de fosfatos, estruturação e revolvimento do solo, e distribuição da matéria orgânica entre os diferentes horizontes. Consideramos que sistemas agroecológicos, que produzam menor impacto na biodiversidade do solo, oferecem um maior grau de sustentabilidade à produção agrícola que sistemas convencionais de produção, fortemente dependentes de pesticidas e fertilizantes solúveis.

MANEJO DA BIODIVERSIDADE DO SOLO NA AGROECOLOGIA

Os processos ecológicos do solo podem ser otimizados através de manejo agroecológico dos sistemas de produção. A pesquisa agropecuária e, principalmente, os produtores brasileiros vêm desenvolvendo, com base científica ou empírica, tecnologias alternativas visando à sustentabilidade da agricultura.

Decomposição da matéria orgânica e mineralização de nutrientes

O manejo da decomposição da matéria orgânica do solo visando à regulação, no espaço e no tempo, da liberação de nutrientes requer ainda substanciais avanços no conhecimento científico. Esta tem sido uma das principais demandas de pesquisa identificadas por produtores que adotam o sistema de plantio direto para o cultivo de grãos (milho, soja e trigo).

Experiências realizadas de forma empírica por produtores vêm dando resultados promissores. Um exemplo é o Sistema Agroflorestal Regenerativo e Análogo (Safra), desenvolvido na Mata Atlântica do Sul da Bahia, pelo produtor rural Ernst Gosch (SCHULZ et al., 1994). Este sistema baseia-se em policultivo manejado com podas, sem remoção de material vegetal do sistema, e no consórcio de espécies florestais, arbustivas, lavouras anuais e culturas

perenes. A seleção das espécies que compõem o sistema resulta da observação dos processos sucessionais em fragmentos de florestas e capoeiras na região. Assim, através de manejo da matéria-prima do processo de decomposição de matéria orgânica, ou seja, das plantas, procura-se manter o equilíbrio ecológico, as características pedoambientais e a sincronia na liberação de nutrientes existentes no ecossistema natural.

A adição de microrganismos, visando otimizar o processo de decomposição de matéria orgânica e liberação de nutrientes, é uma alternativa de manejo e já vem sendo aplicada com sucesso por alguns produtores. Os *effective microorganisms* (EM) são um coquetel de microrganismos condicionadores do solo contendo espécies originadas da fermentação de alimentos (cerveja, iogurtes e pasta de soja), incluindo populações de bactérias ácido lácticas, fotossintéticas, actinomicetos e leveduras, que aceleram a decomposição de matéria orgânica e a mineralização de nutrientes (VALARINI et al., 2002).

Espera-se um grande desenvolvimento desta área de pesquisa nos próximos anos e o aprimoramento da tecnologia de inoculações biológicas aos solos agrícolas.

Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) talvez seja o processo microbiano relacionado com a agricultura mais bem estudado e explorado tecnologicamente. A FBN é mediada por uma ampla gama de microrganismos procarióticos, incluindo cianobactérias e bactérias gram-positivas e gram-negativas. A inoculação de sementes de leguminosas com bactérias diazotróficas é prática comum em vários países. No Brasil, a inoculação da soja com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* ou *B. elkanii* propicia uma economia da ordem de US\$2 bilhões anuais em fertilizantes nitrogenados (ALVES et al, no prelo). Além dos benefícios econômicos, a redução nas aplicações destes fertilizantes leva a uma melhoria da qualidade ambiental, com menor aporte de nitratos

para as águas superficiais e subterrâneas. A FBN também já foi verificada em diversas espécies isoladas de raízes e caules de gramíneas (milho, cana-de-açúcar, arroz etc.), da superfície de raízes (rizoplane) e da rizosfera. Para otimizar o processo de FBN, adubos nitrogenados solúveis devem ser evitados, pois inibem a nodulação e a fixação de nitrogênio. A maximização das contribuições da FBN nos agroecossistemas tornou-se parte integrante dos esforços de pesquisa que visam à sustentabilidade das produções agrícolas e, particularmente, da agroecologia. A adubação verde com leguminosas é uma prática com base em FBN que visa à melhoria da fertilidade do solo para as culturas posteriores.

Associações micorrízicas

Micorrizas são definidas como associações entre fungos e raízes de plantas. A colonização das raízes pelos fungos resulta num aumento da superfície de absorção de nutrientes, principalmente o fósforo e a água pelas plantas. Nos solos brasileiros, deficientes em fósforo, as micorrizas têm um papel fundamental a desempenhar, tanto em ambientes agrícolas quanto em ecossistemas naturais. São várias as culturas agrícolas que se beneficiam das associações micorrízicas, com destaque para as frutíferas como banana e coco. A otimização do benefício desta associação pode-se dar de duas formas: inoculação e manejo das populações presentes no solo. O maior empecilho para a inoculação em larga escala de fungos micorrízicos é a falta de produtos comerciais. Já para a produção de mudas de culturas perenes em viveiros, como café, citros e leguminosas arbóreas utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas, a inoculação tem-se mostrado viável. Práticas de manejo que devem ser seguidas em sistemas de produção agroecológicos para maximizar a contribuição das associações micorrízicas segundo Moreira e Siqueira (2002) incluem:

- a) fazer rotação de culturas e consórcios que incluam espécies de plantas multiplicadoras de propágulos;

- b) reduzir as aplicações de adubos solúveis ao mínimo necessário;
- c) priorizar fontes não solúveis de fósforo (a micorrização é inibida por fosfato na solução do solo);
- d) reduzir ao mínimo a aplicação de pesticidas, principalmente os fungicidas.

Seqüestro de carbono e conservação da matéria orgânica

A necessidade da humanidade em reduzir os níveis de CO₂ na atmosfera fez surgir o Protocolo de Kyoto, que estabelece metas para redução das emissões de gases por parte dos países industrializados. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo foi proposto pelo governo brasileiro como forma de as indústrias poluidoras reduzirem seus passivos ambientais através do financiamento de projetos, conduzidos nos países em desenvolvimento, que comprovadamente resultem em fixação de carbono na biomassa viva (vegetação e microrganismos do solo) ou morta (matéria orgânica do solo). O último Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), realizado em abril de 2002, já considerava o solo como potencial sequestrador de carbono e previa que solos e florestas poderiam vir a sequestrar até 40% do carbono oriundo da atividade humana. Com isso, abre-se uma frente de pesquisas promissoras para o desenvolvimento de tecnologia de manejo da biodiversidade do solo em sistemas agroecológicos que resultem em maiores quantidades de carbono fixado no solo, estabilizado na forma de matéria orgânica.

Bioturbação (estrutura do solo e formação de agregados)

Elementos da fauna do solo são exímios engenheiros do ecossistema, atuando na formação de canais, favorecendo a estrutura do solo e redistribuindo matéria orgânica ao longo do seu perfil. Alguns trabalhos relatam a introdução de minhocas nos sistemas de produção, resultando em

aumento da produtividade e manutenção da qualidade do solo (PASHANASI et al., 1996). Entretanto, estes organismos atuam em equipe, com diferentes espécies atuando de forma complementar, ocupando diferentes nichos e permitindo o equilíbrio do ecossistema. Recentes trabalhos em solos da Amazônia relataram aumento na compactação de solos ocupados por pastagens, associado à ocorrência de uma só espécie de minhoca. Estudos posteriores mostraram que, quando monólitos deste solo compactado eram introduzidos na floresta, algumas espécies de cupins atuavam revertendo o processo de compactação (BARROS et al., 2002). Estes resultados causam um certo alento, pois demonstram a capacidade de regeneração da qualidade do solo pela ação da pedobiota, e ressaltam a necessidade de pesquisas sobre o seu manejo em diferentes agroecossistemas.

A DIMENSÃO HUMANA DOS AGROECOSSISTEMAS E SUA INTERFERÊNCIA SOBRE A BIODIVERSIDADE DO SOLO

Um dos principais elementos que diferencia agroecossistemas de ecossistemas naturais é o fato de serem criados pelos homens para atender prioritariamente às suas necessidades. Portanto, sua construção e condução são reflexos da cultura de quem os criou e conduz. A simplificação cultural é característica dos sistemas agrícolas europeus. Durante o colonialismo, este modelo foi exportado para todo o mundo, de maneira que a maior parte dos agroecossistemas estão restritos ao cultivo de poucas espécies, e cada sistema produtivo é dominado por apenas uma só variedade de planta cultivada. Apesar de existir cerca de 7 mil variedades de plantas cultiváveis disponíveis, 90% dos alimentos do mundo vêm de apenas 30% delas. Mais da metade de todas as áreas cultivadas no planeta são plantadas com arroz, milho e trigo.

Uma pesquisa relatada por Gervásio e Schindwein (2001) descreve a maestria dos índios caiapós ao manejarem o ecossistema

amazônico para o estabelecimento de suas roças, respeitando as estruturas espacial e temporal do ecossistema e algumas vezes ampliando a diversidade. Estes princípios de aproveitamento otimizado dos microclimas e nichos existentes são hoje os principais fundamentos dos Sistemas Agroflorestais (SAFs), cujas bases foram herdadas de uma concepção de ambiente bastante distinta da ocidental.

Ainda hoje, em todo o Brasil, são encontradas formas muito particulares de cultivo e convívio com a natureza, fruto de um aprendizado aprofundado, que têm permitido a sobrevivência de muitas comunidades e a manutenção da qualidade do solo. Silveira et al. (2002) descrevem inúmeras experiências de recriação tecnológica a partir do conhecimento do sertanejo e suas estratégias de resistência à seca, apontando para o enorme potencial, ainda pouco considerado, do “saber ambiental” das comunidades agrícolas.

CENÁRIOS FUTUROS E DESAFIOS

O desvendar da “caixa-preta” que era o solo, aliado à abordagem agroecológica, aponta para oportunidades de delineamento de sistemas de produção mais sustentáveis. Os princípios da agroecologia, fundamentados na ecologia e biodiversidade do solo, que poderão gerar grandes avanços tecnológicos são:

- conservação de alta diversidade funcional dos organismos do solo;
- priorização de sistemas que possibilitem maior acúmulo de biomassa, aporte de matéria orgânica e retenção de nutrientes no solo;
- diversificação dos usos do solo (agro-biodiversidade e agricultura multifuncional).

A gestão participativa dos recursos híbridos, as práticas orgânicas de cultivo e sua associação a programas de certificações de qualidade ambiental, práticas vegetativas de baixo custo para a recuperação de áreas degradadas, e a expansão do siste-

ma de plantio direto, agroflorestais e agrosilvipastoris, são apenas algumas das muitas vertentes a serem beneficiadas dentro deste cenário de descobertas que a associação entre a agroecologia e a ecologia do solo faz surgir.

Entretanto, é importante lembrar que para superar os problemas ambientais causados pela agricultura convencional, faz-se necessária uma mudança na relação entre o homem e a natureza e sua vertente historicamente produtivista. Será determinante também que a relação sociocultural entre os homens permita que o saber popular ocupe seu espaço no ambiente acadêmico, e que esta valorosa fonte de conhecimento seja agregada aos protocolos de pesquisa, ampliando o potencial ambiental do conhecimento das comunidades locais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B.J.F.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, The Hague. No prelo.
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R. Effects of land use system on the soil macrofauna in Western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.35, p.338-347, 2002.
- BRUSSAARD, L.; BEHAN-PELLETIER, V.M.; BIGNELL, D.E. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. **Ambio**, Stockholm, v.26, p.563-570, 1997.
- EPAGRI. **A Agroecologia no mundo, Brasil e Santa Catarina**. Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://www.epagri.rct-sc.br/agroecologia/agroecologia_sc.html>. Acesso em 2003.
- FAO. **Sustainable agriculture production: implications of international agricultural research**. Rome, 1989. 131p. (FAO Research and Technology Paper, 4).
- GERVÁSIO, P.; SCHLINDWEIN, S.L. Agricultura sustentável ou (re)construção do significado de agricultura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.2, n.3, p.44-52, jul./set. 2001.

GLIESSMAN, S.R. A história da agroecologia. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE ECOLOGIA, 1.; SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE ECOLOGIA, 2.; ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA EM AGROECOLOGIA, 2., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.51-52.

LANDERS, J.N. Zero tillage development in tropical Brazil: the history of a successful NGO activity. Rome: FAO, 2001. 57p. (FAO. Agricultural Services Bulletin, 147).

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

ODUM, E. Properties of agro-ecosystems. In: LOWRANCE, R.; STINNER, B.R.; HOUSE, G.J. (Ed.). **Agricultural ecosystems: unifying concepts**. New York: J. Wiley, 1984. p.5-11.

PASHANASI, B.; LAVELLE, P.; ALEGRE, J.; CHARPENTIER, F. Effect of inoculation with the endogeic earthworm *Pontocolex corethrurus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low-input agricultural system of Peruvian Amazonia. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.28, p.801-810, 1996.

SCHULZ, B.; BECKER, B.; GÖTSCH, E. Indigenous knowledge in a "modern" sustainable

agroforestry system: a case study from eastern Brazil. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v.25, p.59-69, 1994.

SILVEIRA, L.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. **Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: avanços a partir do Agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002. 336p.

VALARINI, P. J.; ALVAREZ, M.C.D.; GASCÓ, J.M.; GUERRERO, F.; TOKESHI, H. Integrated evaluation of soil quality after the incorporation of organic matter and microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v.33, n.1, p.35-40, jan. 2002.

INFORME AGROPECUÁRIO

É uma publicação editada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, que veicula tecnologia agropecuária. Cada edição trata, de forma sistemática, um tema de interesse do complexo agrícola, trazendo informações que vão desde o preparo de solo, no caso de culturas vegetais, até tecnologias de colheita e armazenagem. Quando o tema é cultura animal, a abordagem tem a mesma extensão.



Faça sua assinatura

R\$ 60,00 - 6 exemplares

Informações: (31) 3488 6688 - sac@epamig.br

Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos

*Alúcio Granato de Andrade¹
Sílvia Roberto de Lucena Tavares²
Heitor Luiz da Costa Coutinho³*

Resumo - A camada de serrapilheira responde pela maior parte dos nutrientes ciclados em ecossistemas florestais e agroflorestais tropicais. Esta camada orgânica é regulada pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e pela taxa de decomposição. Parte dos elementos disponibilizados após a decomposição pode ser reabsorvida pelos organismos do solo e pelas plantas. Outra parte é perdida do sistema solo-planta e transferida para outros compartimentos (água e ar). A serrapilheira contribui para a recuperação e a conservação de áreas degradadas e para a manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos.

Palavras-chave: Deposição; Decomposição; Ciclagem de nutrientes; Sistemas florestais; Sistemas agroflorestais; Erosão.

INTRODUÇÃO

O aumento da produção de alimentos, fibras e energia em harmonia com a manutenção da fertilidade do solo e da biodiversidade é um dos maiores desafios para a ciência neste novo século. Nas áreas tropicais, a erosão acelerada, decorrente do mau uso dos solos, diminui o potencial produtivo das terras agricultáveis, provoca deslizamentos e o assoreamento de canais, rios e reservatórios, causando graves prejuízos, inclusive com perda de vidas. Para compensar a queda de produtividade dessas áreas, verificam-se, cada vez mais, uma maior aplicação de insumos e uma expansão da fronteira agrícola, ameaçando a sustentabilidade de ecossistemas naturais e cultivados.

Estima-se que, em todo o mundo, cer-

ca de 1,1 milhão de hectares de florestas tropicais, secundárias e energéticas sejam destruídas anualmente ou seriamente degradadas pela expansão agropecuária que, juntamente com as atividades de mineração e construção de barragens, estradas e ferrovias, é a principal responsável pela geração de áreas degradadas. Somente na faixa tropical, existem quase 2 bilhões de hectares em múltiplos estádios de degradação, em contraste com os 650 milhões de hectares de áreas cultivadas (JESUS, 1994).

Quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo através da queda de componentes senescentes da parte aérea das plantas e sua posterior decomposição. Estes fragmentos orgânicos, ao caírem sobre o solo, formam uma camada denominada serrapilheira.

A formação e a decomposição da camada de serrapilheira sobre solos degradados são essenciais para reativação da ciclagem de nutrientes entre a planta e o solo, possibilitando a formação de um novo horizonte pedológico, com condições mais adequadas para o restabelecimento da vegetação.

Em sistemas produtivos, a serrapilheira também exerce função importante, protege o solo dos agentes erosivos, fornece matéria orgânica e nutrientes para os organismos do solo e para as plantas, acarretando a manutenção e/ou melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e, conseqüentemente, na produção vegetal.

A degradação da serrapilheira é um dos principais mecanismos responsáveis pela

¹Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: aluisio@cnps.embrapa.br

²Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesq. Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: stavares@cnps.embrapa.br

³Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: heitor@cnps.embrapa.br

ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais e agroflorestais. Neste artigo, são apresentados alguns conceitos do processo de formação e decomposição da serrapilheira e sua contribuição para estabilização dos processos erosivos, recuperação da vegetação original e manutenção da sustentabilidade de agroecossistemas e de florestas naturais.

FORMAÇÃO DA CAMADA DE SERRAPILHEIRA

A formação da camada de serrapilheira, típica dos solos florestais, depende basicamente da quantidade de resíduos orgânicos despejada da parte aérea das plantas e da taxa de decomposição desses resíduos. Nesse sentido, é importante conhecer qual a quantidade produzida de material formador da serrapilheira (MFS), o seu teor em nutrientes e compostos orgânicos, e a sua velocidade de decomposição em sistemas agroflorestais e em povoamentos florestais, nativos e implantados, sob as variadas condições pedoambientais existentes.

A queda de folhas e outros componentes da parte aérea que irão formar a serrapilheira constitui-se num importante mecanismo de transferência de nutrientes da fitomassa vegetal para o solo. Este processo é causado pela senescência de partes da planta, devido a mudanças metabólicas associadas à fisiologia de cada espécie, e também por estímulos provenientes do ambiente, como o fotoperíodo, temperatura, estresse hídrico etc.

Vários fatores afetam a quantidade de resíduos que caem da parte aérea das plantas, dentre eles destacam-se: o clima, o solo, as características genéticas das plantas, a idade do povoamento florestal e a densidade das plantas (GONZALEZ; GALLARDO, 1982).

Das variáveis climáticas, a precipitação e a temperatura são as que exercem maior influência. Regiões que apresentam alto índice pluviométrico, em geral, produzem maior quantidade de materiais orgânicos que irão formar a serrapilheira do que locais com

baixo índice pluviométrico (GONZALEZ; GALLARDO, 1982). Além da precipitação total, a distribuição das chuvas ao longo do ano também influencia a taxa de deposição, sendo verificada com frequência uma maior taxa de deposição no período seco (SWAMY; PROCTOR, 1994).

A participação do solo neste processo reside na disponibilidade de água e nutrientes para a produção de fitomassa que, conseqüentemente, contribui para a deposição de resíduos orgânicos.

DEPOSIÇÃO DE MATERIAL FORMADOR DA SERRAPILHEIRA

Florestas em solos de baixa fertilidade geralmente retornam menor quantidade de MFS do que em solos férteis (Quadro 1), desenvolvendo mecanismos capazes de conservar nutrientes, como a absorção de nutrientes diretamente da serrapilheira através de interações entre fungos e raízes.

De acordo com o Quadro 1, verifica-se que as florestas tropicais apresentam grandes variações na produção de MFS, desde 3,6 até 12,4 mg ha⁻¹ ano⁻¹. Em média, sobre solos de baixa fertilidade, apresentaram cerca de 7,5 mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca na forma de resíduos orgânicos formadores da serrapilheira, enquanto que, em solos de fertilidade média, essa produção foi de 10,5 mg ha⁻¹ ano⁻¹ e, nas áreas montanhosas, de 6,3 mg ha⁻¹ ano⁻¹.

A capacidade de produção de resíduos da parte aérea de cada espécie é outro fator importante, podendo variar principalmente em função das características genéticas da planta, de sua fase de desenvolvimento e das condições pedoambientais. Supõe-se que ocorram aumentos na produção desse material em função de aumentos da idade da floresta, até que atinja a maturidade ou o clímax (GONZALEZ; GALLARDO, 1982). Deposições crescentes de MFS, com o decorrer do tempo, foram observadas em povoamentos de *Paraserianthes falcataria* nas Filipinas, medidas por três anos consecutivos (BESANA; TOME-NANG, 1991).

As práticas de manejo também afetam o fluxo de matéria orgânica e nutrientes através do MFS. Estudos da deposição de N e P, através da queda de acículas senescentes de *Pinus elliottii* var. *elliotti* e *Pinus taeda* com seis anos de idade na Flórida, mostraram que o tratamento que recebeu adubação anual e controle de invasoras aumentou em cerca de 6,3 vezes a deposição anual de N (de 2,5 para 15,8 kg ha⁻¹), para o *Pinus elliottii*, e em 13,3 vezes (de 1,5 para 19,9 kg ha⁻¹), para o *Pinus taeda*, em relação aos tratamentos testemunhas. Efeito similar foi observado para o P (TEA; JOKELA, 1994).

Avaliações em povoamentos homogêneos de *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade, em Seropédica (RJ), registraram uma deposição anual de MFS em torno de 9 a 10 mg ha, com 70% de folhas para a *Acacia mangium* e 64% para as outras leguminosas (ANDRADE et al., 2000).

Comparações da deposição de matéria seca e nutrientes, através da queda de folheto em povoamentos homogêneos de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantados próximo a Piracicaba e Agudos (SP), respectivamente, registraram uma maior deposição de matéria seca sob a cobertura de *Pinus*. Entretanto, a quantidade de nutrientes do folheto de *Pinus* foi superior a do *Eucalyptus* apenas para o N e o K, sendo similar para o P e inferior para o Ca e Mg (POGGIANI, 1985).

Estudos da deposição de nutrientes, através da queda de folheto em experimento de revegetação de área degradada pela mineração de xisto betuminoso, mostraram diferenças entre as espécies testadas, principalmente com relação ao nitrogênio, devido a uma das espécies ser fixadora de nitrogênio atmosférico. A leguminosa arbórea, mesmo sem receber nenhuma adubação, foi capaz de transferir, via deposição de folheto, em torno de 76% e 80% a mais de N, 71% e 29% a mais de P e 32% e 54% a mais de K, do que o *Pinus* e o *Eucalyptus*, respectivamente (POGGIANI et al., 1987). A introdução de nitrogênio no sistema, via

QUADRO 1 - Acúmulo de matéria seca e nutrientes no MFS de florestas tropicais

Local	MFS (mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Ca (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Mg (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Solos de fertilidade média						
Gana	10,7	202	7,4	68	209	45
Zaire	12,4	224	7,0	48	105	53
Panamá	11,4	-	9,4	29	256	34
Panamá	11,1	195	15,0	47	212	26
Costa Rica	8,1	135	6,0	20	59	16
Guatemala	9,0	169	5,8	20	88	64
China	11,6	169	11,0	29	108	51
Sarawak	11,5	110	4,1	26	290	20
Austrália	9,0	134	12,0	64	226	29
Austrália	10,4	124	10,2	56	159	36
Solos de baixa fertilidade						
Colômbia (área plana)	12,0	141	4,2	17	90	20
Colômbia (área declivosa)	8,7	103	3,4	30	124	11
Brasil	9,9	156	4,1	17	33	27
Brasil	7,3	106	2,1	13	18	14
Brasil	7,9	114	2,2	18	42	14
Brasil	6,4	74	1,4	21	20	1
Áreas montanhosas						
Nova Guiné	7,6	90	5,0	28	95	19
Venezuela	7,0	69	4,0	33	43	14
Porto Rico	5,5	88	1,0	7	50	10
Filipinas	5,3	89	4,8	16	61	9
Sarawak	11,0	86	2,5	31	21	16
Sarawak	3,6	28	1,1	6	7	6
Jamaica	5,5	49	1,5	39	50	17
Jamaica	6,6	39	1,3	15	34	19
Hawai	5,2	37	2,1	12	84	10

FONTE: Vitousek e Sanford (1986).

NOTA: MFS - Material formador da serrapilheira.

fixação biológica, garante às leguminosas uma auto-suficiência neste elemento, facilitando o estabelecimento e o desenvolvimento dessas espécies em áreas degradadas.

A ocorrência de intempéries atípicas do clima da região de estudo, como estiagens prolongadas, tempestades, vendavais etc., pode modificar a deposição de MFS de um ano para outro, sendo importante considerar estes eventos para se obter valores mais precisos da quantidade desse material produzido anualmente. Além de fatores ambientais inesperados, que podem inter-

ferir na precisão dos resultados de queda de resíduos da parte aérea, a falta de uma metodologia padrão também acarreta diferenças nesses valores, dificultando a comparação de dados entre ecossistemas.

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DE MATERIAL FORMADOR DA SERRAPILHEIRA (MFS)

Alguns estudos consideram apenas as folhas para avaliação da deposição de MFS, enquanto outros incluem folhas, estruturas reprodutivas e galhos finos, e ainda existem

aqueles que, além de todos esses componentes, incluem galhos grossos, troncos e também restos e fezes de animais, o que prejudica a comparação desses estudos. Outra característica metodológica relevante é o número e o tamanho dos coletores de MFS. Devido à grande variação que pode existir entre a deposição de MFS de um ponto para outro, principalmente sob povoamentos heterogêneos, tem sido recomendada a utilização de no mínimo 20 coletores para cada unidade amostral. O que se observa é que muitos estudos utilizam um número menor, com coletores de

formas e dimensões variadas. O tempo entre coletas dos resíduos que irão formar a serrapilheira também influencia a qualidade dos resultados, podendo subestimar a matéria seca e o teor de nutrientes desse material, quando são adotados intervalos de coletas prolongados. Quanto maior for o intervalo, maior será o tempo de exposição do material ao ataque de organismos ou lavagem pela chuva (PROCTOR, 1983).

Diante das diferenças metodológicas apresentadas, é importante definir uma metodologia padrão para avaliar a deposição de MFS, possibilitando assim traçar comparações entre ecossistemas florestais. Em uma tentativa de padronizar esses estudos, Anderson e Ingran (1993) sugerem que sejam considerados como componentes da serrapilheira as seguintes frações: folhas, galhos com diâmetro menor que 2 cm, estruturas reprodutivas (flores e frutos) e refugo (fragmentos menores que 5 mm).

Além da mensuração da quantidade de matéria seca e nutrientes do MFS, é de interesse conhecer o percentual das estruturas da parte aérea que compõe este material, nas diferentes épocas do ano, e também a quantidade de matéria seca e elementos estocados na serrapilheira depositada sobre o solo, assim como a velocidade de decomposição.

DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA

A decomposição da serrapilheira é uma das etapas mais importantes para a ciclagem dos nutrientes. Parte desses elementos é reabsorvida pelos organismos do solo e pelas plantas, e outra parte é perdida do sistema solo-planta, sendo transferida para outros compartimentos (água e ar).

A importância da serrapilheira para a ciclagem dos nutrientes, em sistemas agroflorestais e povoamentos florestais nativos ou implantados, já foi reconhecida desde o século passado, no qual se observou uma diminuição gradual da produtividade de florestas de coníferas, que tiveram sua serrapilheira freqüentemente removida para

uso como cama de animais, prática comum naquele século (PRITCHETT, 1979).

O acúmulo de serrapilheira na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição. Quanto maior a quantidade que cai desse material e quanto menor sua velocidade de decomposição, maior será a camada de serrapilheira. Para que se tenha uma mesma quantidade de serrapilheira sobre o solo ao longo do ano, é necessário que haja uma maior taxa de decomposição dessa camada quando houver uma maior taxa de deposição de material e vice-versa. Nesse contexto, é de grande importância entender os mecanismos que regulam esse processo dinâmico, em que a entrada de material, através da deposição, e a saída ou transformação, via decomposição, acontecem quase que simultaneamente.

A decomposição dessa camada possibilita que parte do carbono incorporado na fitomassa pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO_2 , e os outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas plantas. Este mecanismo, segundo Lekha e Gupta (1989), é regulado principalmente por três grupos de variáveis:

- a) natureza da comunidade decompositora (os macro e microrganismos);
- b) características do material orgânico, que determinam sua degradabilidade (a qualidade do material);
- c) condições físico-químicas do meio ambiente, as quais são controladas pelo clima e pelas características do solo.

A degradação da serrapilheira é um processo contínuo, e pode ter início antes mesmo de o material atingir o solo. Algumas folhas verdes podem abrigar, ainda na própria árvore, microrganismos e insetos que já dão início ao processo de decomposição. As folhas também liberam continuamente, de acordo com a idade e o estado fitossanitário, carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos e, sobretudo, potássio. Assim,

podem-se considerar as seguintes etapas no processo de decomposição: lavagem de compostos hidrossolúveis e colonização microbiana; ataque da mesofauna e de microrganismos, com fragmentação, transporte, mistura e biodegradação do material; e transformação húmica e mineral (GONZALEZ; GALLARDO, 1982). Em outras palavras, a decomposição da matéria orgânica pode ser dividida em três processos básicos que ocorrem simultaneamente: lixiviação (retirada de material solúvel pela ação da água da chuva); intemperismo (ruptura mecânica dos detritos); e ação biológica (fragmentação gradual e oxidação dos detritos pelos organismos vivos). Esses processos iniciam-se quando o tecido vegetal se forma e continuam durante toda a sua vida (HAAG, 1985).

O tempo de permanência dos nutrientes estocados na serrapilheira depende da velocidade de decomposição desse material, que varia de acordo com a latitude, altitude e o tipo de cobertura florestal.

Em geral, o K é o nutriente de mais rápida liberação da serrapilheira em todos os ecossistemas (GAMA-RODRIGUES, 1997).

Estudos em diferentes povoamentos florestais, sob as mesmas condições pedoambientais de Porto Rico, mostraram desde 5 até 27,2 mg ha⁻¹, com uma correlação negativa entre a acumulação de serrapilheira e os teores de elementos nesse material, indicando que as serrapilheiras com maior concentração de nutrientes apresentavam maior velocidade de decomposição. Esses estudos verificaram também que os teores de nutrientes aumentavam do material recém-depositado para a serrapilheira fragmentada, já em estágio avançado de decomposição, e a quantidade de nutrientes estocada na serrapilheira influenciava, na mesma ordem de magnitude, a quantidade de elementos disponível na camada de 0-10 cm de profundidade do solo. Sugeriu-se que, dependendo das características da camada de serrapilheira formada para cada espécie arbórea, haverá diferenças na concentração e na disponibilidade de nutrientes do solo (LUGO et al., 1990).

Dos componentes da serrapilheira, geralmente a maior proporção é de folhas que apresentam a maior taxa de decomposição. Porém, existe também uma fração de difícil decomposição, com muitas estruturas lignificadas, que representam em torno de 30% a 40% da serrapilheira (ANDERSON; SWIFT, 1983).

Sob as mesmas condições pedoambientais, a velocidade de decomposição da serrapilheira varia de acordo com a porcentagem de lignina, polifenóis, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, entre outros componentes. A relação entre algumas dessas substâncias tem sido usada para explicar as diferenças entre a velocidade de decomposição de materiais orgânicos.

De forma geral, os tecidos vegetais são compostos por uma ampla e complexa variedade de substâncias orgânicas, e podem ser divididos em seis grandes grupos de acordo com Waksman (1952):

- a) celulose: 15% a 60%;
- b) hemicelulose: 10% a 30%;
- c) lignina: 5% a 30%;
- d) fração solúvel em água: 5% a 30% (açúcares simples, aminoácidos e ácidos alifáticos);
- e) fração solúvel em éter ou em álcool: 1% a 15% (gorduras, óleos, ceras, resinas e alguns pigmentos);
- f) proteínas: 1% a 10%.

De acordo com a espécie vegetal e a idade da planta, esses teores variam. Plantas jovens são ricas em proteínas, enquanto, à medida que elas envelhecem, as frações celulose, hemicelulose e lignina aumentam (WAKSMAN, 1952).

INDICADORES DE DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA

Os três principais índices que têm sido utilizados para medir a decomposição da camada de serrapilheira são: a respiração do solo; o valor *k*, relacionado com a quantidade de material que cai do dossel (MFS) e a que está depositada sobre o solo (serrapilheira); e as avaliações diretas, através de

medidas da perda de massa em sacos para o estudo da decomposição (ANDERSON; SWIFT, 1983).

O valor *k* tem sido amplamente utilizado para avaliar a taxa de decaimento da serrapilheira ou o tempo de renovação dessa camada. Algumas críticas a esse tipo de estudo têm sido atribuídas ao seu uso indiscriminado em ecossistemas que ainda não atingiram um equilíbrio entre o material que cai e o material que é decomposto. Em ecossistemas florestais tropicais, os valores de *k* geralmente são maiores que 1, sugerindo que o tempo de renovação desse material ocorre em um ano ou menos, enquanto em florestas de clima temperado os valores de *k* são menores que 1, indicando que o tempo de renovação da serrapilheira perdura por vários anos (ANDERSON; SWIFT, 1983).

Além das características climáticas, a velocidade de decomposição da serrapilheira vai depender da qualidade desses resíduos orgânicos, que varia com a espécie vegetal. Gama-Rodrigues (1997), avaliando nove coberturas florestais tropicais, encontrou um valor *k* de 1,62 a 0,41, o que dá uma amplitude de variação do tempo médio de residência da camada de serrapilheira de 7 a 29 meses. Andrade et al. (2000) encontraram um valor *k* e tempo de renovação de 1,22 e 10 meses para a *Mimosa caesalpinifolia*, 0,67 e 18 meses para a *Acacia mangium* e 1,04 e 12 meses para a *Acacia holosericea*.

A avaliação da decomposição, através da perda de massa em sacos para o estudo da decomposição, também possui alguns inconvenientes que podem prejudicar a precisão dos resultados. Sacos com tamanho de malha muito reduzido podem excluir importantes organismos que participam do processo de decomposição. Já os que possuem malhas muito grandes podem acarretar uma alta perda de material no momento da coleta ou também permitir a entrada de uma fração nova de material, que não havia sido considerada na época da instalação. Estudos da decomposição do folheto de *Leucaena leucocephala* e *Populus deltoides* em sacos com tamanho

de malha diferente, 2 mm e 95 µm, verificaram maiores velocidades de decomposição do material incubado em sacos de maior malha (LEKHA; GUPTA, 1989).

CICLAGEM DE NUTRIENTES PELA SERRAPILHEIRA

Estudos da concentração de minerais nos diferentes estratos (folhas, MFS, serrapilheira) de florestas tropicais mostraram uma maior concentração na serrapilheira para quase todos os elementos, com exceção do P e do K principalmente. O teor de P na serrapilheira encontrava-se bem abaixo do teor de P do MFS e do material coletado na planta nos dois locais analisados. A concentração de K apresentou-se maior na serrapilheira do que no MFS, porém nas folhas foi superior a dos outros dois componentes analisados em ambos os locais. A alta concentração de alguns elementos na serrapilheira pode ser devido a contaminações pelo solo através da atividade de microrganismos e borrifos de chuva (GOLLEY et al., 1978).

Em termos de ecossistema, a ciclagem de nutrientes é determinada pela quantidade de nutrientes que entra, pela quantidade retida na fitomassa, pelas taxas de decomposição dos diferentes componentes da serrapilheira e da matéria orgânica do solo, pelas taxas de imobilização e mineralização de nutrientes e pela absorção dos nutrientes (CUEVAS; MEDINA, 1996).

O padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos, em especial nos trópicos úmidos, é bem diferente do padrão da zona temperada. Nas regiões frias, uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis permanece o tempo todo no solo ou no sedimento. Nos trópicos, uma porcentagem muito maior está na fitomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbioses mutualísticas entre organismos e plantas.

Com a retirada da cobertura florestal, os nutrientes podem ser lixiviados rapidamente sob condições de altas temperaturas

e chuvas intensas, principalmente em solos de baixa fertilidade natural. Comparações da distribuição da matéria orgânica entre uma floresta temperada e uma tropical revelaram quantidades similares de carbono orgânico total. Porém, na floresta de clima temperado, mais da metade do carbono estava na serrapilheira e no solo, enquanto que na tropical, mais de três quartos estavam na fitomassa (ODUM, 1983).

A distribuição da matéria orgânica e dos nutrientes nos diferentes compartimentos (vegetação, serrapilheira e solo) de um ecossistema florestal ou agroflorestal também varia bastante, dependendo das condições ambientais e/ou do manejo. Nos trópicos, a maior parte da matéria orgânica encontra-se na vegetação. Já em zonas temperadas, é o solo que armazena a maior quantidade de matéria orgânica (FASSBENDER, 1993).

As formações ecológicas, clímax de áreas tropicais, encontram-se geralmente em estado de equilíbrio, ou seja, a produção de nova fitomassa está associada à deposição e à decomposição de restos vegetais (FASSBENDER, 1993).

Analisando o ciclo dos elementos individualmente, observa-se que o N contido na serrapilheira necessita ser mineralizado para ser aproveitado novamente pelos componentes do sistema. Este processo, também denominado amonificação, consiste na conversão do N orgânico à amônia pelos microrganismos heterotróficos, podendo ainda sofrer nitrificação (transformação para nitrato). Nessas formas, o N pode ser absorvido pelas raízes, imobilizado pelos microrganismos, ou pelas argilas, ou perdido por desnitrificação, lixiviação ou erosão (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). A quantidade acumulada e a distribuição do N nos diferentes compartimentos de ecossistemas florestais variam muito (ODUM, 1983). Avaliações em uma floresta tropical mostraram que 58% do N total está na fitomassa, 2% na serrapilheira e 40% no solo, enquanto que, em uma floresta de pinheiros de clima temperado, apenas 6% estão retidos na fitomassa, 5% na serrapilheira, e

a maior parte, cerca de 89%, no solo. Outras comparações da distribuição de N em duas florestas tropicais, uma em região de baixa altitude em Manaus, no Brasil, e outra localizada em área de maior altitude, na cidade de Carare, na Colômbia, mostram grandes diferenças, dando indicações que florestas tropicais localizadas em regiões de altitude elevada, com clima frio, possuem comportamento similar ao de florestas de clima temperado, armazenando a maior parte do N no solo (ODUM, 1983).

Os restos vegetais que compõem a serrapilheira são também importantes fontes de S no solo. Assim como o N, a conversão do S orgânico a SO_4^{-2} , forma disponível para as plantas, depende de processos bioquímicos. O S orgânico do solo ocorre em duas frações distintas: uma em que está diretamente ligado ao C, principalmente aos aminoácidos, e outra, na forma de ésteres. Ambas sofrem mineralização, produzindo SO_4^{-2} , que pode ser imobilizado pelos microrganismos, absorvido pelas raízes, lixiviado ou adsorvido às partículas do solo (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

O P orgânico contido na serrapilheira também requer a ação de microrganismos decompositores para se tornar disponível. A mineralização do P no solo ocorre simultaneamente com a do C, através de microrganismos heterotróficos comuns, que produzem enzimas do tipo fosfatase e fitase, que atacam o material orgânico liberando PO_4^{-3} para a solução. Este processo é influenciado pelas condições ambientais e pela mineralogia do solo. Em geral, o P liberado é imediatamente fixado na fração mineral, ao contrário do que acontece com o N. É muito pouco provável que o processo mineralização/imobilização resulte em imobilização líquida de P da solução (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

A ciclagem dos outros elementos como K, Ca, Mg e micronutrientes é, em parte, dependente da decomposição da serrapilheira pelos microrganismos decompositores, sendo liberadas grandes quantidades destes elementos, em forma iônica, pela simples destruição física dos materiais em

decomposição. Isso se deve ao fato de esses elementos possuírem formas mono ou divalentes. Por isso não estão fortemente ligados aos compostos orgânicos vegetais, e também não sofrem reações de oxirredução, como ocorre com o N, P e S. O K, por exemplo, possui apenas 1/3 da quantidade encontrada nos restos vegetais, dependente de ataque microbiano para ser liberado, sendo os 2/3 restantes prontamente solúveis em água, necessitando apenas de transformações físicas para ser liberados para o solo (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Em condições naturais, os principais fatores que interferem na ciclagem de nutrientes são o clima, a composição das espécies vegetais, o *status* sucessional da floresta (tempo após alguma perturbação) e a fertilidade do solo (VITOUSEK; SANFORD, 1986). Em geral, a manutenção destes ecossistemas ocorre através da ciclagem de nutrientes. As perdas de elementos são pequenas. Qualquer intervenção na dinâmica deste processo pode modificar a sincronia entre a disponibilidade de nutrientes oriundos da decomposição dos resíduos vegetais e a demanda nutricional das plantas, gerando, na maioria das vezes, uma maior perda de nutrientes do solo (MYERS et al., 1994).

Em síntese, o conhecimento da ciclagem de nutrientes em florestas nativas ou implantadas e em sistemas agroflorestais é de extrema importância para que se possam manejar adequadamente estes sistemas para fins de conservação, recuperação ou produção. Portanto, faz-se necessário compreender cada um dos fatores envolvidos, desde o acúmulo de nutrientes pela fitomassa, a translocação interna de nutrientes entre tecidos jovens e senescentes, até a transferência desses elementos da fitomassa para o ambiente (solo, água e ar). O desenvolvimento de estudos nessa linha pode auxiliar bastante, não apenas no manejo da fitomassa, mas também no manejo do solo, uma vez que ambos estão estreitamente relacionados dentro do processo de ciclagem de nutrientes. Este ciclo com-

preende, principalmente, os seguintes mecanismos: absorção dos nutrientes pelas plantas, retenção na fitomassa, translocação interna na planta, queda de resíduos da parte aérea que irão formar a serrapilheira (MFS) e decomposição desse material (Fig. 1).

A eficiência da ciclagem de nutrientes depende da interação desses processos no decorrer do tempo com sincronia entre a disponibilidade de nutrientes e a exigência das plantas (MYERS et al., 1994). Esse sincronismo é uma característica de florestas clímax. Quando ocorre alguma intervenção nesses ecossistemas, o processo de sucessão tenta restabelecer esse equilíbrio dinâmico (CUEVAS; MEDINA, 1996). Com base nesses princípios, é importante adotar práticas de manejo nos sistemas produtivos e/ou em áreas que necessitem de recuperação.

MANEJO DA SERRAPILHEIRA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E PARA MANUTENÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

A escolha das técnicas para recuperar áreas degradadas depende, principalmente, do estado de degradação do solo, dos recursos disponíveis e do objetivo do

projeto. Quando se pretende retornar o ecossistema original, têm-se adotado desde o isolamento e manutenção da área sob pousio, até um conjunto de alternativas que requerem mais investimentos, mas podem acelerar o processo de sucessão vegetal.

Áreas com avançado processo de degradação, que apresentam o subsolo exposto, onde os horizontes superficiais foram removidos, seja pela erosão ou por explorações minerais, necessitam de um rápido recobrimento do solo. Dentre as técnicas utilizadas para revegetação de áreas degradadas com ênfase no manejo da serrapilheira, pode-se destacar a extração de serrapilheira de remanescentes florestais e posterior colocação sobre o sítio degradado. Dessa forma, busca-se recobrir a superfície erodida o mais rápido possível, minimizando os estragos causados pela enxurrada, e também incorporar propágulos que ficam adormecidos nesta camada e que podem vir a se estabelecer, dependendo das condições do ambiente. Os inconvenientes desta técnica são a necessidade de se retirar e transportar a serrapilheira, o que pode causar o empobrecimento do fragmento florestal utilizado como fonte, e o custo do transporte, que vai depender da distância entre a fonte e a área que se deseja recuperar. Outra questão é a fixação

dessa serrapilheira sobre a área degradada. Dependendo da inclinação do terreno e da força da enxurrada, fica difícil manter o material orgânico no local, até que ele cumpra as funções de proteção da superfície, fornecimento de matéria orgânica, nutrientes e propágulos da vegetação original, cuja quantidade e viabilidade dependem do estágio sucessional da fonte (remanescente da vegetação original). Algumas alternativas têm sido avaliadas para fixação inicial da serrapilheira, como a colocação desse material dentro de sacos de rafia para posterior implantação sobre a superfície erodida.

Algumas espécies de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas, por se desenvolverem em solos cuja fertilidade é fator limitante para a maioria das espécies vegetais, têm sido empregadas com o objetivo de fornecer nutrientes para espécies em consórcio ou para recuperar os níveis de matéria orgânica de solos degradados (FRANCO; FARIA, 1997). Esta técnica tem sido empregada como alternativa de baixo custo para revegetar e formar uma camada de serrapilheira sobre a área degradada. Ao invés da extração e transporte da serrapilheira para a área degradada, utiliza-se a alta capacidade de produção de material vegetal dessas espécies, que, além de recobrir o solo com a parte aérea, produz grande quantidade de serrapilheira em um curto espaço de tempo, melhora a capacidade de infiltração de água através da malha radicular e adiciona matéria orgânica rica em nitrogênio, condições essenciais para a recuperação dessas áreas. Em geral, espécies arbóreas proporcionam aumentos na fertilidade da camada superficial do solo, absorvendo nutrientes de camadas profundas e transferindo-os para a superfície via decomposição da serrapilheira.

Algumas espécies arbóreas produzem serrapilheira que possui compostos alelopáticos, ou seja, compostos que inibem a germinação ou o desenvolvimento de propágulos de outras espécies. Assim, deve-se utilizar o maior número de espécies possível, pois, além de minimizar esses efeitos,

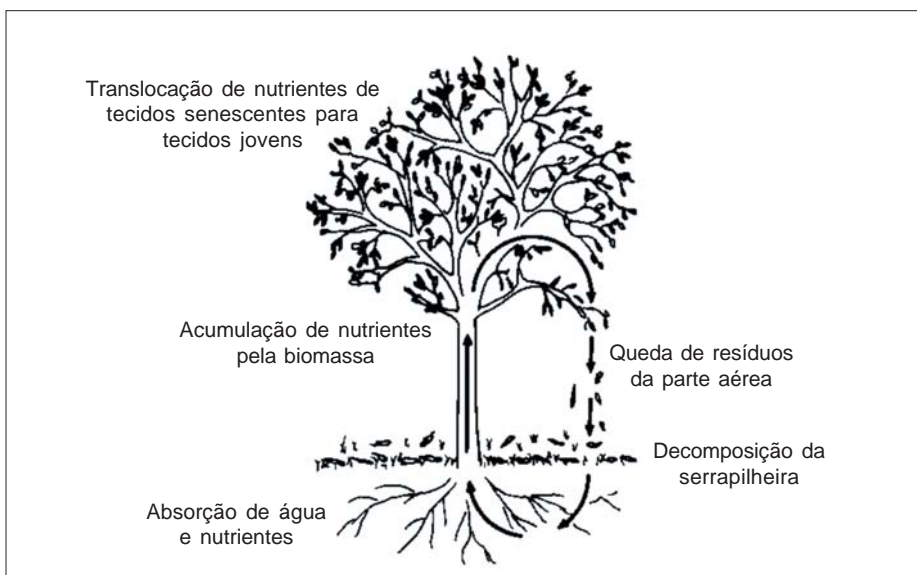


Figura 1 - Mecanismos envolvidos na ciclagem de nutrientes via serrapilheira

enriquece o ambiente com uma maior biodiversidade e conseqüentemente uma maior diversidade qualitativa das serrapilheiras produzidas.

Dentre os nutrientes essenciais ao crescimento vegetal, o nitrogênio e o fósforo são os mais limitantes, pelos baixos teores geralmente encontrados nos solos tropicais. Assim, a revegetação de áreas degradadas tem requerido aplicações elevadas desses elementos e/ou matéria orgânica, muitas vezes às custas da transferência da camada fértil de outros solos (FRANCO et al., 1992).

Através da fixação biológica do nitrogênio (N_2), essas plantas tornam-se auto-suficientes neste elemento e, com a colonização de fungos micorrízicos, suas raízes aumentam a área de contato com o solo, promovendo uma maior absorção de água e de nutrientes, principalmente o fósforo, e facilitando o estabelecimento e o desenvolvimento vegetal.

Os benefícios provenientes da camada de serrapilheira para o solo e para as plantas também devem ser estendidos para sistemas produtivos, através da preservação e do manejo de fragmentos florestais e da introdução de árvores de interesse econômico e/ou ambiental no sistema de produção. Neste sentido, os sistemas de pousio e agroflorestais podem ser manejados de forma que se obtenham todos os benefícios abordados anteriormente.

Com relação ao manejo com pousio, é importante avaliar o tempo de pousio e a fonte de propágulos do sítio e da vizinhança. É importante que o tempo de pousio seja suficiente para formar uma capoeira e, conseqüentemente, produzir a serrapilheira. Esse tempo vai depender do estado de conservação ou degradação do solo, da forma de manejo que a área vem recebendo e da disponibilidade de propágulos. O simples fato de não se realizar o destocamento da área que vai entrar em produção pode garantir um rápido desenvolvimento da capoeira na fase do pousio, uma vez que, ao invés de a planta passar pelas fases de germinação, estabelecimento e desenvolvimento, esta

vai-se iniciar de uma brotação, muitas vezes sob um vigoroso sistema radicular.

Os sistemas agroflorestais adotam uma estratégia de consórcio de plantas de diferentes portes e estádios sucessionais e, em alguns casos, de animais, objetivando a maximização da eficiência entre os nutrientes provenientes da decomposição da serrapilheira e a exigência nutricional das culturas. Dessa forma, a seleção de plantas para compor os sistemas agroflorestais deve considerar, entre outros aspectos, a quantidade de material formador da serrapilheira, sua velocidade de decomposição e substâncias alelopáticas que podem inibir ou comprometer o desenvolvimento de algumas espécies vegetais.

Os princípios e benefícios observados na camada de serrapilheira devem ser reaplicados para a agricultura agroecológica, buscando-se alternativas para manter sempre o solo coberto, seja com cobertura viva, seja com cobertura morta. Para isso, além da preservação e introdução de árvores no sistema, é necessário adotar intensa reciclagem de resíduos e formas de manejo que os mantenham sobre o solo, procurando imitar uma estratégia que a natureza já desenvolveu há milhões de anos.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221p.
- _____; SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forests. In: SUTTON, S.L.; WHITMORE, T. C.; CHADWICK, A.C. **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford: Blackwell Scientific, 1983. p.287-309. (British Ecological Society. Special Publications, 3).
- ANDRADE, A.G.; COSTA, G.S.; FARIA, S.M. Deposição e decomposição da serrapilheira em povoamento de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea*, com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.4, p.777-785, out./dez. 2000.
- BESANA, J. C.; TOMENANG, A. A. Amont

and composition of litterfall from a falcata (*Paresianthes falcataria*) plantations in the Philippines. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, Honolulu, v.9, p.90-91, 1991.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient cycling in the conservation of soil fertility in the Tropics. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia. **Solo Suelo** 96. Águas de Lindóia: USP/SLCS/SBCS, 1996. 1 CD-ROM. Comissão 10: Solos florestais.

FASSBENDER, H.W. **Modelos edafológicos de sistemas agroflorestais**. 2.ed. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1993. 491p.

FRANCO, A.A.; CAMPELO, E.F.; SILVA, E.M.R. da; FARIA, S.M. de. Revegetação de solos degradados. Seropédica: EMBRAPA-UAPNPBS, 1992. 9p. (EMBRAPA/UAPNPBS. Comunicado Técnico, 9).

_____; FARIA, S.M. de. The contribution of N_2 – fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, n.5/6, p.897-903, 1997.

GAMA-RODRIGUES, A.C. da. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoa-mentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil**. 1997. 107f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, C. I.; DUEVER, J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: USP, 1978. 256p.

GONZALEZ, M.I.M.; GALLARDO, J.F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, Madrid, v.41, n.5/6, p.1129-1157, 1982.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.

JESUS, R.M. Revegetação - da teoria a prática:

técnicas de implantação. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p.123-134.

LEKHA, A.; GUPTA, S.R. Decomposition of *Populus* and *Leucaena* leaf litter in an agroforestry system. **Environmental Science and Forestry**, Syracuse, v.15, p.97-108, 1989.

LUGO, A.E.; CUEVAS, E.; SANCHEZ, M. J. Nutrients and mass in litter and top soil of ten tropical tree plantations. **Plant and Soil**, Dordrecht, Netherlands, v.125, n.2, p.263-280, July 1990.

MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; GUNATILEKE, I.U.N.; BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L.; SWIFT, P.L. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: J. Wiley, 1994. p.81-116.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. Cap. 4, p.133-136.

POGGIANI, F. Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations ecosystems, silvicultural implications. **IPEF**, Piracicaba, v.31, p.33-40, 1985.

_____; ZAMBERLAN, E.; MONTEIRO JUNIOR, E.; GAVA, I.C. Quantificação da deposição de folhagem em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella* plantados em uma área degradada pela mineração do xisto betuminoso. **IPEF**, Piracicaba, v.37, p.21-29, dez. 1987.

PRITCHETT, W.L. **Properties and management of forest soils**. New York: J. Wiley, 1979. 500p.

PROCTOR, J. Tropical forest litterfall – I: problems of data comparison. In: SUTTON, S.L.; WHITMORE, T.C.; CHADWICK, A.C. (Ed.). **Tropical rain forest: ecology and management**.

Oxford: Blackwell, 1983. p.267-273. (British Ecological Society. Special Publications, 3).

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988. 236p.

SWAMY, H. R.; PROCTOR, J. Litterfall and nutrient cycling in four rain forests in the Sringeri area of the Indian Western Ghats. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Osney Mead, v.4, p.155-165, 1994.

TEA, D.F.; JOKELA, E.J. Needlefall returns and resorption rates of nutrients in young intensively managed slash and loblolly pine stands. **Forest Science**, Bethesda, v.40, n.4, p.650-652, 1994.

VITOUSEK, P.M.; SANFORD JUNIOR, R.L. Nutrient cycling in most tropical forest. **Annual Review Ecology Science**, v.17, p.137-167, 1986.

WAKSMAN, S. **Principles of soil microbiology**. 2.ed. Baltimore: Williams, 1952. 894p.

Portal EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.epamig.br>

EPAMIG - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS

A EPAMIG
Instituição
Diretoria Executiva
Missão/Negócio
Unidades
Biblioteca
Herbário
Pesquisadores da EPAMIG
Programas & Projetos
Produtos & Serviços
Sementes
Mudas
Matrizes / Reprodutores
Publicações
Análises Laboratoriais
Ensino Técnico
Eventos & Feiras
Fale Conosco
E-mails Úteis
Links Úteis
EPAMIG Notícias
Difundindo Conhecimentos
Downloads
Webmail
Mapa do Site

Selo Balanço Social Ibase/Betinho

Publicações da EPAMIG

Neste site tem tecnologia EPAMIG

Fixação biológica do nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na produtividade de solos tropicais

Rafaela Simão Abrahão Nóbrega¹
Júlio César Azevedo Nóbrega²

Resumo - A degradação, causada pela exploração indevida dos recursos naturais, rompe o equilíbrio entre os atributos do solo, inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico, uma vez que o empobrecimento do homem está diretamente ligado ao do solo. A recuperação das áreas degradadas é uma atividade multidisciplinar que envolve não só os aspectos ligados aos atributos do solo, mas também o possível restabelecimento das condições de sustentabilidade, existentes antes da atividade degradadora. Objetivando reduzir a dependência de insumos nitrogenados, o custo de produção, o impacto ambiental da atividade agrícola e auxiliar na recuperação de áreas degradadas, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é peça-chave para a construção de um ecossistema mais sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Leguminosas; Inoculação; Rizóbio.

INTRODUÇÃO

A preocupação atual com o meio ambiente tem colocado em destaque a degradação dos recursos naturais: edáficos, hídricos, fauna e flora. No caso específico do solo, sua degradação tem-se intensificado nas últimas décadas, sendo que cerca de 15% do solo no mundo (1.966×10^6 ha) encontra-se degradado (OLDEMAN, 1994). No Brasil, sabe-se que a degradação do solo é intensa, mas sua extensão tem sido ainda pouco avaliada. Estima-se que nas regiões mais úmidas com solos pobres, a proporção de áreas degradadas pode chegar a 50% em áreas de pastagem formada, como é o caso das existentes nas áreas anteriormente ocupadas pela Mata Atlântica.

As principais atividades responsáveis pela degradação são: superpastejo, desmatamento, agropecuária, exploração intensa

da vegetação para fins domésticos e atividades industriais (Gráfico 1), quando realizadas de formas inadequadas.

A degradação causada pela exploração indevida do solo rompe o equilíbrio entre os atributos físicos, químicos e biológicos (Fig. 1) inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico, uma vez que o empobreci-

mento do homem está diretamente ligado ao empobrecimento do ecossistema (LEMOS, 2000).

A recuperação das áreas degradadas é uma atividade multidisciplinar que envolve não só os atributos do solo, mas também o possível restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade, existentes

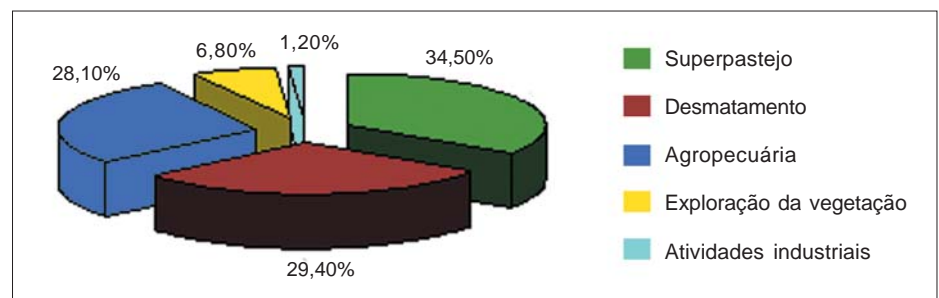


Gráfico 1 - Principais atividades responsáveis pela degradação do solo
FONTE: Dados básicos: Oldeman (1994).

¹Eng^a Agr^a, Doutoranda, UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: rafaelano-brega@zipmail.com.br

²Eng^a Agr^a, Doutorando, UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jcesar@ufla.br

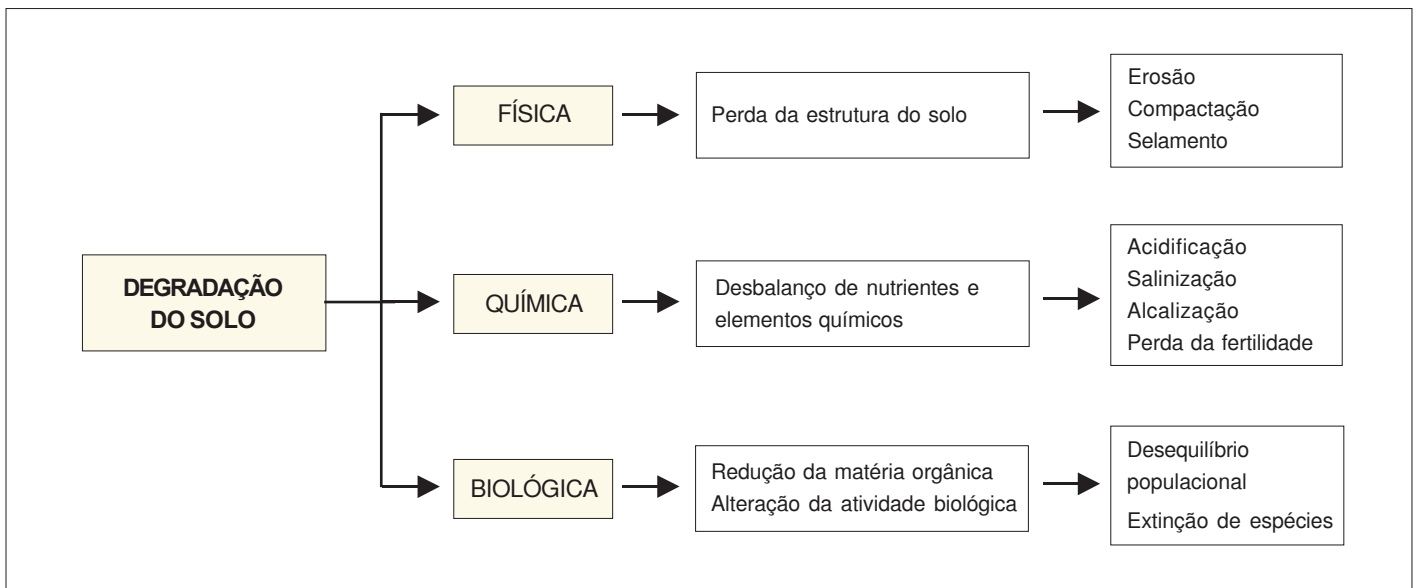


Figura 1 - Diagrama da degradação do solo e suas consequências nos atributos físicos, químicos e biológicos
 FONTE: Dados básicos: Lal e Stuart (1990).

antes da atividade degradadora. Para aliar essa premissa ao conceito de agroecologia, que tem como base a manutenção da fertilidade do solo, preservação e ampliação da biodiversidade dos agroecossistemas, objetivando garantir sua produtividade para as gerações futuras, faz-se necessário o uso de práticas que minimizem a degradação do solo. Neste contexto, medidas compatíveis inter-relacionadas (Fig. 2), em que

as principais metas sejam o desenvolvimento e a difusão de tecnologias apropriadas, acessíveis e de baixo custo, juntamente com o gerenciamento e a conservação dos recursos produtivos, constituem requisitos fundamentais para a construção de uma agricultura menos impactante e ao mesmo tempo acessível ao pequeno produtor.

No que diz respeito à fertilidade do solo, o nitrogênio é um dos principais limitantes

ao aumento, ou mesmo à manutenção da produtividade das culturas nos solos tropicais e em áreas degradadas. O acentuado dinamismo apresentado por esse nutriente, seu potencial poluidor e o elevado custo dos fertilizantes nitrogenados fazem com que sejam necessárias alternativas viáveis que minimizem a aplicação desse insumo e prolonguem ao mesmo tempo a sua disponibilidade no solo para as plantas.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) preenche os requisitos para a construção de uma agricultura menos impactante e acessível ao pequeno produtor. Para a maximização de sua contribuição, estratégias são importantes para o sucesso na utilização e na aplicação da tecnologia de inoculação. Estas envolvem fatores ligados à eficiência da simbiose e, ainda, implementação de práticas conservacionistas, em que leguminosas são fundamentais para a recuperação dos solos degradados. Além da escolha da planta que possua capacidade de nodular, são necessários alguns cuidados que vão desde a aquisição do inoculante, que deverá ser específico para a leguminosa, até sua utilização no campo. O presente artigo procura relatar e discutir a contribuição da FBN nos agroecossistemas e ressaltar aspectos positivos da potencialização desta tecnologia, tanto para a

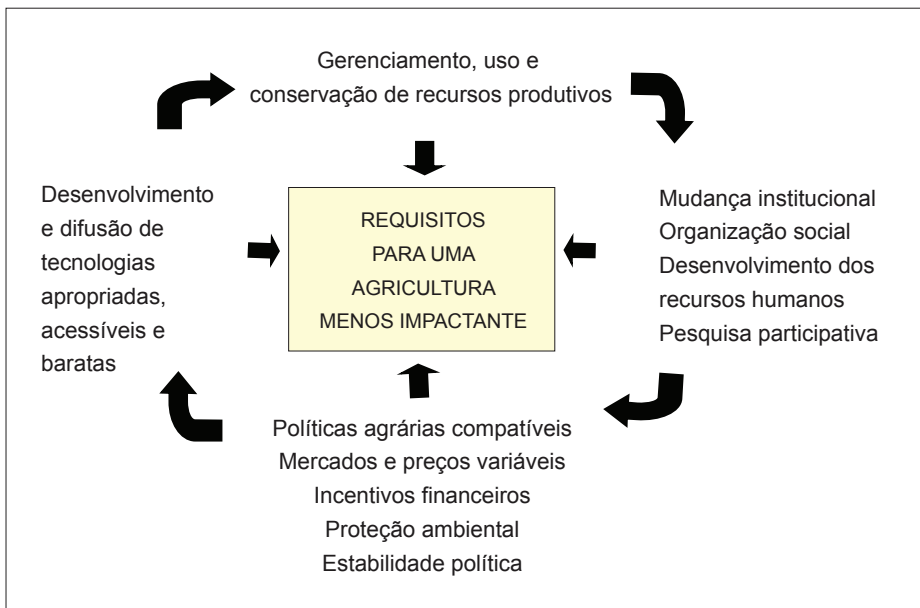


Figura 2 - Inter-relação entre os requisitos para uma agricultura menos impactante ao meio ambiente
 FONTE: Dados básicos: Altieri (2000).

recuperação de áreas degradadas, através da revegetação, como para a construção de uma agricultura mais sustentável.

IMPORTÂNCIA DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

Objetivando reduzir a dependência de insumos nitrogenados, o custo de produção (Fig. 2), o impacto ambiental da atividade agrícola e, ao mesmo tempo, auxiliar na recuperação de áreas degradadas, alternativas já conhecidas precisam ser mais utilizadas. Dentre essas alternativas, faz-se necessária a utilização da tecnologia de inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, que incrementam o desenvolvimento das culturas e das espécies arbóreas para revegetação das áreas degradadas. Várias são as vantagens da utilização da FBN como fornecedora desse nutriente para os agroecossistemas. No Quadro 1, são apresentados alguns aspectos comparativos relacionando o processo de fixação do N_2 , por via industrial e biológica.

Em decorrência dos aspectos mostrados no Quadro 1, a FBN tem sido considerada um dos componentes da chamada tecnologia de baixos insumos para obtenção de rendimentos adequados, através da utilização de inoculantes com estirpes selecionadas de rizóbio, além de representar o fator principal no processo da manutenção da produtividade nos solos tropicais (JOLY, 1991).

SIMBIOSE RIZÓBIO-LEGUMINOSA E CONTRIBUIÇÃO DA FBN NA PRODUÇÃO DE GRÃOS

Bactérias fixadoras de nitrogênio que formam simbiose são denominadas rizóbios. São capazes de penetrar e formar uma estrutura denominada nódulo nas raízes ou caules de algumas espécies de plantas pertencentes à família das leguminosas. O nódulo é o local onde ocorre o processo de fixação do nitrogênio atmosférico e a troca de nutrientes entre a planta e a bactéria (simbiose) (Fig. 3), podendo apresentar-se de vários tamanhos e formas variáveis,

QUADRO 1 - Aspectos relacionados com o processo de fixação do nitrogênio atmosférico por via industrial e biológica

Fixação industrial (fertilizantes)	Fixação biológica de nitrogênio (FBN)
Nutriente mais caro, utiliza energia fóssil para produção e distribuição, aumentando o CO_2 atmosférico e o aquecimento global	Segundo processo biológico mais importante do planeta depois da fotossíntese. Não é poluente. Utiliza energia solar. Recicla CO_2
Fertilizantes nitrogenados exigem cuidados especiais para o transporte e armazenamento e são inflamáveis	É um recurso natural renovável e passivo de manipulação
Têm baixo aproveitamento agrônomico e são poluentes de solo, água e atmosfera	Mecanismo responsável por 65% do N_2 incorporado nos seres vivos do planeta
Representam de 5% a 20% do custo de produção das culturas	Consome em torno de 2,5% da energia da fotossíntese do planeta
A expansão é limitada pelo capital e pelo impacto ambiental	É barato e não causa impacto ambiental
Mal manejados podem causar problemas de saúde como metamoglobina; excesso de NO_3 e de NO_2 , câncer, nitrosaminas, doenças respiratórias: NO_2 , HNO_3	Não se conhecem problemas. Possivelmente produz alimento mais equilibrado do ponto de vista nutricional
Representam apenas 2% da absorção total de N pelas plantas	A vida no planeta terminaria em 30 anos se a fixação biológica do nitrogênio parasse

FONTE: Franco e Balieiro (1999), Moreira e Siqueira (2002).

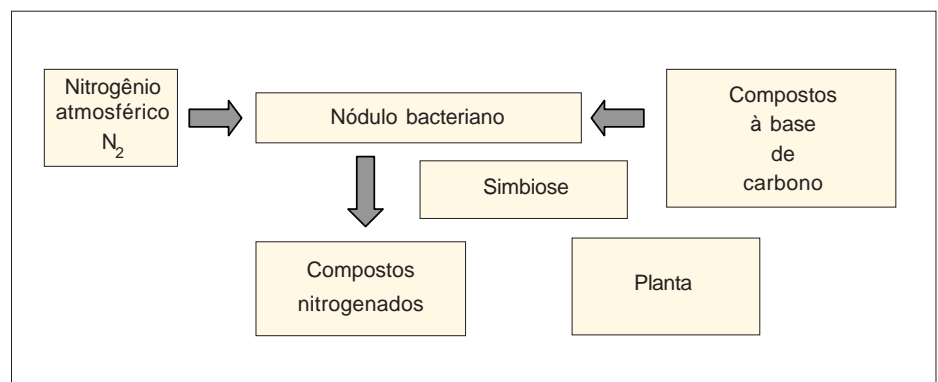


Figura 3 - Esquema ilustrativo da fixação biológica do nitrogênio atmosférico e a simbiose entre a planta e a bactéria

de acordo com a planta hospedeira. Apesar de o número de nódulos poder atingir alguns milhares por planta, isso não garante que esteja ocorrendo uma fixação eficiente de N.

A FBN é um processo regulado pela

necessidade das culturas e da disponibilidade de nitrogênio no solo. Em solos pobres com baixo teor de matéria orgânica como pastagens degradadas, solos erodidos, áreas degradadas pela mineração, entre outros, a FBN é extremamente importante,

pois o nitrogênio é considerado um fator limitante. Já em solos com altos teores de matéria orgânica, ou que foram submetidos à adubação nitrogenada, a contribuição da FBN para as culturas será suprimida.

No que se refere à economia de produção das leguminosas, a contribuição da FBN é muito significativa, já que as aplicações de fertilizantes nitrogenados podem ser, em grande parte, reduzidas e até dispensadas (DÖBEREINER, 1997). As quantidades de nitrogênio atmosférico fixadas variam entre as espécies de leguminosas, oscilando de 0 a mais de 450 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ ou ciclo (Quadros 2 e 3) e com o estágio de cresci-

mento da planta, verificando-se baixa atividade fixadora nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, com aumento no florescimento e voltando a diminuir durante a formação de vagens e enchimento dos grãos.

A soja requer grandes quantidades de N, devido ao elevado teor de proteína dos grãos. Na ausência da simbiose, chegaria a ser uma cultura inviável, diante dos custos elevados que o agricultor teria com fertilizantes nitrogenados. A inoculação de sementes de soja nos agroecossistemas brasileiros, com bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*, tem sido um grande exemplo da importância da FBN. Calcula-se, com o uso dessa técnica, uma economia para o país de cerca de 1 bilhão de dólares que seriam gastos em fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 1994). Os resultados alcançados pela pesquisa já permitem o cultivo, além da soja, de outras leguminosas como ervilha e lentilha, tendo a FBN como única fonte de nitrogênio (VARGAS et al., 1994). Leguminosas como amendoim, feijão, grão-de-bico, guandu, caupi, e leguminosas forrageiras como leucena e estilosantes, as quais também apresentam nodulação abundante com a população nativa de rizóbio, têm contribuição significativa na FBN (FRANCO; BALIEIRO, 1999). É importante ressaltar que estudos são realizados por vários institutos de pesquisa em todo o país visando à sele-

ção de estirpes eficientes e competitivas para várias culturas de interesse agrícola.

INSERÇÃO DA FBN NA REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Para a recuperação de áreas degradadas, torna-se importante uma análise do antes e depois da degradação, que consiste na melhor forma de compreender a estratégia de desenvolvimento do ecossistema. O antes refere-se ao conhecimento da vegetação, direção sucessional, agentes dispersores de propágulos e do solo que sustenta o sistema biológico, ou seja, o ecossistema em seu estado natural. Já depois da degradação, faz-se necessária a identificação dos fatores limitantes da reação do ecossistema degradado e as tentativas de mitigá-los. Os solos ou substratos de áreas degradadas apresentam geralmente propriedades físicas e químicas adversas ao desenvolvimento vegetal. Por isso, na revegetação dessas áreas, a metodologia de trabalho deve buscar o rápido estabelecimento das plantas com menor uso possível de insumos, objetivando a retomada do processo natural de sucessão vegetal pelo ambiente (CAMPELLO, 1998).

As leguminosas estão representadas nos principais ecossistemas brasileiros, em diversidade de espécies e número de indivíduos. De modo geral, e mesmo em regiões bastante exploradas, como as Regiões Sul e Sudeste, os ecossistemas têm porcentagem significativa de leguminosas nodulíferas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Além do aporte de nitrogênio através da FBN, um grande número dessas espécies apresenta crescimento rápido, elevada produção de biomassa com significativo aporte de folhas ao solo, proporcionando rápida formação de material orgânico depositado e, conseqüentemente, intensa ciclagem de nutrientes. Essa melhoria no solo permite que plantas mais exigentes possam-se estabelecer. A diversidade e a adaptabilidade a uma ampla faixa de condições climáticas e edáficas fazem com que as espécies leguminosas sejam fundamentais para revegetação de áreas degradadas, para utilização

QUADRO 2 - Estimativa da FBN em diversas leguminosas produtoras de grãos

Espécies leguminosas produtoras de grãos	N ₂ fixado (kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ ou ciclo)
Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i>)	33-297
Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	73-240
Ervilha (<i>Pisum sativum</i>)	17-244
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	4-165
Feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i>)	63-342
Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i>)	41-270
Lentilha (<i>Lens culinaris</i>)	35-192
Soja (<i>Glycine max</i>)	17-450

FONTE: Dados básicos: Moreira e Siqueira (2002).

QUADRO 3 - Produção de massa verde e estimativa da FBN de algumas leguminosas forrageiras

Leguminosas	Massa verde (t ha ⁻¹)	Estimativa de N ₂ fixado
Calopogônio (<i>Calopogonium mucunoides</i>)	15-40	64-450
Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	12-47	73-240
Centrosema (<i>Centrosema pubescens</i>)	16-35	93-398
Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	15-60	146-221
Feijão-de-porco (<i>Vicia</i> sp.)	14-30	57-190
Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	9-70	7-235
Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	60-120	200-300
Mucuna-preta (<i>Stizolobium aterrimum</i>)	10-40	157
Siratiro (<i>Macroptilium atropurpureum</i>)	14-28	70-181

FONTE: Dados básicos: Calegari, (1995), Moreira e Siqueira (2002).

em estratégias conservacionistas de proteção do solo e dos mananciais, e também para incrementar a fertilidade dos solos.

ESTRATÉGIAS PARA MAXIMIZAR A CONTRIBUIÇÃO DA FBN NOS AGROECOSSISTEMAS E ÁREAS DEGRADADAS

Estratégias para a maximização da contribuição da FBN são importantes para o sucesso na utilização e aplicação desta tecnologia. Estas envolvem fatores ligados à eficiência da simbiose, pois plantas inoculadas com rizóbio são mais suscetíveis aos fatores ambientais, do que plantas recebendo N-mineral. Isso ocorre porque no primeiro caso estão envolvidas as suscetibilidades da planta, do rizóbio e da simbiose (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002) e, ainda, a implementação de práticas conservacionistas em que as leguminosas são fundamentais para a recuperação dos solos, além de ter o aporte de N₂ advindo da fixação biológica.

Maximização da eficiência da simbiose

Para maximizar a eficiência da simbiose, faz-se necessário fornecer de forma equilibrada os nutrientes, objetivando corrigir alguma deficiência nutricional que possa restringir tanto o crescimento da planta, quanto a nodulação. Isso porque a maioria das deficiências interfere na fotossíntese e, em consequência, é alterado o suprimento das substâncias orgânicas da planta para a bactéria, diminuindo a nodulação (Fig. 2). Correções de deficiências nutricionais de boro e molibdênio são essenciais para a nodulação, além do fornecimento de cálcio, potássio, fósforo, magnésio e demais nutrientes, através da calagem e da adubação. A acidez e a toxicidade de alumínio e manganês, comum em solos tropicais, podem afetar negativamente as simbioses de rizóbio com leguminosas. Contudo, esse efeito varia de acordo com a espécie vegetal e a estirpe envolvida na simbiose. É preciso atentar também para o fato de que o excesso de N-mineral no solo reduz drasticamente a nodulação das leguminosas que

ocorre em resposta às demandas nutricionais da planta (Fig. 2).

Alguns pesticidas podem matar o rizóbio do inoculante. Esse efeito é variável dependendo da planta, estirpe e do defensivo utilizado. Fungicidas à base de metais pesados, chumbo, cobre, zinco e mercúrio, a maioria dos inseticidas organoclorados e alguns organofosfatados prejudicam a nodulação (MENDES et al., 1999).

A inoculação em larga escala, utilizando inoculantes eficientes capazes de formar nódulos na espécie alvo, fixar nitrogênio numa ampla faixa de hospedeiros, ter compatibilidade com agroquímicos, tolerar estresses ambientais e apresentar baixa mortalidade nas sementes, é necessária para a maximização da eficiência da simbiose. Recomenda-se utilizar somente produtos com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) que deverão ter comprovado, a partir da safra de 2001/2002, sua eficiência agrônômica. Entretanto, devem-se utilizar espécies de leguminosas que tenham capacidade de nodular e, de preferência, as que já tenham inoculantes específicos.

Práticas conservacionistas para maximização da FBN nos solos tropicais

A FBN é estimulada por umidade e temperaturas mais amenas no solo (em torno

de 30°C a 34°C) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Por isso, a cobertura no solo é importante para diminuir a temperatura e aumentar a umidade, propiciando melhor atividade das bactérias fixadoras de N, assim como da microbiota (HUNGRIA; VARGAS, 2000), já que a redução do conteúdo de água em mais de 20% do peso fresco dos nódulos pode ter conseqüências graves na FBN e, também, na produtividade das culturas (SPRENT, 1971). Solos sob plantio direto, além de apresentar maior disponibilidade hídrica, resultante de incrementos na estabilidade dos agregados e maior número de macroporos, desenvolvem condições favoráveis à FBN (CAMPOS et al., 2001), entre elas o decréscimo na temperatura do solo para até 10°C (LAL, 1993).

Práticas de manejo como adubação verde, consorciação e rotação de culturas, utilizando leguminosas no programa de plantio, também têm-se mostrado importantes nas regiões tropicais. Tais práticas proporcionam maior retenção de umidade e uma menor variabilidade térmica (RESCK et al., 1982). Além disso, são formas potenciais sustentáveis de introduzir N, reciclar macro e micronutrientes e fornecer matéria orgânica, promovendo melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Fig. 4).

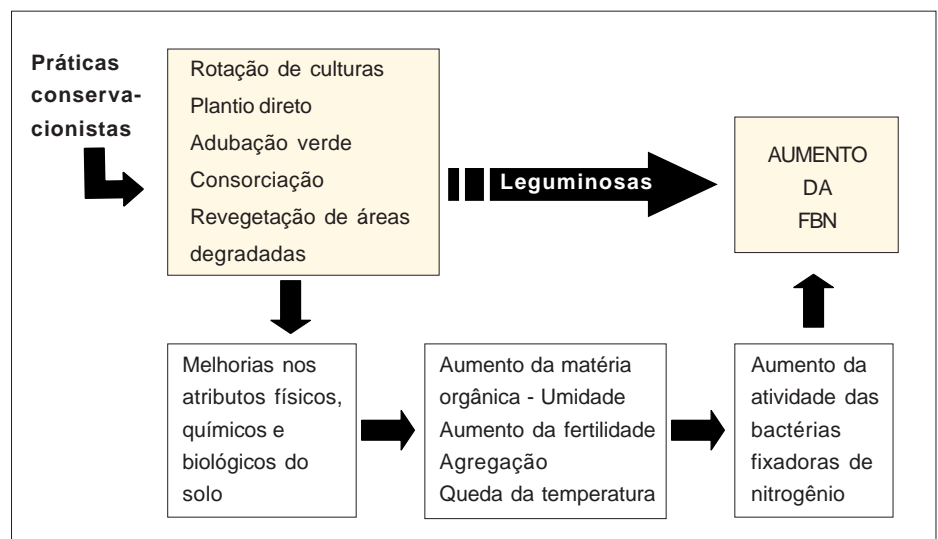


Figura 4 - Esquema ilustrativo da utilização de práticas conservacionistas e seus efeitos na FBN

São apresentadas algumas sugestões de esquema de plantio utilizando as práticas conservacionistas associadas ao plantio de leguminosas.

Consórcio leguminosa - gramíneas (inserção da FBN nas pastagens)

Como alternativa viável de baixo custo, a utilização de leguminosas em sistemas de pastagens é vantajosa, uma vez que, além de fornecer proteínas para o gado, é uma forma potencial e ecológica de introduzir o nitrogênio através da FBN (Quadro 3). O plantio das leguminosas pode ser feito de forma isolada, denominado banco de proteínas, ou num cultivo em faixas, em meio à pastagem de gramíneas, formando as chamadas pastagens consorciadas.

Algumas vantagens do consórcio de plantas são:

- a) aumento do rendimento das culturas consorciadas, sem elevação dos custos;
- b) maior diversificação da renda;
- c) maior eficiência dos usos da terra e da mão-de-obra;
- d) melhor aproveitamento da luz solar;
- e) diminuição dos riscos de perdas das culturas consorciadas em função do clima.

Adubação verde

Um dos sistemas utilizados para a adubação verde é o cultivo em alamedas. Tal sistema consiste no plantio de leguminosas perenes de porte arbustivo, em fileiras espaçadas entre si e no plantio de culturas alimentares ou comerciais, entre as fileiras das leguminosas. Para o manejo, são realizados cortes periódicos da parte aérea das leguminosas que podem servir de alimento para o gado ou ser incorporadas ao solo. O número de cortes realizados por ano dependerá da rebrota das leguminosas, após cada corte, e da adequação às características das espécies semeadas nas entrelinhas. Essa semeadura nas entrelinhas ocorre no início das chuvas, ocasião em

que é feita a poda drástica da leguminosa para retardar a rebrota e recompor a copa, e com isso atenuar o efeito da competitividade (BARRETO; CARVALHO, 1992).

Rotação de culturas

O objetivo é cultivar plantas numa mesma gleba com diferentes exigências nutricionais, alternando aquelas cujas raízes penetram profundamente com outras plantas de raízes superficiais, para promover melhor exploração do solo. A utilização de leguminosas como cobertura do solo, em sistemas de rotação de culturas, apresenta-se como uma alternativa para o suprimento parcial ou total de nitrogênio para o milho e pode representar uma economia nos custos com a fertilização (SPAGNOLLO et al., 2002).

Sistemas agroflorestais

Um dos tipos de sistemas agroflorestais é o cultivo em aléias em que as culturas agrícolas são intercaladas com espécies arbóreas plantadas em linhas. Para o manejo, as plantas são periodicamente podadas durante o cultivo, servindo o material da poda de adubo verde. Em um estudo visando avaliar a produção de fitomassa e atributos químicos do solo, sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado, foi evidenciado que a adubação verde, principalmente a fitomassa da leucena, colaborou no aumento dos teores de matéria orgânica, nitrogênio e potássio no solo (MAFRA et al., 1998). Em outro estudo, a leucena plantada em linhas espaçadas de 5 m, produziu, aproximadamente, 7,6 t ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca. Esse material foi utilizado para a adubação verde da cultura intercalar que foi o feijão (CHAGAS et al., 1981).

Vários esquemas de rotação de culturas, adubação verde, sistemas agroflorestais e consórcios, utilizando espécies de leguminosas e gramíneas são relatados na literatura. Cabe ao técnico a escolha adequada das culturas, que farão parte do esquema a ser utilizado, procurando levar sempre em consideração as condições do solo, topografia, clima e demanda de mercado (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

COMO PROCEDER A INOCULAÇÃO

Após definida a espécie leguminosa a ser cultivada, é necessário adquirir seu inoculante específico (Quadro 4). O inoculante é um cultivo de rizóbio previamente selecionado e introduzido num suporte que facilite sua manipulação e confira proteção. Os suportes utilizados são: líquidos, turfa e liofilizados, sendo que os dois primeiros são mais utilizados na comercialização. Existem vários inoculantes para diferentes espécies florestais ou de interesse agrícola, que já fazem parte dos inoculantes comerciais e que podem ser obtidos das fábricas indicadas pela Rede de Laboratórios para Recomendação de Estirpes de *Rhizobium* (Relare).

A execução da técnica de inoculação envolve alguns cuidados e detalhes que são essenciais para a obtenção do sucesso com esta tecnologia. A seguir, são apresentadas, resumidamente, essas informações que foram compiladas de Mendes et al. (1999), Brandão e Hungria (2000), Moreira e Siqueira (2002).

Inoculação simples sem o uso de defensivos

Para o preparo da solução açucarada (concentração 10% a 15%), dissolver de 100 a 150 g de açúcar cristal (cinco a sete colheres de sopa) em um litro de água. O uso do açúcar é fundamental para aumentar a aderência do inoculante às sementes. Para a soja, a solução açucarada a 10% é suficiente para garantir a aderência do inoculante turfoso, boa nodulação e fixação.

Para juntar a solução açucarada ao inoculante (proporções indicadas no Quadro 5) até que se forme uma pasta homogênea, deve-se misturar num recipiente que permita boa homogeneização. Um exemplo disso é o tambor rotativo, onde se secam e guardam as sementes em ambiente arejado e à sombra até o momento da semeadura. Semear em, no máximo, 48 horas. Caso isso não se-ja possível, repetir a inoculação no dia do plantio.

QUADRO 4 - Exemplos de algumas estirpes recomendadas para leguminosas específicas

Nome científico	Nome comum	Estirpe de rizóbio recomendada para inoculante
<i>Acacia auriculiformes</i>	–	SEMIA 6387, 6391
<i>Acacia mangium</i>	Acácia-mangium	SEMIA 6420
<i>Albizia guachapele</i>	–	SEMIA 6409
<i>Albizia lebbek</i>	Ébano-oriental	SEMIA 6160
<i>Bowdichia virgiloides</i>	Unha-de-vaca	SEMIA, 6096, 6414, HBK
<i>Cajanus cajan</i>	Guandu	SEMIA 6217, 6218, 6219, 6220 etc.
<i>Centrosema</i> sp.	–	SEMIA 6121, 6146, 6287, 6289
<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalária	SEMIA 634, 6145
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril, araribá	SEMIA 6170, 6171, 6172
<i>Glicine max</i>	Soja	SEMIA 5019, 5080, 5079, 587 etc.
<i>Gliricidia sepium</i>	Glicirídia	SEMIA 6168
<i>Lens culinares</i>	Lentilha	SEMIA 389, 390
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	SEMIA 6040, 6069, 6070, 6087, 6088, 6097, 6098, 6153, 6213 etc.
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Sabiá	SEMIA 6167, 6382, 6383, 6410
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão	SEMIA 403, 414, 415, 4079 etc.
<i>Pisum sativum</i>	Ervilha	SEMIA 329, 333, 391, 3007 etc.
<i>Sesbaenia virgata</i>	Sesbânia	SEMIA 6401, 6402
<i>Vigna unguiculata</i>	caupi, feijão-de-corda	SEMIA 6079, 6369, 6086, 6081 etc.

FONTE: Mendes et al. (1994).

QUADRO 5 - Material usado na inoculação e revestimento das sementes

Leguminosas	Inoculante ⁽¹⁾ (g)	Adesivo ⁽²⁾ (L)	Semente (kg)	Calcário ou calcário ⁽³⁾ + micronutriente (1:1) (kg)
Sementes grandes: soja ⁽⁴⁾ , feijão, caupi, amendoim, guandu, ervilha, fava etc.	1.000	1	50	10
Sementes médias: calopogônio, soja perene, leucena, siratro, centrosema, lentilha etc.	500	1	20	16
Sementes pequenas: estilosantes, desmodium, alfafa, trevo etc.	500	1	10 a 20	20

FONTE: Mendes et al. (1999), Moreira e Siqueira (2000).

(1) Recomendação mínima, podendo ser aumentada em condições adversas (acidez, temperatura etc.).

(2) Pesas 70 g (ou medir 4 colheres de sopa cheias) de polvilho de araruta, polvilho de mandioca ou farinha de trigo e diluir em água potável; completar o volume a 1 litro, ferver até dissolver. Depois de esfriar, guardar até o uso. Quantidades de adesivo, calcário e micronutrientes (FTE), até 5 vezes a constante da tabela, podem ser usadas para aumentar a quantidade de material a ser aderida. (3) Usar o calcário peneirado mais fino possível, podendo este ser misturado em partes iguais aos micronutrientes (FTE). Não usar cal viva. (4) A recomendação de inoculantes turfosos (contendo 10⁸ células/g de inoculante) para a cultura da soja deve ser 500 g de inoculante para 50 g de semente usando solução açucarada como adesivo (BRANDÃO; HUNGRIA, 2000).

Inoculação com peletização

Para obter a inoculação com peletização, deve-se juntar o adesivo ao inoculante formando uma pasta homogênea que é misturada às sementes. Em seguida, adiciona-se calcário e/ou micronutrientes ou fosfato de rocha.

Inoculação com o tratamento das sementes

A inoculação com o tratamento das sementes segue as seguintes etapas:

- adicionar solução açucarada, na concentração de 10% a 15%, às sementes. Misturar num tambor rotativo;
- acrescentar o defensivo agrícola na dose recomendada e misturar no tambor, até que o defensivo cubra uniformemente todas as sementes;
- juntar o inoculante e misturar no tambor. Se houver necessidade, pode-se utilizar um volume adicional de solução açucarada para promover uma distribuição uniforme e homogênea do inoculante;
- deixar secar à sombra e semear em, no máximo, 24 horas.

Uma alternativa é acrescentar o defensivo agrícola (pó ou líquido) às sementes no tambor, misturar bem para obter uma boa uniformidade e esperar secar (no caso dos produtos líquidos). Em seguida, adicionar a pasta do inoculante, conforme mencionado no item inoculação sem o uso de defensivos.

Inoculação com a máquina de tratamento das sementes

A inoculação feita com a máquina de tratamento de sementes segue as seguintes etapas:

- preparar a calda do fungicida com solução açucarada de 10% a 15% e colocá-la no primeiro compartimento. Quando for necessário, adicionar os micronutrientes a esse compartimento;

- b) colocar o inoculante de turfa puro no segundo compartimento, sem adicionar água ou solução açucarada. Se, ao abrir a embalagem, a turfa estiver muito úmida, deixar secar um pouco ao ar;
- c) seguir as mesmas recomendações para armazenagem de sementes, como descrito no Quadro 5.

Alguns cuidados gerais na inoculação

A operação de inoculação deve ser feita à sombra, nas horas mais frescas, pela manhã ou à noite.

Não se deve utilizar inoculante fora do prazo de validade. Deve ser armazenado antes do uso em lugar fresco, se possível na geladeira.

Ao término de um bom processo de inoculação, todas as sementes devem ficar cobertas por uma camada uniforme do inoculante. Sementes com camadas espessas de inoculante, ou mesmo sem inoculante, indicam a necessidade de acrescentar mais solução açucarada. O ideal é proceder a inoculação das sementes no dia do plantio.

A maioria dos defensivos agrícolas é tóxica para o rizóbio. Por isso devem ser escolhidos os produtos de menor grau de toxicidade e o inoculante deve permanecer em contato com o defensivo pelo menor tempo possível.

A inoculação diretamente na caixa da semeadeira não é aconselhável, pois resulta em pouca aderência e em cobertura desuniforme das sementes.

Durante o plantio, se o depósito de sementes na máquina de semeadura aquecer muito, deve-se interromper o plantio e resfriar a caixa, pois o calor pode matar as bactérias.

Como avaliar uma boa nodulação

A ausência de nódulos nem sempre é indício de problemas com a inoculação. Quando as plantas estão verdes e bem desenvolvidas, a ausência de nódulos indica boa disponibilidade e absorção de

N- mineral do solo. Nesse caso, deverão ser obtidas boas produtividades com o aproveitamento do N do solo pelas plantas, não havendo nenhum prejuízo provocado pela má nodulação.

Se as plantas apresentarem-se raquíticas e cloróticas (amareladas), com sintomas de deficiência de N, pode ser um indício de condições ambientais adversas ou problemas na inoculação, o que caracteriza uma simbiose inefetiva. Esta fixa pouco N_2 , geralmente apresenta nódulos pequenos e numerosos distribuídos em todo o sistema radicular de coloração interna variando de rosa a esbranquiçada. Nesse caso, deverá proceder uma adubação nitrogenada em cobertura. Ao contrário, se as plantas apresentarem-se bem desenvolvidas e com nodulação precoce, incluindo nódulos ativos que ao serem cortados apresentarem coloração avermelhada, é um indício que a inoculação foi bem-sucedida. A simbiose efetiva é caracterizada por nódulos grandes e de coloração interna avermelhada, localizados nas raízes primárias ou no caule de algumas plantas, com alta atividade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A FBN é uma ferramenta importante, tanto para diminuir o impacto da agricultura nos agroecossistemas, quanto para ser utilizada em revegetação de áreas degradadas. É um dos principais componentes da sustentabilidade, pois o processo não depende de energia, não polui e enriquece o solo com nitrogênio, que é um dos nutrientes limitantes para as plantas nos solos tropicais. Por isso, a potencialização do uso dessa tecnologia é imprescindível para auxiliar na construção de uma agricultura mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 100p.
- BARRETO, A.C.; CARVALHO FILHO, O.M. de. Cultivo de leucena em consórcio com feijão, mi-

lho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.11, p.1533-1540, nov. 1992.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BRANDÃO JÚNIOR, O.; HUNGRIA, M. Efeito de concentrações de solução açucarada na aderência do inoculante turfoso às sementes, na nodulação e no rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.515-526, jul./set. 2000.

CALLEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 117p. (IAPAR. Circular, 80).

CAMPHELLO, E.F.C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. de. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**, Viçosa, MG: UFV, 1998. 251p.

CAMPOS, B.C.; HUNGRIA, M.; TEDESCO, V. Eficiência da fixação biológica de N_2 por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.3, p.583-592, jul./set. 2001.

CHAGAS, J.M.; KLUTHCOUSKI, J.; AQUINO, A.R.L. de. *Leucaena leucocephala* como adubo verde para a cultura de feijão em cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.6, p.809-814, nov./dez. 1981.

DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, n.5/6, p.771-774, 1997.

FRANCO, A.A.; BALIEIRO, F.C. Fixação biológica de nitrogênio: alternativa aos fertilizantes nitrogenados. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Lavras: UFLA-DCS, 1999. p.577-595.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N_2 fixation in grain legumes in the tropics, with emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v.65, p.151-164, 2000.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A. R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica de nitrogênio na soja. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microorganismos de importância agrícola**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap.2, p.9-89. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 44).

JOLY, R. **Biological nitrogen fixation within FAO agricultural production programmes in the context of sustainable development**. Rome: FAO, 1991. p.9-14.

LAL, R. Role of no-till farming in sustainable agriculture in tropics. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p.29-62.

_____; STEWART, B.A. Soil degradation: a global thieat. **Advance in Soil Science**, New York, v.14, 1990.

LEMOIS, J.J.S. Desertificação e pobreza no semi-árido do nordeste. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS

JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC/Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 406p.

MAFRA, A.L.; MIKLÓS, A.A.W.; VOCURCA, H.L.; HARKALY, A.H.; MENDOZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.22, n.1, p.43-48, jan./mar. 1998.

MENDES, I.C.; VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas. **Guia Técnico do Produtor Rural**, Planaltina, ano 4, n.51, dez. 1999. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/produtos.htm>>. Acesso em: ago. 2002.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

OLDEMAN, L. R. The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D.J.; SZABOCLS (Ed.). **Soil resiliense and sustainable land**

use. Wallingford, UK: Cab International, 1994. p.99-118.

RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes, na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides em Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.459-467, mar. 1982.

SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; PROENÇA, M.M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, n.2, p.417-423, abr./jun. 2002.

SPRENT, J.I. Effects of water stress on nitrogen fixation in root nodules. **Plant and Soil**, The Hague, p.225-228, 1971.

VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; MENDES, I. de C.; PERES, J.R.R. **Fixação biológica de nitrogênio em solos de cerrado**. Brasília: EMBRAPA-CPAC/EMBRAPA-SPI, 1994. 83p.

ADQUIRA MUDAS DE QUEM PRODUZ QUALIDADE

**A EPAMIG COLOCA NO MERCADO
OS SEGUINTE MATERIAIS:**

PORTA-ENXERTOS DE VIDEIRA

RR 101-14 / 1103 P / 420 A / TRAVIÚ
IAC 572 'JALES' / IAC 313 'TROPICAL'
IAC 766 'CAMPINAS'

MUDAS DE PÊSSEGO, NECTARINA, AMORA-PRETA, AMEIXA, MARMELO E PÊRA

EPAMIG - Centro Tecnológico do Sul de Minas
FAZENDA EXPERIMENTAL DE CALDAS
AV. SANTA CRUZ, 500 CP 33
CEP: 37780-000 - CALDAS - MG
TELEFAX: (35) 3735-1101
e-mail: epamig@epamigcaldas.gov.br



Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas com geração de renda

Sílvio Roberto de Lucena Tavares¹

Alúcio Granato de Andrade²

Heitor Luiz da Costa Coutinho³

Resumo - A recuperação de áreas degradadas no Brasil é uma atividade relativamente recente, em que as técnicas empregadas evoluem rapidamente. Esta evolução pode ser constatada ao se analisar, em um passado próximo, que as atividades se restringiam a simples plantio de árvores (revegetação) e atualmente incluem arrojados programas de recuperação ambiental, que levam em consideração a grande biodiversidade dos ecossistemas antes residentes nas áreas. Diferentes enfoques vêm sendo considerados para o estabelecimento de modelos de recuperação de áreas degradadas. O uso de sistemas agroflorestais, como opção para recuperação dessas áreas, gerando renda desde o início de sua implantação, tende a ser uma alternativa interessante que visa à recomposição desses ambientes.

Palavras-chave: Agrossilvicultura; Análise econômica; Reabilitação.

INTRODUÇÃO

Um estudo denominado Avaliação Global da Degradação de Solos mostrou que a área de solos degradados no planeta saltou de 6% em 1945 para 17% em 1990, e que com a manutenção dos atuais modelos de uso das terras, em 2025, cerca de 25% das terras agricultáveis estarão em estado de degradação, sendo a maior parte delas na região tropical do planeta (HANSON; CASSMAN, 1994). A perspectiva para um futuro próximo é extremamente sombria, uma vez que a população continua crescendo – previsão de 8 a 10 bilhões de pessoas em 2050 segundo Fischer e Heilig (1998) – o que, com o avanço da degradação das terras, resultará em crise de água potável e de alimentos.

Para acabar com essa espiral destrutiva, a humanidade precisa desenvolver e adotar rapidamente novos sistemas de produção que sejam adequados para as diferentes condições ambientais do planeta. E para tanto é preciso aliar produção de alimentos com a conservação e recuperação da biodiversidade, e da qualidade dos recursos solo, água e ar.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são associações de espécies agrícolas e florestais no mesmo espaço, simultaneamente ou em seqüência temporal, que vêm sendo alvo de vários estudos nos últimos anos, em especial como alternativa na recuperação de áreas degradadas.

Este artigo tem por objetivo discutir a utilização e a viabilização econômico-

financeira de se utilizar SAFs visando à recuperação de áreas de agricultura e de pastos degradadas nos trópicos.

RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA

São inúmeras as causas de degradação. Oldeman e Lynden (1998) citam o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura e da pecuária, a superexploração vegetal e as atividades industriais como as mais impactantes.

A recuperação de uma determinada área depende da trajetória da degradação e das conseqüências deste processo no ecossistema em questão (ARONSON et al., 1995). A longevidade e a intensidade das perturbações determinam a resiliência do ecossis-

¹Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesq. Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1.024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: stavares@cnps.embrapa.br

²Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1.024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: aluisio@cnps.embrapa.br

³Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1.024, CEP 22041-070 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: heitor@cnps.embrapa.br

tema. Rodrigues e Gandolfi (2000) entendem resiliência como o potencial ou capacidade de regeneração de um ecossistema após um evento impactante.

Kageyama et al. (1992) consideram área degradada aquela que, após distúrbio, teve eliminados os seus meios de regeneração natural, resultando em baixa resiliência. Em contraste, é considerada área perturbada a que sofreu distúrbio, mas manteve seus meios de regeneração biótica. Em ecossistemas degradados, a ação antrópica faz-se necessária para a recuperação deles.

A maioria dos modelos conceituais relaciona área degradada com solo degradado, e não são raros em assumir raciocínios que tratam o solo como um sistema em si, e não como parte do sistema de terra degradada. Dentre as definições de área degradada, o conceito de energia armazenada no sistema (BLUM, 1998) e a organização desta energia através dos princípios da termodinâmica (ADDISCOTT, 1995) parecem ser os que melhor explicam o estágio de degradação e a sustentabilidade de uma área.

As estratégias de recuperação são definidas de acordo com o grau de degradação no qual se encontra o ambiente e com os objetivos pretendidos. Rodrigues e Gandolfi (2000) sugerem os seguintes termos para diferenciar as formas de recuperação: restauração *stricto sensu*; restauração *lato sensu*; reabilitação e redefinição.

A restauração *stricto sensu* significa um retorno completo do ecossistema às condições preexistentes, considerando os aspectos bióticos, abióticos e a interação entre ambos. Este tipo de recuperação é praticamente inatingível por vários motivos, entre eles: as condições pós-distúrbios geralmente são tão drásticas que não permitem o retorno à condição preexistente; e restaurar um ecossistema, e conseqüentemente recuperar suas funções, é algo técnica e economicamente questionável.

A restauração *lato sensu* aplica-se a um ecossistema que foi submetido a um distúrbio não muito intenso, preservando sua resiliência. Neste caso, o ecossistema não

volta ao estado original, e sim a um estado alternativo ou intermediário.

A reabilitação considera o retorno do ecossistema a um estado biológico mais estável, mediante uma forte intervenção antrópica capaz de colocar o ecossistema numa nova trajetória, já que, sem intervenção, o ecossistema se manteria em um estado de degradação irreversível. Esse retorno pode não significar o uso produtivo da área em longo prazo.

A redefinição constitui-se numa estratégia cujo objetivo pretendido é converter um ecossistema degradado em um ecossistema com destinação ou uso distinto do ecossistema preexistente. Várias são as opções de transformação da área anteriormente degradada: reservatório hídrico, reflorestamento para produção de madeira, área agrícola ou pastagem, agrofloresta etc.

Diversos são os modelos de restauração, reabilitação ou redefinição que podem ser escolhidos ou criados com base nos conhecimentos de ecologia e silvicultura. Kageyama e Gandara (2000) citam vários modelos que poderiam ser adotados, entre eles: regeneração natural, plantio ao acaso, modelo sucessional, semeadura, reabilitação com espécies raras e comuns, restauração em ilhas etc.

Dentre as estratégias de recuperação citadas, a redefinição tende a ser a estratégia mais apropriada para as áreas rurais degradadas, já que, se forem observadas as condições reinantes no setor rural brasileiro – descapitalização dos produtores, falta de políticas efetivas para o setor, fiscalização ineficiente por parte do Estado quanto ao cumprimento da legislação ambiental em vigor etc. –, em conjunto com o quadro desolador de degradação ambiental produzida também por esse setor, induz o raciocínio elementar que só seria viável a adoção de uma estratégia que utilize técnicas simples, que não demande investimentos altos em implantação e condução, e que num curto período retorne, em parte ou totalmente, o investimento financeiro efetuado. Os sistemas agroflorestais, den-

tro dessa estratégia, são indicados para cumprir essa finalidade.

SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os sistemas agroflorestais representam uma denominação nova para sistemas de produção antigos, que envolvem a combinação de árvores com cultivos agrícolas e/ou animais. O termo sistemas agroflorestais refere-se a um conjunto de tecnologias e sistemas de uso da terra em que espécies lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras, bambus etc.) são utilizadas deliberadamente numa mesma área em conjunto com cultivos agrícolas e/ou animais, dentro de um arranjo espacial e/ou seqüência temporal. Nos sistemas agroflorestais existem interações ecológicas e econômicas entre os diferentes componentes.

Existem vários tipos de SAFs. Segundo Viana et al. (1997), os SAFs podem ser classificados em: sistemas silvipastoris (animais, árvores e arbustos), agrossilviculturais (plantas anuais e árvores ou arbustos), e agrossilvipastoris (animais, plantas anuais e árvores e arbustos). Os SAFs também podem ser classificados conforme o arranjo temporal dos seus componentes: seqüenciais (sem superposição temporal dos componentes), coincidentes (com superposição temporal completa dos componentes), e concomitantes (com sobreposição temporal parcial dos componentes). Existem também sistemas específicos como é o caso dos “quintais agroflorestais domésticos”, que podem ter grande importância econômica. Esses sistemas envolvem uma grande diversidade de espécies (existem casos com mais de cem espécies cultivadas), nativas ou exóticas, comumente encontradas nos quintais dos pequenos agricultores.

Além das classificações convencionais, existe a necessidade de separar os SAFs com diferentes níveis de insumos (fertilizantes, agrotóxicos, mecanização etc.). Existem os sistemas de baixos níveis de insumos, freqüentemente ligados às populações tradicionais (seringueiros, índios etc.) e a produtores de culturas orgânicas. As principais características desses sistemas, além do

baixo ou nenhum uso de insumos químicos e de mecanização, são a elevada densidade de espécies, a complexidade estrutural e a elevada dependência do componente arbóreo e arbustivo para a conservação dos solos e a manutenção da produtividade. Existem ainda, os sistemas de elevados insumos, freqüentemente ligados aos sistemas convencionais de produção. A principal característica é a simplicidade estrutural e o elevado valor econômico dos componentes consorciados. Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas, com geração de renda, devem ser orientados para utilização de sistemas de baixo nível de insumos, já que a realidade rural brasileira e a competitividade econômica do setor agrícola nacional não permitem a alocação de recursos financeiros mais significativos a esta atividade.

SISTEMA AGROFLORESTAL REGENERATIVO E ANÁLOGO (SAFRA)

Não resta dúvida que os SAFs constituem-se em um novo paradigma científico, que surgiu para preencher a lacuna criada pela separação entre agricultura e floresta, cristalizada pelo tempo e pelas civilizações. Este novo paradigma poderia concretizar-se com a inclusão de fluxos regenerativos, intrínsecos à própria regeneração natural e sucessão de espécies, nos sistemas produtivos criados pelo homem, associando a produção de bens agrícolas, florestais e pecuários a um gradiente positivo de aproveitamento, transformação e acúmulo de energia no sistema.

Segundo Vaz (1997), as práticas de implantação e de manejo desenvolvidas no sul da Bahia pelo agricultor suíço Ernst Götsch, produzindo o que aqui chamamos Sistema Agroflorestal Regenerativo e Análogo (Saфра), caminha exatamente nesse sentido, uma vez que fundamenta-se na sucessão de espécies e nas características ecofisiológicas das plantas para guiar qualquer intervenção no sistema.

Assim como nos processos naturais de

sucessão de espécies, o Saфра tem em sua fase inicial a introdução de espécies mais rústicas, mas com o decorrer do tempo, o próprio sistema aumenta em biodiversidade, ocupação de diferentes estratos e camadas do solo, melhora o aproveitamento dos recursos naturais em geral, como água, nutrientes e luz. A metodologia de manejo em questão acelera esse processo natural, principalmente através da poda e da substituição ecofisiológica de espécies, de forma que as plantas devem ser adequadas ao sistema e ao seu estágio de complexificação, sempre desempenhando um papel na melhoria do solo e do sistema como um todo. Por isso, não há uso de insumos externos, sejam químicos ou orgânicos, já que as plantas devem estar completamente adaptadas às circunstâncias do ecossistema, como disponibilidade de nutrientes, água etc. A cada momento, as plantas que surgem espontaneamente funcionam como indicador do grau de complexidade do sistema naquele momento.

Assim, a substituição das plantas da regeneração natural por plantas ecofisiologicamente semelhantes, porém produtivas, permite a geração de renda desde o início, viabilizando a recuperação de ambientes degradados. Essas características do manejo imprimem ao Saфра uma direção totalmente oposta a dos outros sistemas de produção, sejam modernos ou tradicionais. De maneira geral, para produzir alimentos e fibras, o ser humano implanta sistemas que tendem a exaurir os solos e o ambiente. Na agricultura tradicional, usa-se o posio para promover a recuperação, pelo menos parcial, do solo. Com o manejo em questão, as condições ambientais caminham para a recuperação, produzindo simultaneamente.

O manejo proposto pelo Saфра baseia-se na sucessão natural de espécies, na complexificação do ambiente, na sintropia. Cada intervenção deve deixar um saldo positivo no balanço energético, econômico, na quantidade e na qualidade de vida consolidada no ambiente manejado.

No município fluminense de Parati, foram implantados três sistemas agroflores-

tais testando diferentes estruturas e formas de implantação (Saфра mínimo, Saфра absoluto e Saфра modificado) em parcelas experimentais de 625 m² (25 x 25 m). Esses sistemas fazem parte de experimentos montados e conduzidos pela Embrapa Solos e esses modelos agroflorestais estão sendo confrontados com o sistema de manejo adotado na região, com um fragmento florestal de aproximadamente sete anos e com uma mata do Parque Nacional da Serra do Bocaina. O objetivo da implantação desses Safras consiste da necessidade de desenvolver novos modelos de exploração agropecuária, agregando conservação ambiental com produtos agrícolas diferenciados. Como o Saфра demanda inicialmente muita mão-de-obra e grande diversidade de espécies arbóreas e herbáceas, as variantes (mínimo e modificado) surgiram da necessidade de estudar uma aplicação mais rápida e culturalmente mais adequada para produtores da região que não estão acostumados a plantar e manejar tantas espécies em conjunto no mesmo espaço físico e temporal. Em sua implantação, o projeto procurou aliar o conceito de transferência de tecnologia branda com o objetivo de, no pós-projeto, haver uma maior adoção do sistema pelo produtor e que, aos poucos, o próprio usuário da tecnologia (através da convivência e dos resultados do sistema) enriqueça e diversifique cada vez mais os seus plantios.

O Saфра absoluto ou total (Fig. 1) consiste em um experimento cujo desenho principal segue, tanto ele como os demais, uma cultura considerada carro-chefe na região de Parati, que é a banana. Como a filosofia do Saфра é de se ter densidade de plantio comercial para a maioria das culturas de expressão econômica, na medida em que o arranjo espacial permite, os espaçamentos das culturas são respeitados. Nesse tratamento, a combinação e as quantidades de espécies utilizadas respeitaram os arranjos preconizados por seus idealizadores. É de se destacar que, no Saфра absoluto, a diversidade de espécies plantadas (introduzidas) foi de no mínimo 43, mostrando o

alto nível de diversificação botânica proposto.

O Safra modificado (Fig. 1) consistiu no mesmo desenho (completo) do Safra absoluto, com apenas uma diferença: foi utilizada uma pequena adubação com composto orgânico + 50 g de termofosfato + 100 g de calcário dolomítico + 10 g de FTE BR 12 por cova das fruteiras. Os demais componentes do sistema não foram adubados. Neste tratamento, também foi dada ênfase para as espécies arbóreas difundidas pela Embrapa Agrobiologia para a recuperação de áreas degradadas, visando ser utilizadas como plantas da sucessão secundária. Todas as mudas foram inoculadas com fungos micorrízicos e rizóbios específicos. Foram utilizadas as espécies: orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum*), *Albisia guachapele*, *Acacia mangium* e *Gliriccia sepium*.

O Safra mínimo (Fig. 2) constituiu na utilização apenas das espécies arbóreas do Safra absoluto, sem o plantio das culturas anuais e das culturas que visam adubação verde.

Os experimentos foram implantados em janeiro de 2000. A mão-de-obra utilizada nos respectivos Safras na implantação e nos seis manejos realizados até o final de 2002 (manejos quadrimestrais) é descrita no Quadro 1.

Percebe-se que a mão-de-obra utilizada nos manejos dos Safras absoluto e modificado praticamente é o dobro da utilizada no Safra mínimo proposto. Em relação a resultados, em dois anos de implantação dos sistemas, nota-se que não houve praticamente diferença na produtividade das culturas implantadas em relação aos Safras absoluto e modificado. No que se refere ao estabelecimento e crescimento das espé-

QUADRO 1 - Mão-de-obra utilizada nos Safras

Tipo de Safras	Implantação (H/d/ha)	Seis manejos (H/d/ha)	Total dos manejos (H/d/ha)
Mínimo	200,0	23,36	140,16
Absoluto	240,0	40,32	241,92
Modificado	256,0	41,28	247,68

FONTE: Embrapa Solos (2002).

NOTA: H/d/ha - Homem/dia/hectare.

cies arbóreas, resultados parciais mostram, de acordo com as análises estatísticas preliminares, que houve diferença significativa nos incrementos médios das espécies para os três tratamentos de Safras propostos. O Safra mínimo foi superior aos outros dois tratamentos, possivelmente por apresentar uma densidade de luz superior, proporcionada pela menor densidade inicial de plantas,

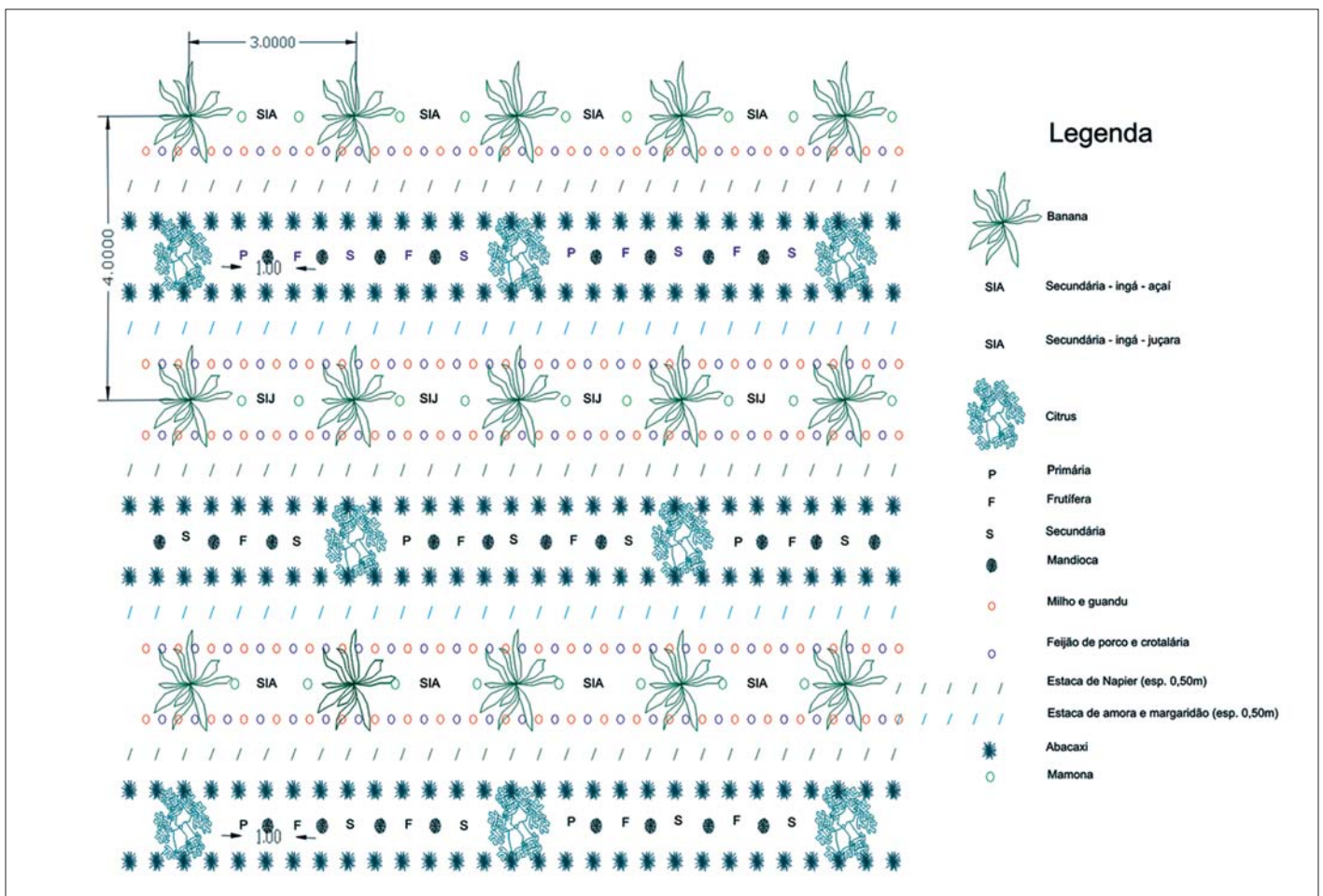


Figura 1 - Safra absoluto

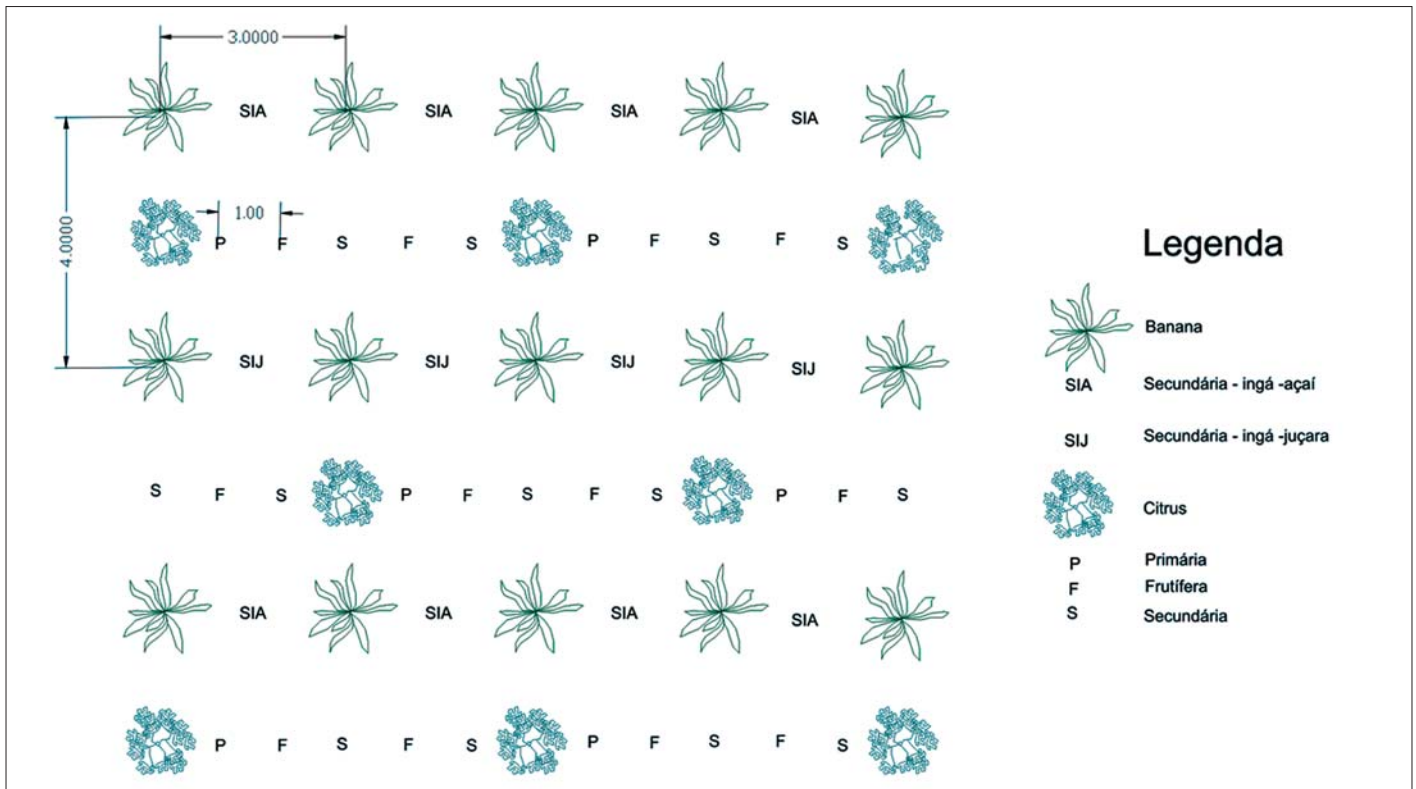


Figura 2 - Safra mínimo

no período analisado. Outro fator observado nas análises dos dados é que os grupos sucessionais, em relação aos incrementos de altura e diâmetro na altura do peito (dap), estão em consonância com as suas classificações iniciais, propostas pelo grupo executor deste trabalho. O fato é muito relevante já que, na maioria das vezes, são encontradas classificações dessas espécies nos mais variados grupos. Algumas das espécies implantadas no Safra modificado estão apresentando crescimento e ciclagem de nutrientes espetaculares em relação a outras espécies dos mesmos grupos sucessionais.

Infelizmente até o fechamento deste trabalho, ainda não estavam prontos os parâmetros de avaliação financeira das áreas em questão, mas indicações preliminares nos levam a crer que, no período inicial até o estabelecimento regular das colheitas dos componentes arbóreos (quatro a cinco anos), o Safra mínimo é o sistema que deve apresentar o maior retorno financeiro sobre o capital humano aplicado e sobre o pequeno investimento inicial em espécie que foi

utilizado para compra de mudas, sementes etc.

OUTROS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Estima-se que cerca de 50% dos 105 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil encontram-se degradadas ou em início de degradação, reduzindo a produção animal e aumentando os custos de produção agrícola, o percentual segundo Hanson e Cassman (1994), Guerra (1999) também se aproxima deste número.

O desenvolvimento de tecnologias para recuperar áreas agrícolas e pastagens abandonadas e degradadas, através do uso de SAFs com base nas práticas de baixo uso de insumos que possam proporcionar desenvolvimento social, econômico e ecológico sustentável para o agricultor, finalmente vem crescendo no Brasil nos últimos anos.

Souza et al. (2000) avaliaram quatro modelos de SAFs implantados em 1992, em áreas de pastagens degradadas na região

de Manaus, AM, após o processo tradicional de derrubada e queima da vegetação secundária estabelecida nessas pastagens que depois de serem submetidas ao pastejo intensivo foram abandonadas ao processo de regeneração natural. Concluíram que, a partir do quarto ano, os SAFs testados apresentaram retorno econômico e que após esse período demandaram anualmente menos de 50 Homens/dia/ha. A demanda de mão-de-obra dos SAFs permite que o produtor possa realizar outras atividades produtivas na propriedade. Neste contexto, os SAFs reincorporam áreas de pastagens degradadas ao sistema produtivo, com produtividade e demanda de mão-de-obra viáveis.

Macêdo e Pereira (2000) realizaram análise financeira de três SAFs implantados em áreas degradadas abandonadas na Amazônia Ocidental, aplicando métodos tradicionais para avaliação financeira de projetos. Constataram que o item mão-de-obra tem importante participação nos custos, sendo responsável por 46%, 58% e 43% do custo total dos SAFs 1, 2 e 3, respectiva-

mente. A intensiva utilização de mão-de-obra para a realização das atividades demonstra o importante papel desses sistemas na ocupação e na fixação do homem no campo. O segundo item mais importante no custo total dos sistemas foi os fertilizantes. Para que esses SAFs apresentem baixo risco de investimento, é importante que os componentes utilizados tenham alto valor de mercado, sob pena de inviabilidade de utilização desses sistemas na região.

Pesquisas que mostrem a sustentabilidade econômico-ambiental de SAFs são fundamentais na reorientação de políticas públicas brasileiras. Souza et al. (2000) realizaram análise econômica de SAFs no Acre no projeto denominado Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado (Reca), que tem como culturas carros-chefe as componentes de SAFs. Os estudos mostram que economicamente o projeto apresenta um bom modelo de uso da terra para a Amazônia, pois a rentabilidade obtida é superior à média apresentada pela agricultura tradicional desenvolvida na região. Como um dos principais resultados deste estudo, o Departamento de Economia da Universidade Federal do Acre (Ufac), subsidia atualmente a orientação de políticas públicas do governo do estado do Acre, que tem entre as atividades, o planejamento de uma agricultura alternativa, sustentada em SAFs, na formação de pólos agroflorestais.

Peneireiro et al. (2000) avaliaram a sustentabilidade de 156 SAFs no leste do estado do Acre, através da utilização de amplo questionário e levantamentos de campo, visando à estruturação de um banco de dados sobre as dimensões ambientais, sociais e econômicas da sustentabilidade desses sistemas. Concluíram que alguns sistemas foram abandonados ou não estavam apresentando resultados satisfatórios, devido principalmente a parcelas de agricultores beneficiados pelos financiamentos externos (muito dos quais a fundo perdido) que não participaram da elaboração dos projetos. Ou seja, as culturas escolhidas, os arranjos e os métodos de implantação dos SAFs não foram discutidos com os

agricultores. A assistência técnica agroflorestal aos projetos foi inexistente ou pouco qualificada, entre várias outras causas, principalmente de manejo dos sistemas (pouca diversidade de espécies, manejo da matéria orgânica etc.). Os SAFs promissores geralmente apresentavam maior diversidade de espécies, proximidade dos centros consumidores, e foram elaborados pelos próprios agricultores ou modificados conforme suas vontades e necessidades. Este estudo concluiu que os resultados negativos dos SAFs foram devido a problemas na sua base técnica e na forma como foram gerados e conduzidos. Logo, sugere-se que o planejamento dos sistemas de produção deve ser discutido com as comunidades, procurando aproximar o conhecimento científico do conhecimento tradicional, onde a valorização e a troca de experiências conduzem ao processo de construção do conhecimento. Deve-se também trabalhar a cadeia dos produtos agroflorestais, investindo no crédito, no beneficiamento e na comercialização dos produtos, melhorando a infra-estrutura de produção com escoamento e eletrificação rural. Finalmente, sugere-se ao poder público constituído oferecer condições básicas de saúde e educação para os agricultores e familiares, para que eles possam investir em sistemas de produção que demandem mais mão-de-obra como os SAFs.

Reis e Hildebrand (2000) avaliaram a viabilidade de estabelecer e manter SAFs na região de Botucatu, SP. Testando quatro diferentes modelos (Quadro 2), concluíram que apesar do custo de implantação ser alto, deve-se considerar que o SAF, além de ser uma estratégia de reabilitação com melhor qualidade ambiental, pode ter o custo de implantação pago em até dois anos com a produção agrícola. Outro fator importante a se considerar é a viabilidade de utilização de mão-de-obra familiar, que neste caso poderia ter uma redução nos custos de implantação de até 41,5% (Quadro 3). O custo de implantação desse SAF, considerando apenas os insumos a ser utilizados (esterco, mudas e sementes), ainda é demasiadamente alto para pequenos produtores (Quadro 4). O que mais contribuiu para isso foi a utilização de mudas enxertadas de ponkan, limão, caqui, amora e goiaba, que representam 45,5%, 45%, 56% e 78,2% dos custos de insumos nos tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Apesar do alto custo, as mudas apresentam a vantagem de produzir precocemente com aumento da produtividade. Algumas alternativas podem ser utilizadas a fim de reduzir os custos de implantação dos SAFs, como a produção de mudas enxertadas na propriedade (que requer capacitação e uma estrutura mínima) e a utilização de sementeira direta no plantio de espécies nativas, que po-

QUADRO 2 - Tratamentos utilizados nos sistemas agroflorestais

Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Cedro	Jequitibá-rosa	Copaíba	Jatobá
Café	Uvaia	Uvaia	Amora
Angico-bravo	Angico	Albisia	Ingá
Limão	Pokan	Caqui	Goiaba
Pupunha	Juçara	Pupunha	Juçara
Banana	Banana	Banana	Banana
Mandioca	Milho	Mandioca	Milho
Batata-doce	Feijão	Abobrinha	Amendoim
Feijão-guandu	Feijão-guandu	Feijão-guandu	Feijão-guandu
Leucena	Leucena	Leucena	Leucena
Feijão-de-porco	Feijão-de-porco	Feijão-de-porco	Feijão-de-porco

FONTE: Reis e Hildebrand (2000).

QUADRO 3 - Custo de implantação de um SAF: comparação entre mão-de-obra externa e mão-de-obra familiar

Tratamento	MO externa (US\$/ha)	Participação da MO no CI (%)	CI com MO familiar (US\$/ha)
T1	4.286,21	41,19	2.520,34
T2	4.362,27	41,49	2.552,30
T3	4.779,96	29,83	3.354,19
T4	4.785,00	27,96	3.477,13

FONTE: Reis e Hildebrand (2000).

NOTA: CI - Custo de implantação; MO - Mão-de-obra; 1 US\$ = R\$ 1,82.

QUADRO 4 - Custo total de implantação de um sistema agroflorestal

Tratamento	Preparo do solo (US\$/ha)	Plantios anuais (US\$/ha)	Mudas/Sementes/Insumos (US\$/ha)	Custo total (US\$/ha)
T1	1.098,04	667,83	2.520,34	4.286,21
T2	1.098,04	711,93	2.552,30	4.362,27
T3	1.098,04	327,43	3.354,19	4.779,96
T4	1.098,04	209,83	3.477,13	4.785,00

FONTE: Reis e Hildebrand (2000).

dem reduzir os custos de implantação em até 45%.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Desenvolvimento sustentável talvez seja, na atualidade, um dos temas mais debatidos e estudados nos meios acadêmicos e científicos. Na verdade, não se tem um consenso quanto ao seu conceito, e inúmeras são as definições de sustentabilidade encontradas na literatura especializada. Segundo Daniel (2000), a sustentabilidade é um conceito que pode ser aplicado a qualquer atividade desenvolvida pelo homem, e sua avaliação recebe diferentes enfoques, dependendo do nível de estudo e do ambiente em questão, se urbano ou rural.

A sustentabilidade na agricultura exige manutenção de qualidade do solo, entre outros fatores (LAL, 1998). Doran e Parkin (1994) definiram qualidade do solo como “a capacidade do solo em exercer funções, nos limites do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter qualida-

de ambiental e promover a saúde de plantas e animais”. Observa-se que os sistemas de produção agrícola dominantes nos trópicos, com raras e honrosas exceções, promovem redução rápida e significativa da qualidade do solo, o que se traduz num avanço alarmante da degradação das terras, afetando não só os solos como também os recursos hídricos.

Os SAFs, especificamente, preenchem muitos requisitos de sustentabilidade, por incluírem árvores no sistema de produção agropecuária, por utilizarem recursos existentes e práticas de manejo que otimizam a produção combinada e por gerarem numerosos serviços. No entanto, embora os SAFs apresentem vantagens que superam as desvantagens, estas últimas têm gerado dificuldades na sua adoção, como é o caso do maior uso de mão-de-obra em alguns sistemas, ou o insucesso na produção de madeira, em outros. Há necessidade, portanto, de dispor de metodologias para avaliar os níveis de sustentabilidade de SAFs, o que permite a identificação da sua verdadeira vocação como agrossistemas susten-

táveis. Um dos meios mais utilizados para atingir essa meta é o uso de indicadores biofísicos e socioeconômicos, envolvendo tanto o sistema em análise quanto outros, sejam agrícolas ou não (DANIEL, 2000).

Existem hoje muitas controvérsias quanto às afirmações de que os SAFs, em geral, sejam realmente sustentáveis, sob o ponto de vista econômico, social e ambiental. Este fato, induz à necessidade de dispor de procedimentos metodológicos para avaliar os níveis de sustentabilidade dos SAFs. O uso de indicadores químicos, biofísicos e socioeconômicos é atualmente a metodologia mais utilizada para avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção em geral, pois fornece um simples meio de explicá-la e de aumentar a consciência pública para a necessidade de mudanças de comportamento diante do desenvolvimento.

Daniel (2000) desenvolveu estudos metodológicos com o objetivo de definir grupos de indicadores de sustentabilidade biofísica e socioeconômicas para SAFs na região Noroeste do estado de Minas Gerais, no qual resultou na proposição de 57 indicadores de sustentabilidade biofísica e 48 de sustentabilidade socioeconômica, concluiu que embora em primeira aproximação, em função da falta de parâmetros de comparação com outros sistemas, que pode-se considerar que o nível de sustentabilidade ambiental e socioeconômica do SAF analisado é intermediário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Práticas de recuperação aliadas a atividades agrícolas e florestais, que possibilitam retorno econômico, podem viabilizar a adoção de programas de redefinição de áreas degradadas de maneira eficaz, gerando sistemas integrados, capazes de garantir produção e renda concomitantes à conservação dos recursos naturais.

As diversas pesquisas e ensaios realizados no Brasil obtiveram resultados importantes na diminuição do tempo e do custo de implantação de SAFs que visam à recuperação de áreas degradadas, mas ainda carece de experimentação, definição e calibração de indicadores de sustentabi-

lidade dos sistemas com relação aos seus parâmetros ambientais, físicos, químicos, biológicos, fluxo energético, sociais, culturais e econômicos.

Observa-se, no entanto, que o custo inicial (equipamentos, sementes, mudas, mão-de-obra etc.) ainda é muito elevado para a maioria dos produtores rurais brasileiros, que deveriam receber incentivos dos governos pelos benefícios ambientais e econômicos, na recuperação da paisagem degradada, principalmente pelo grande benefício que estas técnicas podem oferecer aos recursos hídricos nacionais tão ou mais degradados do que seus solos.

O Safra, apesar de utilizar grande mão-de-obra inicial e de ter um manejo mais complexo do que os demais, tende a ser o sistema ideal a ser aplicado em políticas públicas nacionais e locais, por apresentar suas características de praticamente não usar nenhum recurso de fora da propriedade agrícola, e teoricamente se mostrar como o SAF de maior retorno econômico e o mais aliado com a estrutura e funcionalidade do ambiente florestal antes existente nas regiões onde são aplicados.

REFERÊNCIAS

- ADDISCOTT, T.M. Entropy and sustainability. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v.48, p.161-168, 1995.
- ARONSON, J.; FLORET, C.; LE FLOC'H, E.; OVALLE, C.; PONTANIER, R. Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés em zones arides et semi-arides: vocabulaire et les concepts. In: PONTANIER, R.; HIRI, N.; AKRIMI, N.; ARONSON, J.; LE FLOC'H, E. *L'homme peut: il refaire ce qu'il a defait?* Paris: John Liljeby Eurartext, 1995. p.11-29.
- BLUM, W.E.H. Basic concepts: degradation, resilience, and rehabilitation. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A. (Ed.). *Methods of assessment fo soil degradation*. New York: CRC Press, 1998. p.1-16.
- DANIEL, O. *Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais*. 2000. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: _____; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-21.
- EMBRAPA SOLOS. *Relatório técnico do projeto: desenvolvimento de sistemas agroflorestais para a recuperação e sustentabilidade de áreas de mata atlântica*. Rio de Janeiro, 2002. 39p.
- FISCHER, G.; HEILIG, G.K. Population momentum and the demand on land and water resources. In: GREENLAND, D.J. et al. (Ed.). *Land resources: on the edge of the malthusian precipice?* Wallingford, UK: CAB International, 1998. p.9-29.
- GUERRA, A.J.T. Apresentação. In: _____; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Ed.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1999.
- HANSON, R.G.; CASSMAN, K.G. Soil management and sustainable agriculture in the developing word. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 15., 1994, Acapulco, Mexico. *Transactions...* [s.l.]: The International Society of Soil Science, 1994. p.17-33.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: USP, 2000. p.249-269.
- _____; REIS, A.; CARPANEZZI, A.A. Potencialidades e restrições da regeneração artificial na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR, 1992. p.1-7.
- LAL, R. Degradation and resilience of soils. In: GREENLAND, D.J. et al. (Ed.). *Land resources: on the edge of the malthusian precipice?* Wallingford, UK: CAB International, 1998. p.137-150.
- MACÊDO, J.L.V.; PEREIRA, M.M. Análise financeira de sistemas agroflorestais em áreas abandonadas na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. *Resumos expandidos...* Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p.414-415.
- OLDEMAN, L.R.; LYNDEN, G.W.J. van. Revisiting the GLASOD methodology. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A. (Ed.). *Methods of assessment fo soil degradation*. New York: CRC Press, 1998. p.423-440.
- PENEIREIRO, F.M.; RODRIGUES, F.Q.; LUDEWIGS, T.; MENESES-FILHO, L.C.L.; ALMEIDA, D.A.; CRONKLETON, P.; SOUZA, A.D.; SOUZA, R.P.; BRILHANTE, N.A.; GONÇALO, E.N. Avaliação da sustentabilidade de sistemas agroflorestais no leste do Estado do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. *Resumos expandidos...* Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p.427-429.
- REIS, C.S.; HILDEBRAND, M.Z. Avaliação da viabilidade de implantação de sistemas agroflorestais voltados para pequenas propriedades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. *Resumos expandidos...* Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p.430-432.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: USP, 2000. p.235-247.
- SOUZA, S.G.; WANDELLI, E.V.; PERIN, R.; FERNANDES, E.C.M.; MATOS, J.C.S.; BONFIM, I.; KOKAY, M.; SILVA, R.L. Aspectos agrônômicos, silviculturais e econômicos de sistemas agroflorestais implantados em áreas de pastagens degradadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. *Resumos expandidos...* Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p.331-333.
- VAZ, P. O manejo agroflorestal segundo Ernst Götsch. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Palestra técnica...* Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 1 CD-ROM.
- VIANA, V.M.; MATOS, J.C.S.; AMADOR, D.B. Sistemas agroflorestais e desenvolvimento rural sustentável no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Palestra técnica...* Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 1 CD-ROM.
- VILELA, D. Apresentação. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. da. (Ed.). *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001.

Café do Brasil

Informe Agropecuário



162 - Café: Normas e Coeficientes Técnicos
R\$ 8,00



187 - Qualidade do Café
R\$ 10,00



193 - Cafeicultura: Tecnologia para Produção
R\$ 12,00

214/215 - Café Orgânico
R\$ 15,00



Outras Publicações



Parcela de Participação, Qualidade e Preço do Café no Mercado Mundial
R\$ 8,00



A Qualidade do Café e Opções para o Consumo
R\$ 15,00

Série Documentos



SD 36 - Prospecção de Demandas e Prioridades de Pesquisas das Regiões Cafeeiras de Minas Gerais
R\$7,00



SD 37 - Sistema Radicular do Cafeeiro: Estrutura, Distribuição, Atividade e Fatores que o Influenciam
R\$ 7,00

Boletim Técnico



50 - Broca-do-Café: Histórico, Reconhecimento, Biologia, Prejuízos, Monitoramento e Controle - 2ª edição revista e aumentada - reimpressão



54 - Bicho-Mineiro do Cafeeiro: Biologia, Danos e Manejo Integrado - 2ª edição revista e aumentada - reimpressão



58 - Doenças do Cafeeiro: Diagnóstico e Controle



59 - Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo e Produtividade do Cafeeiro nas Regiões de Manhuaçu e Patrocínio



60 - Mudanças de Cafeeiros: Tecnologias de Produção



61 - Manejo de Plantas Daninhas no Cafezal

Faça seu pedido
Telefax: (31) 3488-6688
sac@epamig.br



Avaliação das terras e sua importância para o planejamento racional do uso

Helena Maria Ramos Alves¹
Maria Inês Nogueira Alvarenga²
Marilusa Pinto Coelho Lacerda³
Tatiana Grossi Chquiloff Vieira⁴

Resumo - O conhecimento do potencial dos recursos naturais para a produção de alimentos – incluem-se aqui os solos como base da produção sustentada; as riquezas minerais com fonte de energia e/ou nutrientes; a água como principal componente da matéria viva, entre outros – vem ao encontro da necessidade de direcionamento de políticas que viabilizem atividades produtivas sustentáveis, em seu sentido mais amplo. Nessa vertente, numa visão holística, a agroecologia está mais próxima da produção de alimentos e conservação ambiental, do que do uso e ocupação das terras sem critérios específicos.

Palavras-chave: Ambiente; Microbacia; Agroecossistemas; Aptidão agrícola.

INTRODUÇÃO

O uso inapropriado da terra conduz à exploração ineficiente e à degradação dos recursos naturais, à pobreza e a outros problemas sociais. É neste risco de degradação que se encontra a raiz da necessidade da avaliação e do planejamento do uso da terra. A terra é a fonte primordial de riqueza e a base sobre a qual muitas civilizações foram construídas e/ou destruídas, em função da degradação causada pela sobrecarga dos recursos naturais (BEEK et al., 1996).

A situação do mundo atual é complexa. Com relação à produção de alimentos, projeções da FAO (1990) indicam que será necessário um aumento significativo na atual produção agrícola mundial para atender às necessidades de uma população ainda em expansão. Contudo, em um grande número de países subdesenvolvidos, a produção de alimentos já é insuficiente pa-

ra atender às necessidades de consumo atuais e é esperado que esta situação perdure ainda por muitos anos. Numa realidade oposta, nos países desenvolvidos, a necessidade de alimentos não mais constitui um problema, mas os excedentes de produção, que resultam no acúmulo de estoques, e os crescentes problemas ambientais associados aos sistemas intensivos de produção normalmente utilizados, tornaram-se questões básicas na formulação de políticas de uso da terra (VERHEYE, 1987).

É impossível planejar alguma coisa que não se conhece. No planejamento agrícola ou no planejamento sustentável do uso da terra, existe uma seqüência que precisa ser seguida, independentemente dos métodos que se pretenda usar para realizar cada etapa. Para planejar é preciso avaliar, para avaliar é preciso conhecer, e para conhecer é preciso caracterizar (Fig. 1). Numa seqüên-

cia lógica, parte-se dos levantamentos e das caracterizações ambientais para as análises e avaliações, para finalmente ser possível realizar um planejamento consistente, com conhecimento da realidade para que possa ser implementado com sucesso (Fig. 2).

Observam-se, na maioria dos instrumentos de planejamento, dificuldades de compatibilizar os aspectos socioeconômicos com os aspectos ambientais. O ponto central deste conflito, segundo Souza e Fernandes (2000), está relacionado com o espaço territorial adotado para o planejamento, que na maioria dos casos tem seus limites de contorno estabelecidos artificialmente, como é o caso do espaço municipal, que tem seus limites estabelecidos por critérios político-administrativos, dificultando a harmonização dos interesses de desenvolvimento e de preservação ambiental.

¹Eng^a Agr^a, D.Sc. Solos e Ambiente, Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: helena@epamig.ufla.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc. Solos e Ambiente, Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: mines.alvarenga@epamig.br

³Geóloga, D.Sc., Prof^a Adj. UnB-FAV, Caixa Postal 4508, CEP 70910-970 Brasília-DF. Correio eletrônico: marilusa@unb.br

⁴Eng^a Agr^a, M.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: tatiana@ufla.br

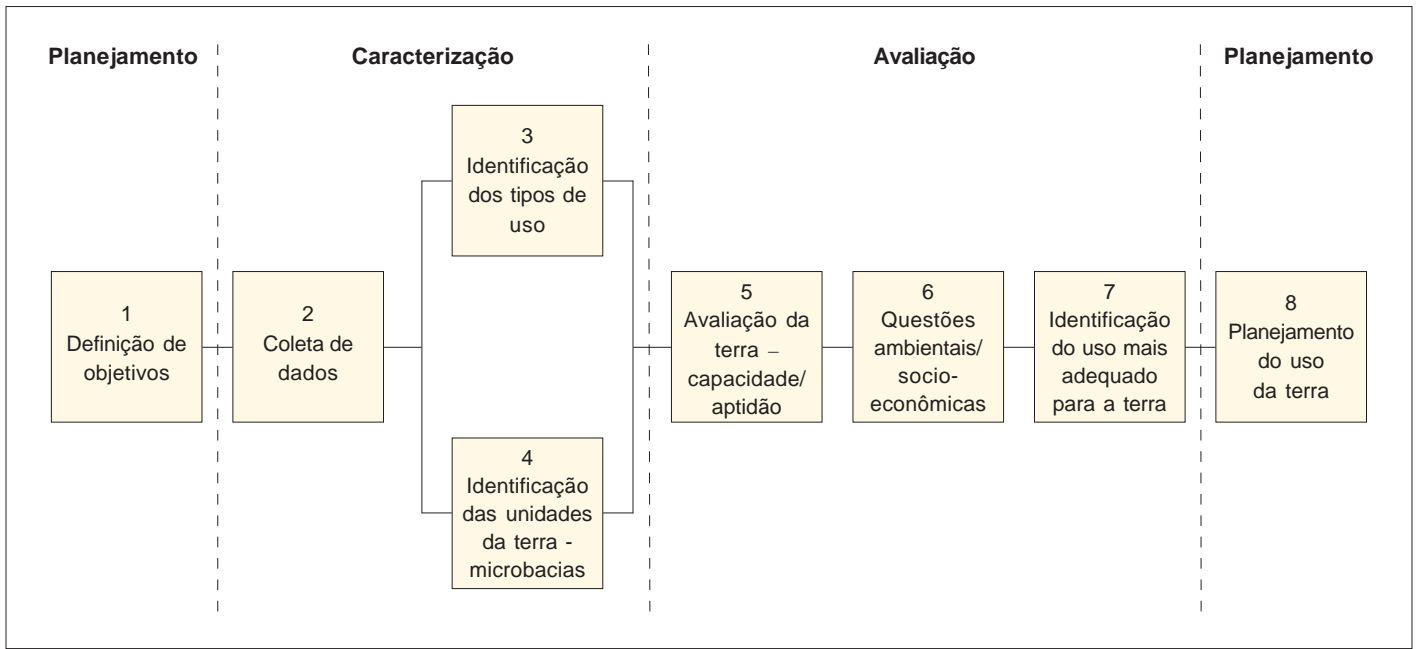


Figura 1 - Avaliação da terra como parte do processo de planejamento racional do uso
 FONTE: Dados básicos: FAO (1990).

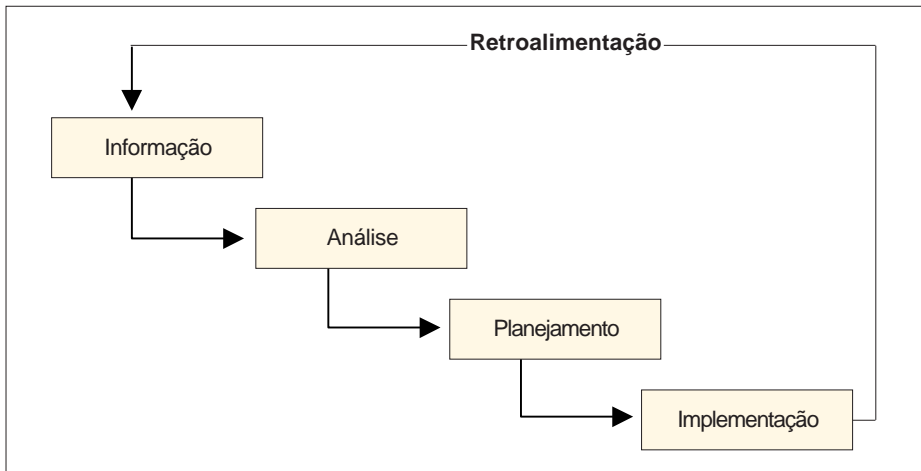


Figura 2 - Seqüência de etapas do planejamento do uso da terra
 FONTE: Vilchez (2002).

Para esses autores, as abordagens de planejamento e gestão, que utilizam a bacia hidrográfica como unidade básica de trabalho, são mais adequadas para a compatibilização da produção com a preservação ambiental. Por serem unidades geográficas naturais (seus limites geográficos – os divisores de água – foram estabelecidos naturalmente), as bacias hidrográficas possuem características biogeofísicas e sociais integradas. É neste nível que os problemas se manifestam. As pessoas residentes no local são, ao mesmo tempo, causadoras e

vítimas de parte desses problemas e, por terem que conviver com eles, têm mais interesse em resolvê-los.

Os programas de desenvolvimento agrícola sustentável preocupam-se com a conservação dos recursos naturais e envolvem a análise integrada destes recursos e dos seus mecanismos de interdependência (FAO, 1990). A rede de drenagem, a geologia, a geomorfologia e a vegetação são recursos naturais que interagem entre si e entre a distribuição de classes de solo, considerado o principal recurso natural na

elaboração dos planejamentos. O ecossistema agrícola, no entanto, é bastante heterogêneo, variável de acordo com as características dos meios físico e biótico que compõem a superfície terrestre, e suas interações proporcionam diferentes ambientes. O padrão de uso antrópico, agrícola ou não, é relacionado com esta distribuição de ambientes. Assim, o conhecimento dos recursos naturais permite avaliar a capacidade de uso das terras, que associada com as condições socioeconômicas constituirá a base do planejamento agrônomo.

Atualmente, a maioria dos profissionais de geociências usa meios computacionais para a manipulação da informação espacial. Uma das ferramentas mais importantes são os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) (VILCHEZ, 2002). Os SIGs combinam os avanços da cartografia automatizada, dos sistemas de manipulação de banco de dados e do sensoriamento remoto com o desenvolvimento metodológico da análise geográfica, para produzir um conjunto distinto de procedimentos analíticos que auxiliam planejadores e tomadores de decisão, mostrando as alternativas existentes por meio de modelos da realidade (ALVES et al., 2000).

CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS DA MICROBACIA

A caracterização fisiográfica de uma região é a base para qualquer estudo ambiental. O planejamento do uso sustentado dos recursos naturais requer, inicialmente, o levantamento e a organização/disponibilização de informações sobre o ambiente. O conhecimento sobre o meio físico de uma região possibilita a análise dos resultados de produção obtidos, o entendimento das variações encontradas e sua extrapolação para outros locais. O conhecimento de sistemas complexos como os agroecossistemas requer, contudo, a subdivisão deles em partes ou em estratos mais homogêneos, que depois de caracterizados são novamente integrados ao todo (RESENDE, 1985).

Desde 1980, ocorrem mudanças significativas nas técnicas utilizadas nos levantamentos de recursos naturais. Os sistemas computadorizados e o geoprocessamento têm modificado esta atividade do ponto de vista metodológico, tornando-a mais ágil e precisa. Os SIGs oferecem como vantagem a possibilidade de armazenar, em um banco de dados, informações e planos temáticos de diversas modalidades e em diferentes formatos, associando a agilidade e a versatilidade dos meios computadorizados aos procedimentos da análise geográfica. O sensoriamento remoto possibilita ao planejador a visualização do uso atual da terra, bem como um meio para planejar o seu melhor uso, com base em informações disponibilizadas pelos SIGs. Estas informações originam-se de estratificação e/ou cruzamentos de temas de informação do meio físico, tais como classes de declive, geoforças de relevo e classes de solos. O uso de imagens satélites e fotografias aéreas, apoiadas por observações da realidade, pode reduzir os trabalhos de campo e aumentar a precisão da representação da superfície do solo (BASHER, 1997).

Rede de drenagem

Uma microbacia hidrográfica é definida como o conjunto de terras drenadas por

um rio principal e seus afluentes, cuja delimitação é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas que delimitam a microbacia são definidas pela conformação das curvas de nível existentes na carta topográfica e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada (CUNHA; GUERRA, 1996). Constituem um ecossistema completo, facilmente monitorável em todos os seus aspectos, adequado aos estudos do comportamento e da dinâmica dos fatores ambientais, e que permite a avaliação da conservação dos recursos naturais, em razão desta inter-relação dos seus atributos bióticos e abióticos. A avaliação ambiental de uma paisagem e dos seus principais componentes naturais pode ser realizada por intermédio da avaliação dos recursos naturais de uma microbacia representativa

de tal paisagem como um todo. Sua caracterização pode ser realizada pela hierarquização de seus canais de drenagem, ou seja, a definição do seu número de ordem, que pode ser feita de acordo com diversas metodologias, sendo a mais utilizada a hierarquização de microbacias proposta por Strahler (1952). Nesta metodologia, os menores canais, que iniciam a rede de drenagem, são considerados de primeira ordem. Quando dois canais de primeira ordem se unem, formam um de segunda ordem, que poderá receber um de primeira. A união de dois canais de segunda ordem forma um de terceira e assim sucessivamente. Desta forma, numa mesma escala e num mesmo tipo de ambiente, uma drenagem de primeira ordem terá sempre menor volume que uma de segunda, menor número de tributários, menor descarga recebida e assim por diante (Fig. 3).

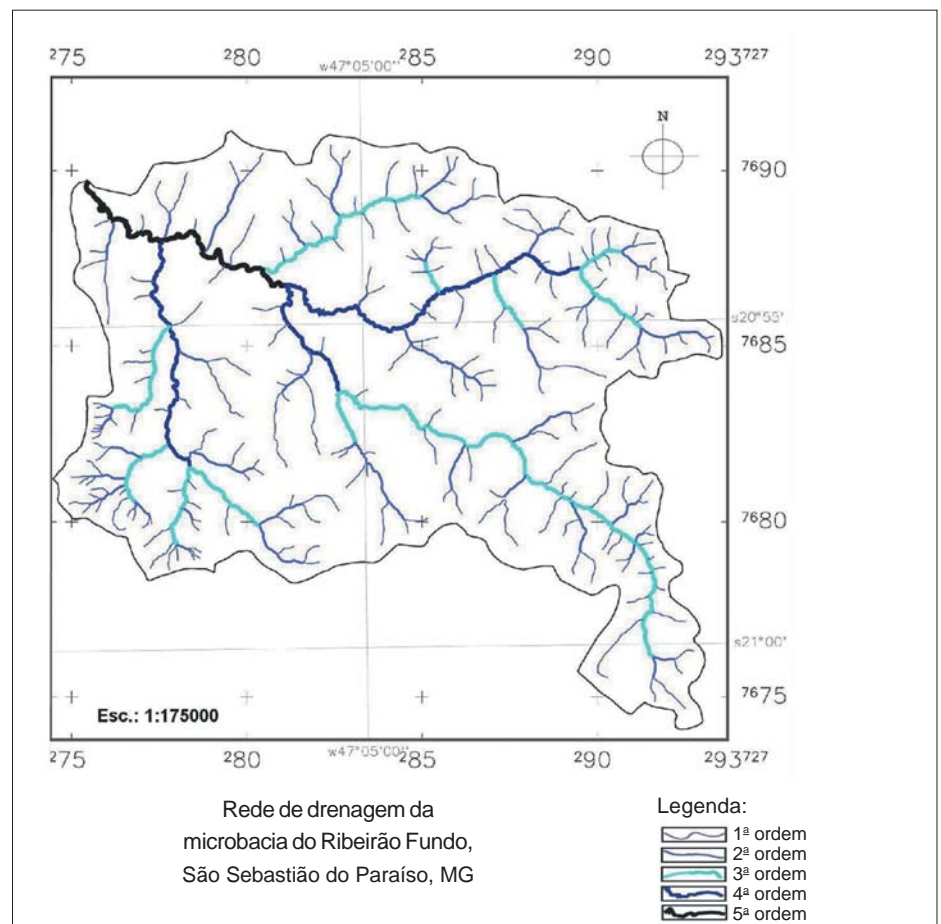


Figura 3 - Hierarquização da rede de drenagem da microbacia do Ribeirão Fundo, município de São Sebastião do Paraíso, MG

FONTE: Resende (2000).

NOTA: Metodologia proposta por Strahler (1952).

Microbacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório ou oceano. O sistema de drenagem formado é então considerado um sistema aberto, onde ocorre entrada e saída de energia (GUERRA; CUNHA, 1996), tendo a drenagem papel fundamental na evolução do relevo, uma vez que os cursos d'água constituem importantes modeladores da paisagem. França (1968) atribuiu as variações no padrão de drenagem à natureza do solo, à posição topográfica e à natureza e profundidade do substrato rochoso.

O modelo ou padrão de drenagem de uma região ou microbacia corresponde ao arranjo planimétrico dos cursos d'água, sugerindo uma tendência de arranjo. O estudo do padrão de drenagem é bastante útil, embora seja difícil estabelecer regras generalizadas.

Embora o padrão de drenagem desenvolvido em uma área seja, em grande parte, função da relação infiltração/escoamento, esta razão está intimamente relacionada com as características do solo, embora o substrato rochoso, clima, relevo e a cobertura vegetal da região exerçam influência. Solos relativamente arenosos, devido à textura grosseira, favorecem a infiltração em detrimento do deflúvio, mostrando um padrão pouco denso. Solos relativamente argilosos oferecem maior resistência à infiltração, favorecendo o deflúvio e criando um padrão de drenagem mais denso. Existem vários modelos relacionados com a forma que os drenos adquirem, condicionados ao substrato: dendrítico, treliça, radial, paralelo, anular e retangular. O modelo mais comum nas condições brasileiras é o dendrítico. Este padrão forma-se na presença de substrato que oferece resistência uniforme na horizontal (MARCHETTI; GARCIA, 1986).

Geomorfologia e geologia

A geomorfologia expressa a forma, a gênese e a evolução do modelado dos rele-

vos da paisagem, que representam a expressão espacial de uma superfície, compondo diferentes configurações da paisagem morfológica. É o seu aspecto visível – a sua configuração – que caracteriza o modelado topográfico de uma área, no caso em questão, de uma microbacia hidrográfica. Entretanto, a geomorfologia não se detém apenas em estudar a topografia, pois envolve os processos responsáveis pela configuração de um relevo, que podem ser endógenos ou exógenos. Os endógenos referem-se às mudanças ocorridas na litosfera, enquanto os processos exógenos traduzem as mudanças ocorridas na atmosfera, biosfera e hidrosfera. Na verdade, a gênese de um relevo é elaborada pela integração de ambos os processos no espaço e no tempo (ROSTAGNO, 1999).

A geomorfologia moderna procura, ainda, entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura entender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática.

Guerra e Cunha (1996) ressaltam que deve haver o entendimento da evolução no espaço-tempo dos processos do modelado terrestre, tendo em vista as escalas de atuação desses processos, antes e depois da intervenção humana em um determinado ambiente. O geomorfólogo tem que estar muito atento a esta intervenção, que pode acelerar processos geomorfológicos, fazendo com que o que levaria décadas, séculos ou até milhares de anos para acontecer venha a ocorrer em poucos anos.

O relevo atual, cuja diversidade superficial é o produto do intemperismo da rocha e da ação da cobertura vegetal, somente pode ser compreendido à custa de uma investigação minuciosa das coberturas superficiais, sem esquecer que a base litológica da paisagem é muito influenciada pelos diferentes domínios climáticos. Portanto, como componente da paisagem, associado aos demais, o modelado de uma paisagem representado por uma microbacia pode ser considerado como uma grande moldura que encaixa e acomoda os recursos da natureza.

Já a geologia envolve o estudo do substrato rochoso de uma dada região ou de uma microbacia, compreendendo a composição, as propriedades físicas e químicas, as formas características de ocorrência, os processos de origem e a idade geológica das rochas. Avalia-se também a resistência das rochas em relação aos agentes intempéricos/erosivos, segundo a origem e a constituição mineralógica, responsáveis pela elaboração das formas de relevo e pela pedogênese.

A natureza das rochas, representada basicamente pela constituição mineralógica/geoquímica e estruturação, sob a ação de diferentes condições morfoclimáticas e agentes de erosão, tais como águas correntes (erosão linear ou vertical), erosão mecânica sob variações da temperatura e decomposição química, reflete o comportamento das rochas em relação à erosão. Assim, ocorrem rochas mais e menos resistentes ao intemperismo. De acordo com o comportamento das rochas diante da erosão, podem-se classificar os principais tipos de rocha com relação ao grau de resistência ao intemperismo em:

- a) rochas mais resistentes ao intemperismo: rochas magmáticas ácidas (granitos leucocráticos) e rochas psamíticas (quartzitos e arenitos);
- b) rochas menos resistentes ao intemperismo: rochas magmáticas básicas (gabros e basaltos) e rochas sedimentares pelíticas (argilitos, siltitos, filitos e xistos).

Solos

Em uma microbacia hidrográfica, o conhecimento dos ecossistemas naturais, ocupados ou não por atividades antrópicas, é facilitado pela estratificação deles em segmentos representativos dos seus diversos recursos naturais. Estes interagem entre si e particularmente na distribuição dos solos, sendo a estratificação de ambientes, por intermédio do levantamento de solos, de grande utilidade no direcionamento de atividades agrossilvipastoris (RESENDE, 1985). O solo é o principal re-

curso natural para o aproveitamento agrícola, mas é um recurso que pode ser esgotado, se mal utilizado.

O solo é o produto final da atuação de fatores ativos (clima e organismos) sobre rochas e sedimentos (fatores passivos), condicionado pelo tipo de relevo, ao longo de um determinado tempo. Assim, são definidos os fatores de formação de solos, que podem ser simplificados pela equação abaixo:

$$\text{SOLO} = F(\text{material de origem, relevo, clima, organismos e tempo})$$

A atuação conjunta desses fatores origina diversos tipos de solos, porque mesmo que a maior parte dos fatores de formação do solo seja mantida, ao variar um desses componentes, têm-se produtos diferentes. Por exemplo, comparando-se os solos de topo e base de uma encosta, eles vão-se diferenciar pelo menos na profun-

didade e no teor de matéria orgânica de seus horizontes. Verifica-se uma tendência geral de encontrar solos mais rasos e mais férteis, em condições de clima seco e quente, e solos mais profundos e ácidos, em condições de clima frio e úmido, quando originados do mesmo material de origem. Em bioclimas mais ativos (elevada precipitação e/ou temperatura), os solos são mais desenvolvidos do que em condições de bioclimas menos ativos. A idade do solo está mais relacionada com o desenvolvimento do perfil do que com a idade cronológica propriamente dita. Dessa forma, a idade é avaliada pelo número e desenvolvimento dos horizontes e/ou camadas diferenciadas de solo em um perfil (Fig. 4).

Os solos mais desenvolvidos são constituídos pela seqüência de horizontes O ou H - A - B - C, assentados sobre (R), que representa a rocha, material originário dos solos. A espessura e desenvolvimento

desses horizontes variam em função dos fatores de formação dos solos e, de maneira geral, quanto mais distante da superfície está o material de origem, mais velho (intemperizado) é o solo.

O horizonte A é o horizonte mineral superficial dos solos e pode estar sobreposto aos horizontes O ou H, que são de natureza orgânica. O horizonte subsuperficial denominado B, quando presente é também horizonte diagnóstico, por ser aquele que define a classe de solo de acordo com o desenvolvimento de características pedogenéticas específicas. Os mais comuns em condições brasileiras são o horizonte B latossólico (Bw) que é o horizonte diagnóstico dos Latossolos, o horizonte B textural (Bt), diagnóstico de várias classes de solos, sendo a mais comum a dos Argissolos, e o B incipiente (Bi), diagnóstico de Cambissolos. Já o horizonte C é aquele que se encontra menos intemperizado, mais próximo do material de origem, preservando sua composição e sua estrutura. Além destes, existem outros horizontes e camadas que definem e constituem outros solos, tais como o horizonte E, que marca o processo de translocação do horizonte A ao B, típico em solos com horizonte Bt (translocação de argila do horizonte A para o B) e podzóis (translocação de matéria orgânica e sesquióxidos de ferro do horizonte A para o B). O horizonte F pode estar presente em solos com mosqueados denominados plintitas (Fig. 4).

Os solos ocupam posição peculiar nos ecossistemas porque são o resultado da ação conjunta de vários fatores ambientais e, ao mesmo tempo, são importantes componentes do ambiente, por serem suporte de desenvolvimento de várias formas de vida, que sustentam outras formas de vida e assim sucessivamente, constituindo a base da transferência de energia na terra. Assim, dependendo do produto formado, o que inclui a influência marcante do clima, tem-se uma determinada cobertura vegetal e os demais componentes ambientais a ela associados, o que expressa uma determinada relação ambiental e, conseqüentemente, uma determinada paisagem. O uso

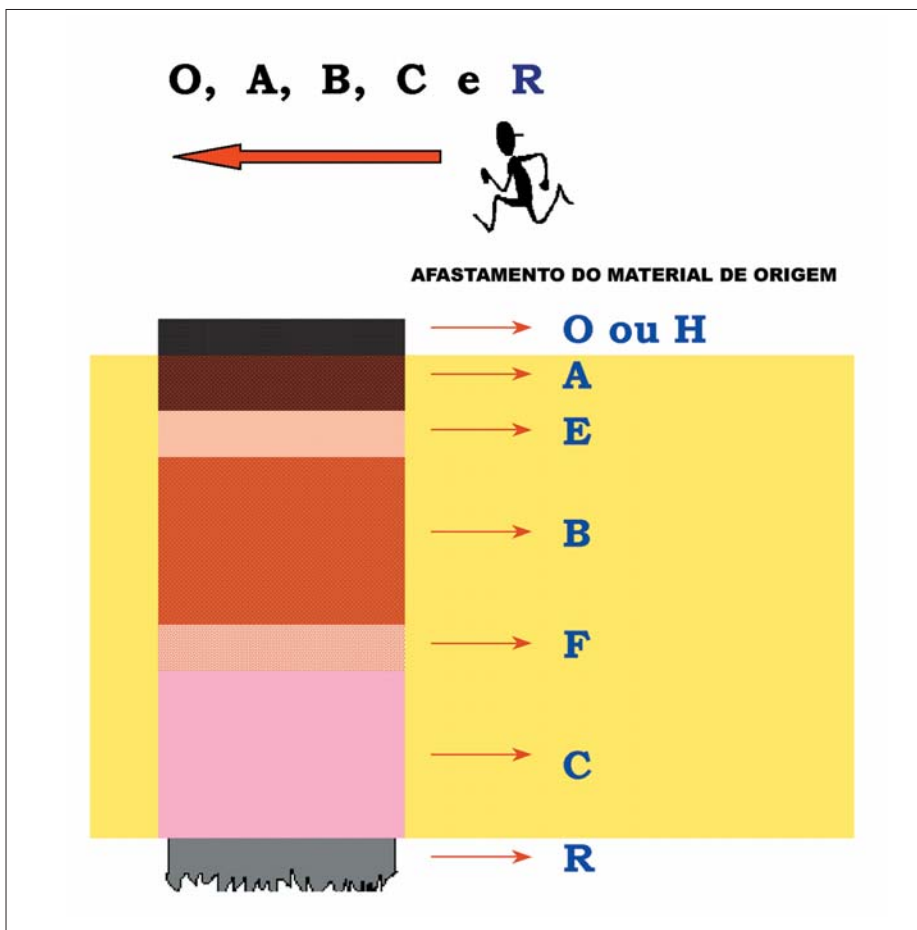


Figura 4 - Perfil hipotético de solo mostrando sua subdivisão em horizontes

antrópico dos solos também implica em relações ambientais, porque qualquer alteração provoca reações no ambiente, que busca um novo equilíbrio ou novas relações. Entretanto, em qualquer circunstância, o solo sempre será um suporte para a transferência de energia na terra.

Levantamento de solos

Para estudos de planejamentos sustentáveis de uso das terras (tais como aptidão agrícola e capacidade de uso das terras) em um determinado ecossistema, como uma microbacia, são necessários inicialmente a realização do levantamento, classificação e avaliação das características químicas e físicas dos solos distribuídos nessa microbacia.

O levantamento de solos é efetuado com o exame e a identificação dos solos no campo, estabelecendo seus limites geográficos, que são representados em mapas e complementados com a descrição e a interpretação deles, de acordo com as várias finalidades a que se destinam (LEPSCH et al., 1991). De acordo com Larach (1981), os objetivos de um levantamento de solos são:

- a) determinar suas características;
- b) classificar os solos em unidades definidas de um sistema uniforme de classificação, de acordo com a nomenclatura padronizada;
- c) estabelecer e locar seus limites, mostrando, em um mapa, sua distribuição e arranjo (representação gráfica);
- d) prever e determinar sua adaptabilidade para diferentes aplicações.

Existem vários tipos de levantamento de solos, cada um adequado a determinado objetivo. O objetivo e a precisão das informações apresentadas determinam o tipo de levantamento e, em consequência, as decisões a respeito da composição das unidades de mapeamento, das características taxonômicas a ser utilizadas, dos métodos de prospecção, da densidade de observações e frequência de amostragem e da qua-

lidade e escala do material cartográfico, tal como mostrados no Quadro 1. O mapa de solos constitui a representação cartográfica de uma região, cuja paisagem apresenta-se estratificada em unidades de mapeamento, cujo grau de homogeneidade depende do nível de detalhe e escala com que foi feito o levantamento.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DAS TERRAS

Avaliação da terra: um conceito mais abrangente

Segundo a FAO (1976), a avaliação da terra é:

“processo de predizer o comportamento da terra quando usada para atividades específicas, envolvendo a execução e interpretação de levantamento do relevo, solos, vegetação, clima e outros aspectos do ambiente, com o objetivo de identificar e comparar tipos potenciais de uso aplicáveis à finalidade da avaliação”.

De uma forma mais simplificada, Dent e Young (1981) definiram avaliação da terra como “o processo de estimar o seu potencial para tipos alternativos de uso”. Esses usos incluem desde a produção agropecuária e florestal até os mais variados tipos de serviços e/ou benefícios tais como recreação, turismo, conservação da vida silvestre, engenharia e hidrologia, entre outros. Trata-se de um tema amplo e complexo, para o qual muitas disciplinas devem contribuir. Em primeiro lugar, é importante fazer uma distinção clara entre os conceitos de solo e terra. A terra não deve ser confundida com o solo porque ela é mais ampla e, de acordo com Lepsch (1987), deve-se sempre preferir o termo terra quando aplicável às avaliações do meio físico, evitando-se expressões tais como aptidão dos solos ou aptidão edáfica. Cabe salientar que, não obstante, neste conceito mais amplo de terra, segundo o qual o solo seria apenas um componente entre tantos outros, as informações sobre solos, suas propriedades e distribuição são, de acordo com

Nortcliff (1988), imprescindíveis nas avaliações do potencial das terras. Beek (1984) vai além ao afirmar que a avaliação do potencial da terra desenvolveu-se a partir dos estudos de interpretação dos levantamentos de solos, e que a base de qualquer avaliação consistente do potencial da terra deve ser um levantamento sistemático do solo. Na prática, observa-se que é o pedólogo quem geralmente lida com a integração de informações de outras áreas.

De acordo com a definição da FAO (1995), terra é:

“uma área delineável da superfície terrestre, que abrange todos os atributos da biosfera imediatamente acima ou abaixo desta superfície, incluindo aqueles atributos climáticos próximos à superfície, o solo e as formas de relevo, a hidrologia superficial (incluindo lagos pouco profundos, rios, mangues e pântanos), capas sedimentares subsuperficiais e as reservas de água subterrâneas associadas a elas, as populações de plantas e animais, os padrões de povoamento humano e os resultados físicos da atividade humana passada e presente (terraços, depósitos de água ou estruturas de drenagem, estradas, edificações etc.)”.

Métodos de avaliação do potencial de produção das terras: de capacidade para aptidão

A avaliação do potencial de produção das terras tomou distintas formas no decorrer dos tempos, sendo realizada e designada pelos mais diversos métodos (DIEPEN et al., 1991). Entre estes, o que se tornou provavelmente mais conhecido é o Sistema de Classificação da Capacidade de Uso da Terra - USDA Land Capability Classification (KLINGEBIEL; MONTGOMERY, 1961), que foi largamente difundido, tendo sido adaptado e aplicado em diversos países, além dos Estados Unidos, onde foi originalmente desenvolvido, inclusive no Brasil.

QUADRO 1 - Tipos de levantamento de solo e suas características

Levantamento pedológico	Objetivos	Escala de publicação	AMM	Métodos de prospecção	Material cartográfico e sensores remotos básicos	Constituição das unidades de mapeamento
Mapa esquemático	Visão panorâmica da distribuição dos solos	$\leq 1:1.000.000$	$> 40 \text{ km}^2$	Generalizações e amplas correlações com o meio ambiente	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, em pequenas escalas	Associações extensas de vários componentes
Exploratório	Informação generalizada do recurso do solo em grandes áreas	1:750.000 a 1:2.500.000	22,5 a 250 km^2	Extrapolações, generalizações, correlações e observações de campo	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, fotoíndices, em pequenas escalas	Associações amplas de até cinco componentes
Reconhecimento baixa intensidade	Estimativa de recursos potenciais de solos	1:250.000 a 1:750.000	2,5 a 22,5 km^2	Verificações de campo e extrapolações	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, carta imagem, em pequenas escalas	Associações de até quatro componentes, unidades simples
Reconhecimento média intensidade	Estimativa de natureza qualitativa e semi-quantitativa do recurso do solo	1:100.000 a 1:250.000	40 ha a 2,5 km^2	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, carta imagem, em escalas $\geq 1:250.000$ e fotografias aéreas em escala $\geq 1:120.000$	Associações de até quatro componentes, unidades simples
Reconhecimento alta intensidade	Avaliação da natureza qualitativa e quantitativa de áreas prioritárias	1:50.000 a 1:100.000	10 a 40 ha	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Mapas planialtimétricos, carta imagem, em escalas $\geq 1:100.000$ e fotografias aéreas em escala $\geq 1:60.000$	Associações de até três componentes, unidades simples
Semidetalhado	Planejamento e implantação de projetos agrícolas e de engenharia civil	$\geq 1:100.000$ ($\geq 1:50.000$)	$< 40 \text{ ha}$	Verificações de campo ao longo de toposseções selecionadas e correlações solos-superfícies geomórficas	Mapas planialtimétricos $\geq 1:50.000$, restituições aerofotográficas $\geq 1:50.000$, levantamentos topográficos e fotografias aéreas em escala $\geq 1:60.000$	Associações de até três componentes e complexos, unidades simples
Detalhado	Execução de projetos, uso intensivo do solo	$\geq 1:20.000$	$\leq 1,6 \text{ ha}$	Verificações de campo ao longo de toposseções, caminhamentos e quadrículas, e relações solos-superfícies geomórficas	Mapas planialtimétricos, restituições aerofotográficas, levantamentos topográficos com curvas de nível e fotografias aéreas em escala $\geq 1:20.000$	Unidades simples, complexos e associações
Ultradetalhado	Estudos específicos, localizados	$\geq 1:5.000$	$\leq 0,1 \text{ ha}$	Malhas rígidas	Plantas, mapas planialtimétricos, levantamentos topográficos com curvas de nível a pequenos intervalos, em escala $\geq 1:5.000$	Unidades simples

FONTE: Embrapa (1989).

NOTA: AMM - Área mínima mapeável.

A avaliação da capacidade de uso da terra refere-se a usos agrícolas generalizados e não a culturas ou práticas específicas (Fig. 5). O sistema agrupa as glebas em um pequeno número de categorias ou classes hierarquicamente ordenadas, de acordo com os valores limites de um número de propriedades do solo e do local. Existe sempre, dentro do sistema, uma seqüência de usos prioritários ordenados de forma descendente, do mais desejável ao menos desejável. Normalmente a seqüência horticultura, lavouras anuais, pastagem, silvicultura e recreação/preservação está implícita. Espera-se que a terra de maior

capacidade de uso seja versátil, permitindo uso intensivo e vários tipos de empreendimento, enquanto a terra na menor classe de capacidade pode ser utilizada apenas para recreação ou preservação ambiental. À medida que a classe de capacidade de uso decresce, o número de usos possíveis também decresce. A terra é classificada com base em suas limitações permanentes. Isso implica na comparação de certas características de cada gleba com os valores críticos de cada classe de capacidade de uso. Caso uma única limitação seja suficientemente grave para rebaixar a terra a uma classe inferior, esta será a classificação final,

não importando quão favoráveis sejam as outras características (DENT; YOUNG, 1981; MCRAE; BURNHAM, 1981).

O sistema de classificação da capacidade de uso da terra foi originalmente desenvolvido para orientar os produtores americanos quanto ao planejamento do uso sustentado de suas propriedades, e para este propósito o sistema provou-se adequado. O mapa de capacidade de uso mostra ao produtor que gleba da fazenda pode ser usada para cada finalidade e quais as práticas de conservação do solo devem ser empregadas. Ele é relativamente fácil de ser apresentado e tem-se mostrado simples de ser adaptado a diferentes ambientes físicos e/ou níveis de tecnologia. A principal desvantagem do sistema, contudo, é que ele é essencialmente uma graduação da terra para uso com culturas aráveis, proporcionando uma escala simples de melhor para pior (DENT; YOUNG, 1981). Outras restrições ao sistema salientadas por Lanen (1991) são a inexistência de informação da aptidão para culturas específicas, com necessidades agroecológicas distintas; superavaliação da capacidade de uso de terras com inúmeras pequenas limitações; e a forma insatisfatória como as limitações climáticas são abordadas. O sistema baseia-se nos fatores negativos da terra, ou seja, nas limitações, e os fatores socioeconômicos são levados em consideração apenas como referência.

Paralelamente ao sistema de capacidade de uso e suas várias modificações e adaptações, outras propostas foram desenvolvidas em associação com a geografia e a geomorfologia, utilizando unidades da paisagem que são identificadas através da interpretação de fotografias aéreas. Assume-se, basicamente, que diferenças visíveis nessas unidades refletem diferenças dos recursos naturais, que podem ser traduzidas em termos do potencial de uso da terra e das práticas de manejo requeridas (DIEPEN et al., 1991). Um exemplo destes sistemas é o Sistema de Levantamento de Terras (*Land System Survey*) desenvolvido pelo *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO) na Austrália. Este

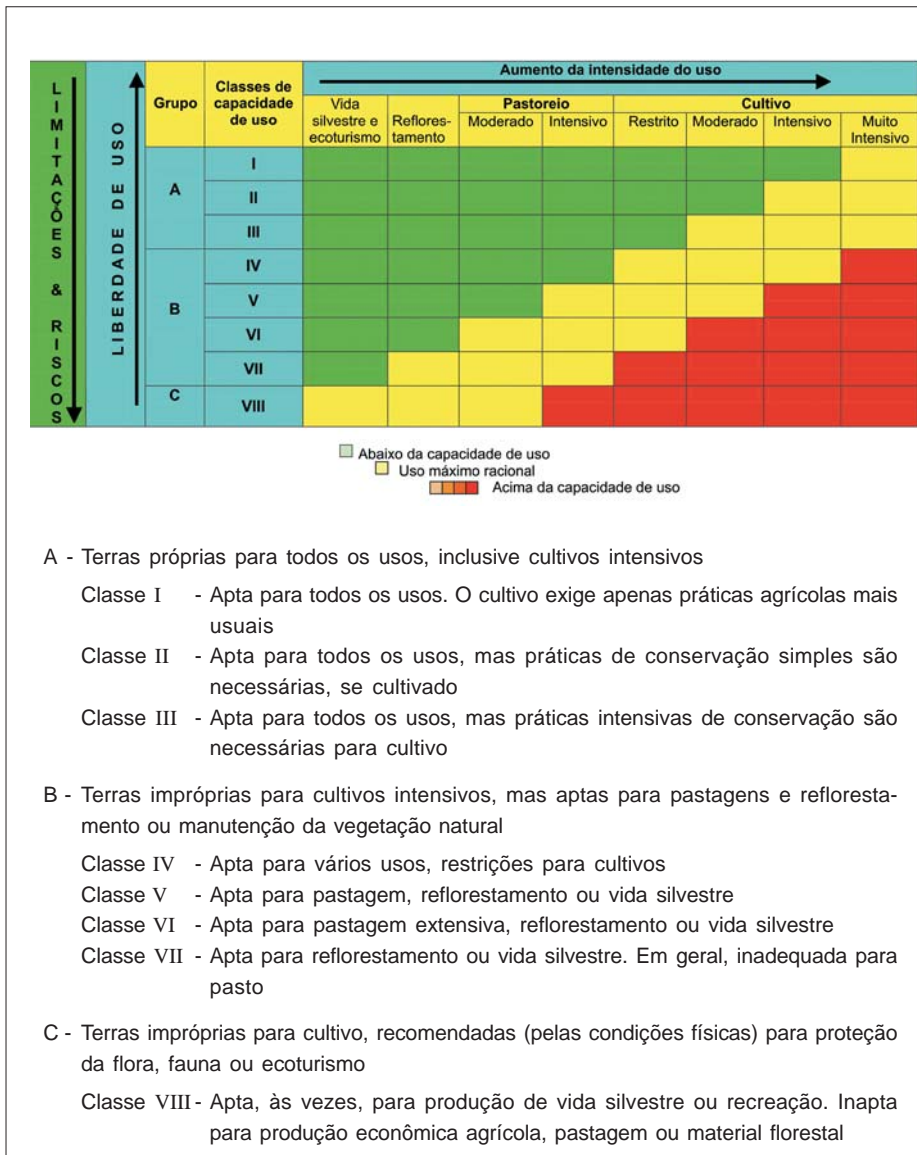


Figura 5 - Sistema de capacidade de uso das terras

FONTE: Dados básicos: Lepsch (2002).

método formou a base para um tipo de avaliação conhecido como levantamento integrado (CHRISTIAN; STEWART, 1968), que influenciou no desenvolvimento de avaliações que usam o conceito de terra como unidade espacial básica ao invés do conceito mais restrito de solo.

O surgimento de diferentes propostas e métodos para a avaliação da terra resultou muitas vezes em dificuldades na troca de informações. Para atender à necessidade de uma padronização da metodologia e da terminologia, a FAO produziu em 1976 seu sistema para avaliação da terra - *A Framework for Land Evaluation* (FAO, 1976), que estabelece um conjunto de princípios e conceitos básicos sobre quais procedimentos para a avaliação do potencial das terras podem ser construídos. Desta forma ele não constitui um sistema de avaliação propriamente dito, mas uma metodologia ou filosofia de trabalho, que serve como base para o desenvolvimento de sistemas locais, regionais ou nacionais de avaliação, cuja finalidade é dar suporte ao planejamento do uso agrícola das terras. Para o desenvolvimento destes conceitos, a FAO combinou a experiência dos sistemas americanos de interpretação de levantamentos de solos e a classificação da terra com a experiência dos levantamentos integrados (DIEPEN et al., 1991). No entanto, em função da longa associação do termo capacidade com os conceitos do sistema americano e suas várias interpretações, decidiu-se adotar um novo termo, aptidão (*suitability*), para expressar um novo conceito. Enquanto a avaliação da capacidade de uso da terra normalmente refere-se a usos agrícolas generalizados e não a culturas ou práticas específicas, aptidão, dentro do sistema FAO, refere-se à avaliação com relação a uma atividade ou tipo de uso da terra claramente definido e razoavelmente uniforme (NORTCLIFF, 1988).

Os procedimentos a ser seguidos numa avaliação do tipo FAO dependem do objetivo, do nível de detalhe do estudo e do grau de integração da informação econômica. A essência do processo, no entanto, é comparar as qualidades de cada unidade

de terra com os requerimentos de cada tipo de uso. Inicia-se com a identificação dos tipos de uso relevantes. Com base nesses tipos, os requerimentos são estabelecidos, caracterizando-se o que a terra, idealmente, deveria oferecer. O próximo passo é a descrição das unidades de terra, com a determinação das qualidades relevantes, propiciando informação sobre aquilo que a terra realmente oferece. O processo de combinação ou comparação é uma síntese em que as qualidades da terra são comparadas aos requerimentos dos tipos de uso, a fim de se obter a aptidão de cada unidade de terra para cada tipo de uso considerado. Cabe ressaltar que existe um caráter cíclico nesse procedimento, que permite o refinamento dos tipos de uso, os requerimentos desses usos e as qualidades das unidades de terra, com a conseqüente revisão dos resultados da avaliação, até que os objetivos sejam atingidos. O processo é normalmente dividido em dois estádios, sendo primeiro estabelecida a aptidão biofísica, sobre a qual é sobreposta a avaliação socioeconômica. A avaliação é concluída com a checagem a campo das aptidões estimadas. A aptidão final é expressa em duas ordens, apta e não apta, que por sua vez são subdivididas, conforme mostra a Figura 6.

As terras permanentemente inaptas (N2) englobam as unidades de terra com limitações que não podem ser melhoradas.

Sistema brasileiro de avaliação da aptidão agrícola das terras

O primeiro sistema para avaliação de terras no Brasil foi desenvolvido por Bennema

et al. (1964). Este sistema usava quatro classes definidas para culturas de ciclo longo e de ciclo curto, sob diferentes níveis de manejo. Essa classificação foi posteriormente modificada por Ramalho et al. (1978), para o sistema atualmente em uso, e passou a incluir, entre outras modificações, diferentes tipos de uso, tais como pastagens naturais e artificiais, reflorestamento e florestas e preservação da flora e da fauna. Ramalho et al. (1978) tentaram incluir na metodologia não apenas os conceitos do sistema de capacidade de uso americano, mas também conceitos expressos pela FAO. Da mesma forma que no sistema americano, assume-se, no sistema brasileiro de aptidão agrícola, uma seqüência hierárquica de usos, que está implícita na própria estrutura categórica do sistema. Ou seja, numa seqüência descendente de aspiração, a melhor terra é alocada para as culturas anuais e a terra inapta para essa finalidade é classificada para outros usos menos intensivos. A justificativa para essa seqüência é a maior importância do primeiro grupo em termos de produção de alimentos, e o fato de essas culturas serem mais exigentes em termos de requerimentos. Assume-se da mesma forma que, se a terra é apta para as culturas de ciclo curto, ela também será apta para culturas de ciclo longo e outros usos menos intensivos. Esse procedimento poderia ser questionado, pois os requerimentos das diferentes culturas não obedecem a esse tipo de divisão. Um outro ponto é que apenas as terras consideradas inaptas para outros usos, e que estão nas classes

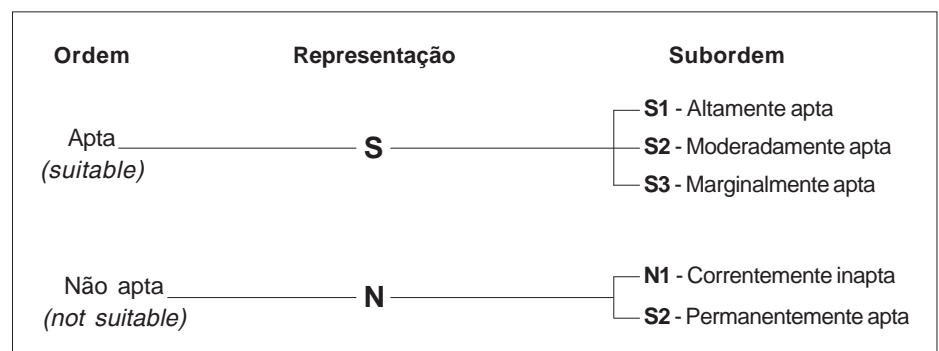


Figura 6 - Sistema FAO para avaliação da aptidão das terras

FONTE: FAO (1976).

hierarquicamente mais baixas, são recomendadas para preservação ambiental. Essa associação de marginalidade e preservação ambiental não pode mais ser aceita.

De acordo com Ramalho e Beek (1995), outros princípios do sistema são:

- a) a relação favorável entre entradas/saídas, com base nas tendências econômicas históricas, apesar de que, de forma subjetiva, é um dos critérios para a alocação da terra em uma determinada classe de aptidão;
- b) a classe de aptidão não indica necessariamente o melhor uso da terra, nem o mais rentável. É mais uma indicação da melhor alocação de recursos no nível de planejamento regional;
- c) a metodologia foi desenvolvida para a avaliação de grandes áreas e tem que ser ajustada para ser aplicada em pequenas propriedades;
- d) a localização e o acesso ao mercado, bem como as condições das vias de escoamento, não são levados em consideração, independentemente da importância que esses fatores possam ter na viabilidade econômica de um determinado tipo de uso em um lugar específico.

Dentro de um contexto técnico, social e econômico, e considerando as práticas agrícolas da maioria dos produtores rurais da região a ser avaliadas, são reconhecidos três níveis de manejo:

- a) nível A: baixo nível tecnológico, com baixa aplicação de capital e práticas agrícolas com base no trabalho braçal e no uso de tração animal;
- b) nível B: médio nível de tecnologia e manejo, e modesta inversão de capital. Emprego de algumas práticas conservacionistas, ainda prevalecendo o uso da tração animal;
- c) nível C: alto nível de tecnologia com aplicação intensiva de capital, práticas conservacionistas, mecanização em todas as fases e emprego de resultados recentes de pesquisa.

Pastagens artificiais e reflorestamento são avaliados apenas no nível B e pastagens naturais apenas no nível A.

O sistema é estruturado em três categorias: grupo, subgrupo e classes de aptidão. Os seis grupos existentes identificam, no mapa, o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão e podem ser comparados às classes do sistema americano. Os primeiros três grupos podem ser utilizados em culturas aráveis, mas são diferenciados pelas classes: boa, regular e restrita. Os grupos 4, 5 e 6 indicam apenas o tipo de utilização, independentemente da classe de aptidão. A classe indica até que ponto a terra satisfaz os requerimentos do tipo de uso, refletindo, portanto, a intensidade das limitações. A divisão é feita com base no sistema da FAO (boa, regular, restrita e inapta). Com exceção da última classe, elas são representadas no mapa por letras, de acordo com o tipo de uso e o nível de manejo. O subgrupo é o resultado da avaliação da classe de aptidão relacionada com o nível de manejo e indicando o tipo de uso da terra. Os fatores limitantes ou qualidades usadas para a classificação são: deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Essas qualidades são graduadas qualitativamente em: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte. A graduação é feita correlacionando-se o tipo de uso e a unidade de terra e, após determinadas todas as limitações, o resultado é plotado em tabelas que determinarão a classificação final. As tabelas, elaboradas para condições de clima subtropical, tropical úmido e semi-árido, contêm os graus de limitação máximos que a terra pode apresentar, com relação aos cinco fatores citados, para pertencer a cada uma das categorias de classificação definidas.

O sistema brasileiro, apesar de ainda ser um sistema categórico, introduziu alguns conceitos do sistema da FAO. Ele não trabalha, por exemplo, com atributos isolados do solo como textura, permeabilidade etc., mas interpreta esses atributos em termos de qualidade do ambiente como disponibi-

lidade de água, nutrientes etc. Outra vantagem introduzida é a consideração de três níveis de manejo, importante para a melhor representação da realidade brasileira. Segundo Resende (1985), no entanto, os principais fatores que têm prejudicado a difusão da metodologia são a dificuldade de entendimento dela pelos não especialistas da área e a não aplicação do sistema em culturas ou usos específicos. Este autor sugere, como principais medidas para o aperfeiçoamento e popularização do uso desse sistema, a sua adaptação para utilização nas principais culturas do país e a melhor quantificação das qualidades ambientais usadas na avaliação.

Com relação às sugestões de Resende (1985), nota-se que as principais tendências na avaliação das terras observadas nas últimas décadas têm sido a mudança de avaliações generalizadas para as de usos mais específicos, o aumento na utilização de fatores relacionados unicamente com o solo e, principalmente, nas tentativas de quantificação dos resultados das avaliações. Na verdade, a necessidade de informação mais detalhada sobre a aptidão das terras a usos específicos parece existir não apenas nos países em desenvolvimento, mas também nos países desenvolvidos. Um estudo conduzido no Reino Unido e citado por Nortcliff (1988), cujo objetivo era comparar o nível de informação dos produtores rurais britânicos sobre a capacidade de suas terras com a adequação delas a usos específicos, evidenciou que, em termos de avaliação mais generalizada, os produtores estavam perfeitamente conscientes da qualidade de suas terras, embora muito menos informados sobre a real aptidão delas para as finalidades específicas que foram pesquisadas.

A tendência moderna na avaliação quantitativa do potencial de produção das terras é o uso de técnicas de análise de sistemas e modelos de simulação computadorizados, que permitem combinar, de forma mais dinâmica, dados ambientais com seus efeitos nas culturas. Esses modelos calculam a produção em resposta a fatores ambientais de controle do crescimento, com

base no conhecimento das relações fundamentais entre a performance da cultura, o clima e a água do solo, da forma como são manipulados pelo produtor. A avaliação pode então ser feita diretamente, através da aplicação de um modelo de cultura específico a um determinado local, ou de outra forma, utilizando os resultados dos modelos de várias culturas para desenvolver um zoneamento agroecológico. Apesar das vantagens que os modelos e sistemas quantificados oferecem, o que se observa é que a maioria das avaliações ainda é de natureza qualitativa. De acordo com Driessen (1988), isso explica-se em função do grande número de fatores, complexos e interativos que determinam o potencial de produção, e conseqüentemente da enorme quantidade de dados necessários a uma análise compreensiva e totalmente quantitativa. Na realidade, é muito difícil traçar a linha entre avaliação qualitativa e avaliação quantitativa. Diepen et al. (1991) definiram como métodos de avaliação quantitativa, aqueles que utilizam parâmetros numéricos para a avaliação e produzem resultados também numéricos. Lanen (1991) não concorda com esta definição. Para este autor, o resultado numérico apenas não é suficiente, e a avaliação física quantitativa está relacionada com a obtenção de resultados em termos de produção. O sistema da FAO (1976) originalmente restringia o caráter quantitativo ao uso de critérios econômicos na avaliação. Posteriormente (FAO, 1983) esse conceito foi revisado, e agora quantitativo refere-se à forma de expressar os resultados da avaliação. Uma divisão do processo em dois estádios foi proposta, sendo este o método normalmente utilizado pelos avaliadores. No segundo estádio, uma análise socioeconômica é sobreposta à análise da produção física da cultura, com a finalidade de decidir se o que é tecnicamente viável, é também economicamente recomendável e socialmente aceitável. De acordo com Purnell (1987), uma vez que os requerimentos dos inúmeros tipos de uso da terra são tão variados, espera-se que a quantificação seja introduzida de forma variada e isto deve ser, na verdade, encorajado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa interdisciplinar do uso da terra é um campo relativamente novo, apesar de os aspectos do uso da terra, particularmente a agricultura, a silvicultura e a ecologia, serem estudados há muitas décadas. Novos estudos têm surgido, propiciando a integração de resultados de várias disciplinas para um melhor entendimento do que é o uso da terra, o que determina o uso da terra, e que conseqüências futuras e mudanças no uso da terra podem causar. Desde 1980 têm ocorrido mudanças substanciais na metodologia e nos tipos de questões relativas aos recursos da terra formuladas por planejadores e administradores. A mudança tecnológica é refletida no crescente uso de técnicas de modelagem integradas a sistemas de informações geográficas, que oferecem possibilidades promissoras nas avaliações dos recursos naturais. Muita ênfase tem sido dada à simulação do crescimento das culturas através do uso de modelos. Não se deve esquecer, no entanto, que o uso da

modelagem na avaliação de terras depende da disponibilidade de dados sobre os recursos naturais. A isso se contrapõe o problema de os recursos financeiros governamentais alocados para levantamentos de solos ou do ambiente serem geralmente insuficientes. No futuro, os grandes desafios da pesquisa no campo da avaliação da terra serão a validação dos modelos e interligação a sistemas de informações geográficas, e o desenvolvimento de estudos integrados e multidisciplinares para as questões do uso da terra. Espera-se que, através desses avanços científicos, a avaliação da terra possa desempenhar um papel-chave na adoção de uma postura mais sensível no uso dos recursos naturais e na preservação ambiental. Entretanto, independentemente das metodologias a ser adotadas para a resolução dos problemas ambientais advindos do uso da terra, é imprescindível um planejamento que integre, de maneira sólida, todas as fases do processo, como sintetizado na Figura 7.

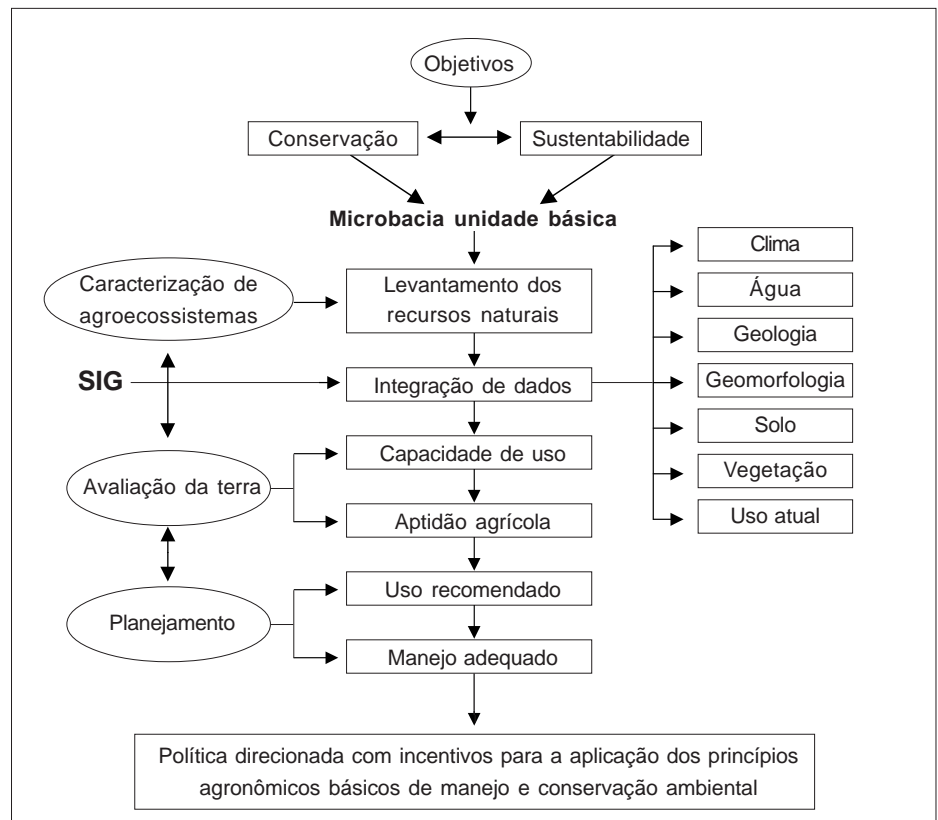


Figura 7 - Fluxograma do processo de planejamento do uso da terra

NOTA: SIG – Sistema de Informação Geográfica.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C.; ANDRADE, H. Sistemas de informação geográfica na avaliação de impactos ambientais provenientes de atividades agropecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.99-109, jan./fev. 2000.
- BASHER, L.R. Is pedology dead and buried? **Journal of Soil Research**, New Zealand, v.35, p.974-979, 1987.
- BEEK, K. J. Summary and conclusions. In: SEMINAR ON SOIL SURVEY AND LAND EVALUATION, 1983, Wageningen. **Proceedings...** Progress in land evaluation. Boston: A. A. Balkema, 1984. p.279-292.
- _____; BIE, C. A. de; DRIESSEN, P. M. La evaluación de las tierras (el método FAO) para su planeación y manejo sostenible: estado actual y perspectivas. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 24p. CD-ROM.
- BENEMMA, J.; BEEK, K.J.; CAMARGO, M.N. **Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos**. Rio de Janeiro: DPFS/DPEA/MA/FAO, 1964. Mimeografado.
- CHRISTIAN, C.S.; STEWART, G.A. Methodology of integrated surveys. In: REY, P. (Ed.). **Aerial surveys and integrated studies**. Paris: UNESCO, 1968. p.233-280.
- CUNHA, S.B. da; GUERRA, A.J.T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996. p.337-379.
- DENT, D.; YOUNG, A. **Soil survey and land evaluation**. London: George Allen and Unwin, 1981.
- DIEPEN, C.A. van; KEULEN, H. van; WOLF, J.; BERKOUT, J.A.A. Land evaluation: from intuition to quantification. **Advances in Soil Science**, New York, v.15, p.139-204, 1991.
- DRIESSEN, P.M. **The Q.L.E. primer: a first introduction to quantified land evaluation procedures**. Wageningen: University of Wageningen, 1988.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Normas e critérios para levantamentos pedológicos**. Rio de Janeiro, 1989. 94p.
- FAO. **A framework for land evaluation**. Rome: FAO, 1976. 72p. (FAO. Soils Bulletin, 32).
- _____. **Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture**. Rome: FAO, 1983. 231p. (FAO. Soils Bulletin, 52).
- _____. **Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach**. Rome: FAO, 1995. 60p. (FAO. Land and Water Bulletin, 2).
- _____. **Water and sustainable agricultural development**. Rome: FAO, 1990. 48p.
- FRANÇA, G.V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicadas a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996. 372p.
- KLINGEBIEL, A.A.; MONTGOMERY, P.H. **Land capability classification**. Washington: USDA, 1961. (USDA. Handbook, 210).
- LANEN, H.A.J. van. **Qualitative and quantitative physical land evaluation: an operational approach**. 1991. Thesis (Ph.D.) - University of Wageningen, Wageningen.
- LARACH, J.O.I. **Bases para leitura de mapas de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1981. 91p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea, 4).
- LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- _____. Influência dos fatores edáficos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p.83-111.
- _____; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- MCRAE, S.G.; BURNHAM, C.P. **Land evaluation**. Oxford: Clarendon Press, 1981.
- MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1986. 257p.
- NORTCLIFF, S. Soil and land evaluation. **Outlook on Agriculture**, v.17, p.169-174, 1988.
- PURNELL, M.F. Quantitative land evaluation in some FAO programmes. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUANTIFIED LAND EVALUATION PROCEDURES, 1986, Washington. **Proceedings...** Enschede, Netherlands: ITC, 1987. p.7-15. (ITC. Publication, 6).
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.
- _____; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Brasília: SUPLAN/EMBRAPA-SNLCS, 1978. 70p.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, ago. 1985.
- RESENDE, R.J.T.P. de. **Caracterização do meio físico de áreas cafeeiras do Sul de Minas Gerais por meio do SPRING**. 2000. 120p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ROSTAGNO, L. da S.C. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci - MG**. 1999. 66p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SOUZA, E.R. de; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**, Rochester, v.63, n.4, p.1117-1141, 1952.
- VERHEYE, W.H. Quantified land evaluation as a basis for alternative land use planning. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUANTIFIED LAND EVALUATION PROCEDURES, 1986, Washington. **Proceedings...** Enschede, Netherlands: ITC, 1987. p.144-146. (ITC. Publication, 6).
- VILCHEZ, J.L.Q. Análisis en planificación territorial. In: CONGRESO GEOEXPO, 4., 2002, Lima. **Edición extraordinária com las exposiciones y conclusiones...** Lima, 2002. p.19-22.

Desertificação: áreas de ocorrência e ações mitigadoras

Júlio César Azevedo Nóbrega¹
José Maria de Lima²
Rafaela Simão Abrahão Nóbrega³
Maria Inês Nogueira Alvarenga⁴

Resumo - No Brasil, as áreas suscetíveis à desertificação encontram-se restritas à Região Nordeste (exceto no estado do Maranhão) e no Norte do estado de Minas Gerais, especialmente no Vale do Jequitinhonha. É de suma importância conhecer suas causas, consequências, impactos, áreas de ocorrência e algumas medidas que estão sendo adotadas com êxito para conter, reverter e prevenir esse processo.

Palavras-chave: Terras secas; Degradação ambiental; Tecnologias de controle.

INTRODUÇÃO

As atividades humanas mudaram profundamente a superfície da terra. Aproximadamente 20% a 30% das terras livres de gelo têm sido transformadas com tal intensidade que as paisagens presentes não podem mais indicar o que constituía a paisagem primária. Dos 96 tipos de zonas de paisagens que antes existiam nas áreas de planícies no mundo, aproximadamente 40 desapareceram ou foram profundamente modificados (GOLUBEV, 1998).

Efeitos predatórios resultantes das ações transformadoras do homem, especialmente daquelas ligadas ao setor agrícola, têm sido identificados em todos os ecossistemas como a degradação dos solos, dos recursos hídricos e da diversidade biológica. A amplitude com que as atividades agrícolas impactam cada componente dos diferentes tipos de ecossistemas dependerá das dife-

rentes características ambientais de cada um, o que determinará sua maior ou menor capacidade de resistência.

A degradação ambiental em seus diversos níveis de intensidade tem sido alvo de preocupação de pesquisadores e governos de todos os países nas últimas décadas, uma vez que a consequência direta desse processo tem sido o empobrecimento generalizado do ecossistema e da população que dele depende. A relação entre pobreza e degradação ambiental tem-se mostrado mais acentuada e evidente em regiões de ecossistemas mais fragilizados (LEMOS, 1995), a exemplo das terras secas (termo inclusivo para áreas com clima árido, semi-árido e subúmido seco). No Brasil, essas áreas ocorrem em parte da Região Nordeste e no Norte do estado de Minas Gerais, além de outras em mais de cem países nos diferentes continentes. A degradação am-

biental nessas regiões é designada como desertificação e seus principais indicadores têm sido a redução da área coberta com vegetação, a perda da produtividade do solo, a salinização do solo etc.

Terras secas são caracterizadas pela limitada disponibilidade de áreas cultiváveis, limitada precipitação e alta variação e escassez de recursos hídricos (EL-BELTAGY, 1998). Apesar disso, são áreas extremamente importantes, entre outros aspectos, pelas características e recursos que apresentam.

O desafio que surge é como manejar esses ecossistemas para produção de alimentos e outras necessidades humanas sem ocasionar degradação do ambiente. Muitas iniciativas em diferentes regiões no mundo têm mostrado que isso é perfeitamente possível, quando se levam em consideração as limitações do ambiente restri-

¹Eng^a Agr^a, Doutorando UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jcesar@ufla.br

²Eng^a Agr^a, Ph.D., Prof. UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jmlima@ufla.br

³Eng^a Agr^a, Doutoranda, UFLA - Dep^{to} Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: rafaelanobrega@zipmail.com.br

⁴Eng^a Agr^a, D.Sc. Solos e Ambiente, Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: mines.alvarenga@epamig.br

tivas à sustentabilidade das produções vegetal e animal, exploração madeireira etc. e, conseqüentemente, a geração de renda, essencial à satisfação das necessidades humanas. Conhecer as causas, conseqüências e impactos, provenientes do processo de desertificação são fundamentais no desenvolvimento de tecnologias que ajudem a prevenir, conter e recuperar essas áreas, haja vista ser hoje a desertificação um dos mais sérios problemas sociais, econômicos e ambientais no mundo.

CONCEITO E DEFINIÇÃO DE DESERTIFICAÇÃO

Desertificação foi definida pela Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação (ONU, 1994) como sendo o processo de degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de fatores, tais como, variações climáticas e atividades humanas. Ao termo degradação da terra foi atribuído um sentido amplo, pois envolve a degradação dos solos e recursos hídricos, da vegetação e biodiversidade e a redução da qualidade de vida da população afetada.

Considerando essa definição, algumas afirmações podem ser feitas:

- a) desertificação é um termo que especifica processos de degradação não só do solo, como muitos ainda pensam, mas também dos recursos hídricos, da vegetação e da qualidade de vida das populações afetadas;
- b) não ocorre em todos os tipos de clima e ecossistemas. É um problema típico das regiões do planeta sob clima árido, semi-árido e subúmido seco, definidos a partir do índice de aridez (IA), razão entre os valores médios de precipitação anual (P) e da evapotranspiração potencial (ETP), ou seja:
 - hiper-árido ($IA < 0,05$);
 - árido ($0,05 < IA < 0,20$);
 - semi-árido ($0,21 < IA < 0,50$);
 - subúmido seco ($0,51 < IA < 0,65$);
 - subúmido e úmido ($> 0,65$).

Portanto, estão fora dessa definição, além das zonas polares, as desérticas, subúmidas e úmidas;

- c) possui como agentes causadores do processo não só fatores de ordem física, a exemplo do clima, mas a interação desse com as atividades humanas;
- d) embora desertificação e deserto tenham a mesma etimologia, eles significam fenômenos diferentes e, portanto, não se aplicam ao mesmo espaço geográfico. Desertos, segundo Nimer (1988), são fenômenos naturais resultantes da evolução de processos que alcançaram uma certa estabilidade final, independente da ação conseqüente ou inconseqüente do homem sobre o meio ambiente.

A preocupação com a degradação das terras secas e dos ecossistemas a elas associados surge:

- a) da extensão territorial que ocupam no planeta, mais de um terço da superfície do planeta (ONU, 1994), 51.720.000 km² do total de 136.224.000km², distribuídos em todos os continentes (MATALLO JÚNIOR, 2000);
- b) do contingente populacional que vive nessas áreas, mais de um sexto da população mundial, no geral, as mais miseráveis e pobres do planeta;
- c) da importância econômica que possuem, responsável por quase 22% da produção mundial de alimentos;
- d) da fragilidade ambiental que apresentam perante outros ecossistemas, quando mal manejados.

Essas áreas, juntamente com os desertos, as montanhas, as áreas alagadas, pequenas ilhas e certas áreas costeiras são consideradas ecossistemas frágeis, importantes pelas características e recursos únicos que possuem.

Pelo exposto anteriormente, conclui-se que a desertificação é um problema global

já que pode ocorrer em todos os continentes. No geral, a grande maioria dos países em desenvolvimento é diretamente afetada, especialmente no continente africano, embora o processo atinja também os países desenvolvidos e indiretamente quase todos através dos processos de mitigação, provocados pela situação de miséria. Segundo El-Beltagy (1998), a desertificação tem-se tornado a vanguarda das preocupações globais, fato demonstrado nas últimas décadas através do número de conferências internacionais e convenções sobre o tema, a exemplo da Convenção Internacional de Combate à Desertificação, ocorrida em 1994, e que hoje conta com a adesão de mais de cem países, inclusive o Brasil.

A justificativa para tanta preocupação com a desertificação decorre não só dos problemas econômicos, sociais e ambientais que esse processo pode causar, mas do fato de que do total de terras passíveis de sofrer desertificação (51.720.000 km²), a área já afetada encontra-se em processo bastante avançado.

Estudos do International Center for Arid and Semi-Arid Land Studies (ICASALS) da Universidade do Texas (UNEP, 1991), aceitos pelo Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (PNUMA), mostram que a desertificação, em diferentes níveis, atingiu um patamar de 69% (35.929.000 km²) da superfície passível de desertificação. Do total de área degradada, segundo UNEP (1991), 0,8% se deve à irrigação, 4,1% à agricultura de sequeiro e 64,6% à pecuária (em 50% desse total ocorre somente a degradação da vegetação e, no restante, 14,6%, ocorre degradação tanto da vegetação quanto do solo).

DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL: ÁREAS DE RISCO E ÁREAS SOB DESERTIFICAÇÃO

No Brasil, segundo a definição contida na Convenção Internacional de Combate à Desertificação, as áreas suscetíveis à desertificação encontram-se na região do Polígono das Secas que integra parte da Região Nordeste e de vários municípios do Norte

do estado de Minas Gerais, principalmente do Vale do Jequitinhonha, com área total de 980.711,58 km².

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 1993), a partir de trabalho realizado pelo Centro de Sensoriamento Remoto do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), identificaram-se na área total do Polígono das Secas - áreas de risco - três diferentes categorias de suscetibilidade: muito alta (238.644 km²), alta (384.030 km²) e moderada (358.037 km²). As duas primeiras referem-se, respectivamente, às áreas áridas e semi-áridas definidas pelo índice de aridez, enquanto a terceira resulta da diferença entre a área do Polígono das Secas e as demais categorias.

Nas áreas suscetíveis à desertificação, estudos considerados pelo MMA na elaboração do mapa de ocorrência da desertificação consideram que 60,47% da região do Polígono das Secas no Nordeste encontra-se efetivamente afetada pela desertificação, com níveis variados de intensidade, conforme verificado no Quadro 1.

Segundo os dados expostos no Quadro 1, a desertificação nessas áreas tem-se manifestado de duas maneiras:

- a) difusa no território, abrangendo diferentes níveis de degradação dos solos, da vegetação e dos recursos hídricos, o que a torna mais difícil a identificação;
- b) concentrada em pequenas porções do território, os chamados núcleos de desertificação, tidos como extre-

mamente graves dado o avançado grau de deterioração ambiental em que se encontram. São eles: Gilbués - PI, Irauçuba - CE, Seridó - RN/PB e Cabrobó - PE, totalizando uma área de 18.743,5 km².

CAUSAS E CONSEQÜÊNCIAS DA DESERTIFICAÇÃO

As causas da degradação das terras secas no mundo podem ser agrupadas em duas classes. Na própria definição, verifica-se que ela decorre tanto de fatores climáticos como da atividade humana. Embora parte da desertificação seja atribuída a causas naturais (mudanças climáticas, secas etc.) que tornam o ecossistema vulnerável ao processo, na sua grande maioria são as atividades humanas as principais causas da desertificação (EL-BELTAGY, 1998). Estas, por sua vez, estão indiretamente ligadas principalmente a fatores de natureza socioeconômica.

Segundo Rodrigues (2000), de forma geral, as causas da desertificação no Nordeste do Brasil e nas demais regiões sob desertificação no mundo têm sido normalmente semelhantes. No que diz respeito às atividades humanas, Rodrigues (1987), Mendes (1994), Dregne (1998) têm destacado como causas da desertificação:

- a) remoção da vegetação, sobretudo da cobertura arbórea em áreas com vegetação nativa, de preservação, margens de rios etc., em decorrência dos interesses comerciais, principalmente do comércio da madeira para uso

da lenha e carvão em indústrias de cerâmica, alimentos e outros;

- b) uso freqüente de queimadas que destroem a cobertura florestal e colocam os nutrientes armazenados predominantemente na biomassa vegetal das plantas (madeira, folhas etc.) no processo de ciclagem. A lixiviação desses nutrientes, após chuvas torrenciais, ocasiona redução na capacidade produtiva das terras nos anos subsequentes;
- c) sistemas inadequados de manejo do solo que provocam degradação dos solos, da vegetação e da biodiversidade;
- d) cultivo em áreas impróprias, a exemplo das declivosas e matas remanescentes, rápido abandono destas e abertura de novas áreas (agricultura migratória) têm contribuído para a redução de áreas ainda não cultivadas, com vegetação nativa e de preservação e, conseqüentemente, da biodiversidade;
- e) uso irracional dos recursos aquíferos disponíveis, a exemplo de práticas inadequadas de irrigação, particularmente sem o uso de drenagem;
- f) pecuária extensiva que exerce uma forte pressão sobre a vegetação nativa, tanto no período das águas, ao consumir o pasto nativo constituído por vegetação rasteira efêmera e que muitas vezes não chega a completar seu ciclo de vida, quanto nos períodos de estiagem, por consumir partes de espécies forrageiras arbustivas e arbóreas mais resistentes. Ambos os casos, associados à compactação do solo devido ao pisoteio excessivo de animais por área e às mudanças na composição florística da vegetação nativa com a difusão de novas espécies invasoras sem valor ecológico, têm contribuído para a degradação da vegetação nativa;

QUADRO 1 - Áreas afetadas pela desertificação no Nordeste brasileiro, segundo a forma de ocorrência

Forma de ocorrência	Intensidade	Superfície (km ²)	% do Polígono das Secas
Concentrada	Núcleos de desertificação	18.743,50	1,91
Difusa	Muito grave	98.595	10,05
	Grave	81.870	8,35
	Moderada	393.897	40,16
Total		593.105,5	60,47

FONTE: Dados básicos: Saadi (2000).

- g) uso e transferência de tecnologias que não se adaptam, na maioria das vezes, às restrições dos recursos naturais característicos dessas áreas, a exemplo de certas práticas modernas de irrigação, da mecanização e do uso de defensivos agrícolas, que têm provocado erosão, salinização, compactação etc. em áreas que deveriam servir de modelos para o desenvolvimento regional e dos graves problemas socioeconômicos da região sob desertificação. A transferência de tecnologias, em alguns países, tem gerado grandes desastres ecológicos, como no caso do Paquistão com 70% de seus solos agrícolas salinizados e do Iraque e Síria com 50%. No Nordeste, a desertificação associada à salinização dos solos ocorre, em diferentes níveis, em quase todos os perímetros irrigados. Embora sua expressão em termos de área seja consideravelmente menor, seu impacto tanto do ponto de vista econômico como social é bem mais elevado;
- h) sistemas de propriedade da terra, no geral, altamente concentrado nessas regiões, gerando com isso graves problemas socioeconômicos;
- i) mineração contribui para causar danos ambientais nas áreas em que essa atividade é praticada, tanto na exploração industrial quanto na rudimentar. Ambos os casos promovem significativa alteração da paisagem e da topografia das áreas ocasionando, com isso, entre outros impactos, erosão e a contaminação do solo e da água por produtos químicos usados no tratamento do material extraído;
- j) integração econômica dessas regiões aos mercados nacionais e internacionais tem estimulado produtores, freqüentemente descapitalizados e que utilizam práticas agrícolas de baixo nível tecnológico ou impróprias, a uma maior exploração dos

recursos naturais (solo, água, vegetação etc.) dentro dos sistemas produtivos tradicionais ou na agricultura moderna para atender às crescentes demandas. Essa ampliação do mercado e o aumento da população têm provocado mudanças significativas na biodiversidade, com extermínio de algumas espécies e riscos de outras em algumas áreas;

- k) falta de política especificamente voltada para o uso racional dos recursos naturais nesses ecossistemas e, quando existente, tem sido caracterizada pelo imediatismo, não considerando as reais necessidades e vocações regionais;
- l) elevada densidade populacional nessas regiões cria forte fator de pressão sobre o ambiente. Só para se ter uma idéia da dimensão desse problema, no caso do Brasil, a zona rural do Nordeste abriga o maior contingente populacional rural do país: quase o dobro da Região Sudeste, 2,5 vezes a do Sul e 6,5 vezes a do

Centro-Oeste. Contraditoriamente é o ecossistema que menor capacidade tem para suportar tamanha pressão populacional.

Naturalmente como toda causa gera conseqüência, a desertificação tem afetado o quadro social, econômico, institucional, político e ambiental (Fig. 1), principalmente nas regiões em que o processo tem-se mostrado mais intenso.

Os impactos decorrentes da desertificação na sociedade como um todo têm sido identificados e documentados em várias partes do mundo. É quase constante, nos meios de comunicação de massa, relatos sobre o flagelo de populações nas regiões sob desertificação, principalmente nos períodos de longas estiagens, em que os impactos causados, do ponto de vista social, atingem, na maioria das vezes, níveis preocupantes, tanto nacional (a exemplo do ocorrido na região do Polígono das Secas no Brasil) como mundial (a exemplo dos ocorridos em muitas regiões da Ásia e África).

Apesar de estimativas mostrarem que a recuperação das áreas sob desertificação envolve elevados investimentos, no Brasil,

DESERTIFICAÇÃO	Sociais	Redução da qualidade de vida; Aumento da mortalidade infantil; Redução da expectativa de vida; Aumento do êxodo rural.
	Econômicas e institucionais	Perda da produção e produtividade; Aumento do desemprego; Redução da renda e consumo; Desorganização dos mercados, Estados e cidades; Aumento da poluição em áreas urbanas; Crescimento da pobreza; Instabilidade política.
	Recursos naturais e clima	Perda da biodiversidade; Perda de solo por erosões hídrica e eólica; Redução na disponibilidade efetiva de recursos hídricos por assoreamento de rios e de reservatórios; Abaixamento do nível do lençol freático; Aumento das secas edáficas; Formação de tempestades de areias; Contaminação das águas por pesticidas e metais pesados; Aumento da pressão antrópica em outros ecossistemas.

Figura 1 - Conseqüências sociais, econômicas e ambientais da desertificação

a recuperação das áreas mais afetadas alcança cerca de US\$ 2 bilhões para um período de 20 anos, conforme diagnóstico realizado pelo MMA. Programas bem-sucedidos de recuperação têm mostrado ser inquestionáveis as medidas nesse sentido, objetivando reduzir tanto perdas econômicas, no Brasil cerca de US\$ 800 milhões por ano, quanto o nível de pobreza da população pelo aumento da renda, mais de 100% após a recuperação das terras, conforme verificado em muitas regiões da China.

TECNOLOGIAS USADAS NA PREVENÇÃO, CONTROLE E REDUÇÃO DAS ÁREAS SOB DESERTIFICAÇÃO

Pelo exposto anteriormente, se uma parte da desertificação tem como causa a ação antrópica, principalmente sobreexploração de componentes do ecossistema (solo, água, vegetação, fauna etc.), que por sua vez está atrelada indiretamente a outros fatores de ordem social, econômica, política, cultural etc., o homem tem o poder de controlar a desertificação através de um manejo adequado dos impactos advindos das atividades antrópicas, nesses componentes do ecossistema. Manejar adequadamente esses fatores não é tarefa nada fácil, uma vez que o controle da desertificação exige o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, que satisfaçam a exigência de aumento da produção, sustentação da base dos recursos naturais e as necessidades e capacidades da população humana que as usará (EL-BELTAGY, 1998). Isto obrigatoriamente conduz a uma busca de melhores alternativas para o manejo do solo, da cobertura vegetal e dos recursos hídricos que sejam tecnicamente possíveis, socialmente aceitáveis e sustentáveis.

Observa-se portanto que os desafios não são fáceis, já que exigem uma visão holística, principalmente daqueles que irão direcionar as soluções técnicas. Apesar das limitações existentes, diversas práticas têm sido conduzidas com sucesso em algumas regiões do mundo na luta contra a desertificação (EL-BELTAGY, 1998, FARODA,

1998). Entende-se por “luta ou combate à desertificação”, todas as atividades que fazem parte do aproveitamento integrado das terras secas com vistas ao seu desenvolvimento sustentável, e que têm como objetivos prevenir ou reduzir a degradação delas, reabilitar aquelas parcialmente degradadas e recuperar as desertificadas (ONU, 1994). Na luta contra à desertificação, o objetivo fim é sempre o homem, o qual procura-se, a médio ou longo prazo, a satisfação de seus anseios (saúde, alimentação e ingressos financeiros) em harmonia com os recursos naturais.

No geral, as tecnologias desenvolvidas para as terras secas têm contribuído significativamente para o desenvolvimento harmônico de parte dessas regiões, evitando, sobremaneira, os problemas causados pelo manejo inadequado do solo, água, vegetação etc., tanto para fins agropecuários quanto para exploração madeireira. Dentre as técnicas desenvolvidas, a maioria compreende:

- a) manejo das terras cultivadas com uso de práticas adequadas às terras secas para conservação do solo e da água, como o plantio em contorno, cultivo mínimo, em faixa etc.;
- b) controle da erosão eólica, principalmente por estabilização de dunas de areia e plantio de faixas vegetadas junto ao limite de áreas agrícolas, ambos os casos envolvendo a utilização de diferentes espécies de árvores, arbustos e gramíneas;
- c) sistemas de captação de água de chuva;
- d) domesticação de espécies nativas e introduções de novas espécies potenciais para produção de alimentos, forragem e madeira;
- e) bancos ativos de germoplasma;
- f) manejo de pastagens permanentes em grandes áreas;
- g) manejo de áreas afetadas por sais;
- h) controle de pragas e doenças;
- i) reabilitação de áreas degradadas por mineração;

- j) sistemas de produção e zonificação agrícola de acordo com aptidões do solo, clima e economia regional.

A seguir, será feita uma abordagem sucinta sobre algumas dessas tecnologias que vem sendo utilizadas e sugeridas na luta contra a desertificação.

Análise de opinião informada estruturada para avaliação e construção de mapas de desertificação em nível de pequenas escalas

Segundo Dregne (1998), a existência de mapas continentais, nacionais etc. de desertificação que trazem a soma de um ou mais processos individuais de degradação da terra, como: degradação de vegetação, erosão hídrica, eólica, salinidade etc., é útil do ponto de vista educacional. Serve para informar as pessoas sobre o estado geral de degradação das terras secas e chamar atenção à presença ou ausência de um problema ambiental principal. Entretanto, esses mapas têm pouco valor no planejamento de projetos em nível mais detalhado de uma bacia ou aldeia, uma vez que o controle da desertificação no campo é específico ao local.

Avaliar o estado da desertificação em nível local é essencial para tomada de decisões, principalmente no que diz respeito àquelas direcionadas para o seu controle. Para preencher a carência de dados quantitativos, geralmente inexistentes em nível de vilas, municípios etc., para construção de um diagnóstico sobre o estado da degradação, Dregne (1998) tem proposto a técnica de opinião informada estruturada como uma alternativa útil para avaliar o estado da degradação em escala mais detalhada. O fundamento básico dessa proposta é que ela representa o melhor caminho para se obter respostas rápidas, a um custo relativamente modesto (DREGNE, 1989), para um problema que requer atenção imediata, usando, para isso, a riqueza de conhecimento das pessoas locais: fazendeiros, rancheiros, agentes extensionistas, líderes comunitários etc. Estas pessoas geralmente

não possuem dados quantitativos sobre a degradação da terra, porém, têm uma idéia razoavelmente boa do que o estado de degradação da terra tem sobre o bem-estar da comunidade e quais áreas encontram-se sobre condições boa ou ruim de produção. Um resumo dessa proposta é mostrado no Quadro 2.

Sistemas agroflorestais

Sistemas de produção agroflorestais nas terras secas constituem, possivelmente, uma das melhores alternativas de produção, a exemplo do que vem ocorrendo em muitas regiões do mundo com problemas de desertificação.

Dentre os modelos de sistemas de produção que vêm sendo empregados, destacam-se:

- a) os agropastoris, que combinam a exploração de culturas anuais ou de subsistência com a pecuária;
- b) os silvipastoris, em que a exploração pastoril é combinada com a exploração da madeira;
- c) os agrossilvipastoris que combinam de maneira integrada os três tipos de exploração: agricultura, exploração de madeira e pecuária.

A exigência mínima de insumos externos e o baixo impacto no funcionamento dos ecossistemas naturais tornam os sistemas

de produção agroflorestais naturalmente sustentáveis, uma vez que os métodos e práticas empregados estão espelhados no funcionamento dos ecossistemas naturais (ARAUJO FILHO; BARBOSA, 2000). No geral, esses sistemas têm mostrado adequada resiliência, alta produtividade e fixação da agricultura. Além disso, constituem-se nas melhores alternativas de substituição às práticas de desmatamento e queimada, consideradas uma das principais causas da desertificação no Nordeste do Brasil.

Segundo Araujo Filho e Barbosa (2000), um modelo de sistema de produção sustentável para os sertões nordestinos deverá basear-se, do ponto de vista técnico, em quatro objetivos:

- a) fixação da agricultura, alcançada com a eliminação das queimadas, supressão do desmatamento indiscriminado e aporte de matéria orgânica;
- b) adequação do manejo pastoril, conseguida com o ajuste da carga animal, manipulação da vegetação lenhosa e/ou enriquecimento do estrato forrageiro;
- c) racionalização da extração madeireira, através do corte seletivo, manejo da rebrota e aceleração do ciclo de produção de madeira;
- d) forte integração das atividades anteriores, alcançada com a redistribui-

ção dos nutrientes na área do agroecossistema, utilizando-se o animal como veículo mais importante.

Considerando os fatores descritos, Araujo Filho e Barbosa (2000) desenvolveram uma proposta de sistema agrossilvipastoril para servir as necessidades da agricultura familiar. Neste sistema, a unidade produtiva é dividida em três parcelas: uma para produção agrícola, outra para pecuária e a última para a extração madeireira.

Utilização de plantas resistentes à seca (nativas e exóticas)

Muitas espécies de plantas, nativas e exóticas, com elevado potencial econômico, têm sido estudadas e utilizadas de forma sustentável para produção de madeira, forragens, fibras e outros.

No caso específico do Nordeste brasileiro, a estacionalidade na produção de forragens, especialmente a baixa disponibilidade de forragens na caatinga durante o período seco, tem sido a principal causa das perdas de peso e mortalidade de animais no semi-árido brasileiro. A introdução de forrageiras adaptadas ao semi-árido (capim-buffel, leucena, palma forrageira, melancia forrageira, erva-sal etc.) e o aproveitamento de forrageiras nativas da caatinga (maniçoba) para incrementar a produção de bovinos, caprinos e ovinos têm sido uma realidade. Para se ter uma idéia do potencial forrageiro dessas plantas, pode-se citar o caso da maniçoba que graças ao xilopódio que caracteriza seu sistema radicular pode sobreviver até três anos sem água. Essa planta permite que se façam de dois a três cortes por ano, tem produção média de 4 t/ha/ano e mostra-se excelente como feno ou silagem. Aumentar o potencial forrageiro das terras secas contribui, entre outros aspectos, para reduzir o impacto da pecuária sobre a vegetação nativa.

Manejo adequado dos recursos hídricos

Um dos grandes problemas enfrentados pelas terras secas é a escassez de água.

QUADRO 2 - Análise de opinião informada estruturada para avaliação da desertificação

Fases	Análise de opinião informada estruturada
Primeira	Reunir informações existentes sobre a região que se pretende avaliar o estado de degradação da terra: mapas de solo, vegetação, geologia, topografia da região etc.
Segunda	Elaborar estratégias para se obter respostas individuais sobre causas, tipo, extensão, severidade, efeito sobre rendimento das culturas, práticas de manejo e controle que seja social e economicamente aceitáveis.
Terceira	Reunir um grupo de pessoas experientes na comunidade para condução e tiragem de conclusões.
Quarta	Preparar documento e mapas identificando e delimitando todos os tipos de degradação, extensão, causas, perdas de produtividade, predição de custos devido às perdas, práticas de controle e custos e benefícios advindos com o controle. Desses mapas, pode ser construído um mapa de desertificação, se desejado.

A necessidade de produzir alimentos, energia e atender às demandas doméstica e industrial exige que a água disponível de diferentes fontes: chuva, fluxos superficiais (perenes e intermitentes) e subsuperficiais dessas regiões, seja aproveitada de maneira mais efetiva do que é atualmente; condição essencial para inversão do processo de desertificação. Segundo Petry e Boeriu (1998), World Water Council (2000), soluções adequadas requerem uma ação integrada na gestão desses recursos, incluindo:

- a) reabilitação e proteção de bacias para se obter um regime hidrológico mais adequado e reduzir a quantidade de sedimentos nos reservatórios;
- b) aumento da produtividade de água, ou seja, aumentar a produção de alimentos sem modificar, ou mesmo diminuir, a quantidade de água disponível para a agricultura. Utilizar práticas agrícolas como variedades mais tolerantes ao estresse hídrico e maior eficiência na irrigação, entre outras;
- c) diminuição das taxas de evaporação e prevenção da poluição dos recursos hídricos;
- d) gestão adequada e integrada dos recursos hídricos tomando as bacias hidrográficas como unidades de referência;
- e) aumento da água disponível por meio do acréscimo da capacidade de armazenamento.

Ainda segundo esses autores, no que diz respeito ao acréscimo da capacidade de armazenamento de água, a construção de grandes barragens tem sido a opção escolhida em muitas regiões do mundo; porém seus custos econômicos e ambientais têm sido apontados como causas da diminuição na taxa de construção dessas estruturas. Em decorrência disso, algumas alternativas têm sido sugeridas e utilizadas em diferentes países, objetivando um manejo adequado dos recursos hídricos disponíveis nessas regiões. Uma síntese sobre algumas dessas tecnologias é descrita a seguir.

Captação e armazenamento de água de chuva

O uso de tecnologias apropriadas para a captação, armazenamento e aproveitamento da água de chuva tem sido uma atividade constante em muitos países. Estas tecnologias baseiam-se na coleta da precipitação em áreas de interceptação (solo, telhado, rodovias etc.) e seu direcionamento para áreas menores, tanto para uso imediato como para armazenamento em reservatórios ou solo. A quantidade de água coletada depende da área efetiva de coleta, do volume do reservatório e da quantidade e distribuição temporal da chuva.

Só para se ter uma idéia desse potencial, o Brasil tem uma região semi-árida de quase 1 milhão de km², que recebe, aproximadamente, 700 bilhões de m³ de água de chuva anualmente. Por outro lado, a mesma região perde cerca de 36 bilhões de m³ (5,1% da precipitação anual) por escoamento superficial, devido ao não uso de tecnologias apropriadas para o aproveitamento da pluviometria.

Tecnologias alternativas bem-sucedidas para aproveitamento eficiente das chuvas que caem têm sido usadas há milênios por diferentes povos – africanos, asiáticos, europeus e americanos – para fins de consumo humano, animal e vegetal. Muitas dessas tecnologias são bastante inovadoras e facilmente aceitáveis pela simplicidade e facilidade de construção. Entre as alternativas em uso, destacam-se:

a) cisterna

Sistema de armazenamento de água de chuva que envolve a captação da água escoada pelo telhado das casas ou de áreas especialmente preparadas para isso, sistema de filtragem para garantir a qualidade da água e armazenamento em um tanque (cisterna), normalmente de alvenaria.

Atualmente essa técnica é bastante utilizada para abastecimento de residência com água de boa qualidade, devido à simplicidade, eficiência e durabilidade, principalmente em áreas rurais, um dos principais problemas que limita o desenvolvimento sustentável no interior do Nordeste.

Existem diferentes modelos de cisternas, devido à forma, materiais de construção, área de captação etc. O modelo de placas de cimento, pelo reduzido custo e facilidade de construção vem sendo adotado por milhares de famílias nos últimos anos. Uma cisterna com capacidade de armazenamento de 15 mil litros de água garante o abastecimento de uma família de sete pessoas, durante o período de um ano.

b) barragem superficial para captação de escoamento superficial nas encostas

A construção de pequenas barragens superficiais tem sido proposta como uma medida eficiente para aproveitamento de água que escoam superficialmente das encostas. Segundo Barros (2000), a construção de pequenas barragens superficiais de até 2,5 metros de altura de forma sucessiva nas encostas tem sido uma ferramenta eficiente na contenção de enxurradas, armazenamento e aumento da recarga das reservas subterrâneas.

c) barragem subterrânea

A barragem subterrânea é uma forma bastante simples de produzir e manter a umidade do solo necessária para o desenvolvimento de algumas culturas de ciclo curto ou perene. Pelo reduzido custo, pela facilidade de construção de uma parede impermeável que intercepta parcialmente o curso de um riacho temporário forçando o acúmulo de água no subsolo, pelo fácil manejo e por não inundar terras potencialmente agricultáveis, a exemplo das barragens que armazenam água na superfície, as barragens subterrâneas têm-se mostrado como uma das soluções mais viáveis para o desenvolvimento da agricultura familiar em várias regiões secas do mundo, inclusive no interior do Nordeste do Brasil.

Segundo Rebouças (1999), as barragens subterrâneas apresentam uma tríplice função:

- reter fluxos de água subterrânea dos aluviões, os quais permanecem menos suscetíveis às perdas por evaporação;

- reter os sedimentos transportados pelas enxurradas;
- proteger as águas acumuladas nos depósitos aluviais dos processos de salinização climática.

Além das técnicas de captação mencionadas, o melhor aproveitamento das águas de chuva também tem sido feito com sucesso no próprio local onde elas caem – *in situ*, técnica que consiste no armazenamento de água no local de sua utilização, por meio da preparação prévia do solo (sulcos modificados em nível) e através da utilização de melhores práticas de manejo de solo, plantas etc., que contribuem para uma maior conservação da umidade do solo e do uso eficiente da água. Segundo El-Beltagy (1998), o desafio para pesquisa nas terras secas para produção agrícola sob condições de sequeiro tem sido integrar o uso de cultivares eficientes no uso da água, a rotação de culturas e o manejo do solo em um sistema de produção sustentável que aumente a produção biológica e econômica por unidade de água.

Obtenção de água potável por osmose inversa

A presença de águas superficiais e sub-superficiais com elevados teores de sais, inviáveis para consumo humano e animal é comum em muitas regiões áridas e semi-áridas do mundo. Alternativas tecnológicas capazes de dessalinizar a água salobra têm sido uma realidade em muitas dessas regiões. O método usado para este fim tem sido, predominantemente, o processo de osmose inversa (OI) que trata da transformação de águas salinas em águas potáveis por meio de processos de separação por membranas, com base no fenômeno natural da osmose, submetida a uma pressão mecânica externa. A OI, por sua comprovada eficiência na relação custo/quantidade de água dessalinizada, baixo consumo energético e produções superiores a 1.200 L h⁻¹, tem-se destacado de outros processos de dessalinização. Apesar dos aspectos positivos dessa técnica que já vem sendo utilizada em algumas comuni-

dades do Nordeste do Brasil, ela ainda gera preocupação devido aos impactos ambientais que podem causar advindos dos subprodutos ou rejeitos gerados, isto é, águas com elevados teores de sais que são geradas durante o processo de dessalinização e que estão sendo despejadas no solo. Diante da grave ameaça de um novo processo de degradação do solo e do meio ambiente nestas regiões, instituições como a Embrapa Semi-Árido e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) vêm desenvolvendo estudos que busquem opções adequadas para deposição dos rejeitos da osmose inversa.

Em muitos países, o cultivo de plantas forrageiras halófitas, em especial a erva-sal (*Atriplex nummularia*), tem sido a estratégia usada não apenas para o uso do rejeito da dessalinização de água salobra, mas também para produzir forragem em áreas com baixo potencial produtivo e recuperar solos salinizados (BOEGLI; THULLEN, 1996).

Uso de novas tecnologias

Novas tecnologias desenvolvidas tais como sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e programas computacionais vêm contribuindo na fiscalização, planejamento e implementação de medidas concretas para controle da desertificação (DREGNE, 1998, EL-BELTAGY, 1998).

Em ambientes áridos e semi-áridos, o estresse hídrico e a salinidade, em termos gerais, são as principais limitações abióticas para o crescimento vegetativo. Aumentar a habilidade de espécies de plantas introduzidas para resistir a essas limitações tem-se constituído em objetivo de muitos programas de recuperação e prevenção da desertificação. A engenharia genética e outras ferramentas da biotecnologia oferecem promessas consideráveis, juntamente com métodos de melhoramento convencional de plantas, objetivando aumentar a produtividade das culturas pela utilização de variedades melhoradas, de ciclo curto e resistentes às adversidades do clima e do solo.

A avaliação das ações de luta contra a desertificação em diferentes regiões secas do mundo tem mostrado que as tecnologias disponíveis, quando incorporadas isoladamente e, principalmente, em associação com outras, têm contribuído para sustentabilidade dessas regiões, por reduzir as adversidades do clima, gerar produção e renda à população e preservar os recursos ambientais para as gerações futuras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A desertificação constitui hoje um problema de dimensão global, já que atinge direta ou indiretamente quase todos os países do mundo devido aos impactos que transcendem fronteiras nacionais.

Diante deste quadro de complexidade, pode-se dizer que o controle da desertificação deve envolver ações que controlem o processo nas áreas de ocorrência e que previnam o avanço para outras áreas. Em ambos os casos, soluções técnicas já existem em diferentes regiões do mundo com o mesmo problema.

Entre as soluções técnicas, muitas têm-se destacado pela originalidade, facilidade de execução, baixo custo e alta eficiência. São, portanto, viáveis ao pequeno produtor rural. Paralelo a essas tecnologias, outras como SIGs, GPS, biotecnologia etc. vêm contribuindo tanto para prevenir e conter a desertificação como para melhorar a produtividade das terras secas.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO FILHO, J.A. de; BARBOSA, T.M.L. Manejo agroflorestral da caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC/Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.47-57.
- BARROS, L.C. Micro-dams for rainfall water retention in central-west Brazil: pilot project on water and soil conservation in the micro-basin on the Paiol stream. In: LAND-WATER LINKAGES IN RURAL WATERSHEDS ELECTRONIC WORKSHOP, 2000, Rome. Rome: FAO, 2000.

- BOEGLI, W.J.; THULLEN, J.S. **Eastern municipal water district treatment/saline vegetated wetlands pilot study: final report.** Denver, Colorado: U.S. Department of the Interior. Bureau of Reclamation, 1996. 116p. (Water Treatment Technology. Program Report, 16).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Combate à Desertificação. **Mapa de suscetibilidade à desertificação no Brasil.** Brasília, 1993. Projeto BRA 93/036.
- DREGNE, H.E. Desertification assessment and control. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES TO COMBAT DESERTIFICATION, 1998, Tehran. **Proceedings...** Tokyo: ONU, 1998. p.95-102.
- _____. Informed opinion: filling the soil erosion data gap. **Journal of soil & Water Conservation**, Ankeny, v.44, n.4, p.303-306, July/Aug. 1989.
- EL-BELTAGY, A. Can desertification trends be reversed in west Asia and north Africa? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES TO COMBAT DESERTIFICATION, 1998, Tehran. **Proceedings...** Tokyo: ONU, 1998. p.65-78.
- FARODA, A.S. Desertification control: recent technologies in the Indian context. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES TO COMBAT DESERTIFICATION, 1998, Tehran. **Proceedings...** Tokyo: ONU, 1998. p.35-48.
- GOLUBEV, G.N. On public participation in combating desertification. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEW TECHNOLOGIES TO COMBAT DESERTIFICATION, 1998, Tehran. **Proceedings...** Tokyo: ONU, 1998. p.15-24.
- LEMONS, J.J.S. **Desertification of drylands in northeast of Brazil.** Riverside: University of California, 1995.
- MATALLO JÚNIOR, H.A. desertificação no Brasil. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.** Fortaleza: UFC/Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.89-113.
- MENDES, B.V. **Condições de uso e conservação da biodiversidade no semi-árido.** Brasília: [s.n], 1994. 65p. Projeto Áridas.
- NIMER, E. **Desertificação: realidade ou mito?** Rio de Janeiro, 1988.
- ONU. **Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África.** Paris, 1994. 89p.
- PETRY, B.; BOERIU, P. Engineering components of water harvesting systems. In: INTERNATIONAL INSTITUTE FOR INFRASTRUCTURAL. **Hydraulic and environmental Engineering (IHE).** Delft, Netherlands, 1998.
- REBOUÇAS, A.C. da. Águas subterrâneas. In: _____; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras, 1999. 717p.
- RODRIGUES, V. Desertificação: as relações entre suas causas e as atividades humanas. **Interciência**, Caracas, v.12, n.2, 1987.
- _____. Desertificação: problemas e soluções. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JUNIOR, R. N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.** Fortaleza: UFC/Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.137-164.
- SAADI, A. Os sertões que viram desertos. **Boletim Informativo SBCS**, v.25, n.1, p.10-17, 2000.
- UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations plan of action to combat desertification.** Nairobi, 1991. 78p.
- WORLD WATER COUNCIL. **World water vision: making water everybody's business.** London: Earthscan, 2000.

MUDAS DE OLIVEIRA

**GARANTIA DE PROCEDÊNCIA,
MUDAS PADRONIZADAS, QUALIDADE
COMPROVADA E VARIEDADE IDENTIFICADA.**

**PEDIDOS E INFORMAÇÕES:
EPAMIG-FAZENDA EXPERIMENTAL DE MARIA DA FÉ - CEP: 37 517 - 000
e-mail: epamig@altinformatica.com.br - TELEFAX: (35) 3662 1227**



Um olhar de gênero sobre as relações sociais no campo¹

Cláudia Luz²
Divani Ferreira de Souza³
Elisabeth Maria Cardoso⁴
Líliam Telles⁵
Simone Ribeiro⁶

Resumo - Reflexão sobre a agricultura familiar sob o enfoque agroecológico e fundamentalmente sobre como as questões de gênero têm trazido profundas contribuições para ampliar o princípio da sustentabilidade, extrapolando-o para além das relações de convivência com os sistemas naturais e enfatizando-o nas relações sociais entre homens e mulheres. Mostra ainda como esta pode ser um fator de empoderamento para as mulheres, porém chama a atenção para o seguinte aspecto: se a agroecologia preconiza uma naturalização das práticas e das formas de produção da vida, o “olhar de gênero” requer, por outro lado, o exercício da desnaturalização de certas normas e papéis sociais atribuídos às mulheres e aos homens.

Palavras-chave: Empoderamento; Agricultura familiar; Agroecologia; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Desde o final da década de 80, sustentabilidade tornou-se palavra-chave para a sobrevivência do homem, da mulher e das demais espécies do planeta.

Como enfatizou uma agricultora da Região Nordeste por ocasião do Encontro Nacional de Agroecologia, em julho de 2002, no Rio de Janeiro, o que tem havido nos últimos tempos é uma compreensão de que é necessário e urgente o investimento em formas de produção que garantam o

hoje e o amanhã e, mais que isto, a construção de maneiras de viver e conviver de forma sustentável e democrática.

A sustentabilidade torna-se um princípio norteador para todas as áreas da vida dos seres humanos, não havendo uma separação entre o viver e o produzir, vida pública e vida íntima. A sociedade atual enfrenta problemas que já não podem ser analisados e resolvidos separadamente, pois manifestam-se entrelaçados numa complexa rede de implicações sociais e econô-

micas. A produção, por exemplo, a partir de um olhar socioeconômico e ambiental, é diretamente dependente da relação entre homens, mulheres e crianças e, conseqüentemente, destes com todos os outros elementos da natureza.

A proposta de desenvolvimento sustentável através da valorização das diferenças sociais, econômicas e ambientais possibilita que soluções inovadoras possam ser criadas para os problemas encontrados, adaptadas para cada realidade na qual

¹Este artigo foi produzido pelo Grupo de Trabalho sobre Gênero (GT Gênero) - um espaço de intercâmbio de experiências, aprofundamento conceitual, reflexão e ação, formado por ONGs da Rede PTA Sudeste, que vem sendo articulada desde 1998, em torno da temática das relações de gênero, Agricultura Familiar e Agroecologia.

²Socióloga, Mestranda em Sociologia, R. Guilherme de Almeida, 59/1201, CEP 30350-230 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: claudialuzo@uol.com.br

³Pedagoga, Mestranda em Extensão Rural, Bolsista CNPq, R. Hélio de Souza Lima, 20/201, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: diva@tdnet.com.br

⁴Eng^a Agr^a, CTA-ZM/Programa de Associativismo e Comercialização, Caixa Postal 128, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: bethcardoso@gmx.net

⁵Eng^a Florestal, APTA/Programa de Desenvolvimento Local, R. Sete de Setembro, 289, Vitória-ES. Correio eletrônico: apta@veloxmail.com.br

⁶Pedagoga, M.S. Educação, CTA-ZM/Programa de Formação, Caixa Postal 128, CEP 36570 000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: cta@ctazm.org.br

estão inseridas. A singularidade da diversidade, nesse caso, é um apontamento para o caminho no qual se deve seguir para a construção de um projeto de desenvolvimento rural sustentável, do ponto de vista social, econômico, político e ambiental, que traga uma outra visão de como se relacionar e conviver neste planeta.

Neste artigo será abordada uma reflexão sobre a agricultura familiar sob o enfoque agroecológico e fundamentalmente sobre como o debate, em torno das chamadas “questões de gênero”, tem trazido profundas contribuições para ampliar o princípio da sustentabilidade, extrapolando-o para além das relações de convivência com os sistemas naturais e enfatizando-o nas relações sociais entre homens e mulheres.

O diálogo entre o que se poderia chamar princípios agroecológicos e conceito de relações sociais de gênero é bastante instigante, ambos prezinham o respeito às diferenças, à diversidade, mas possuem suas especificidades, semelhanças e diferenças.

Neste sentido vale a reflexão do Grupo... (2002):

“Se na agroecologia estimulamos a naturalização das práticas agrícolas, através da aplicação dos princípios ecológicos na agricultura, no campo das relações sociais de gênero, o que se busca é a desnaturalização de atribuições conferidas ao feminino e ao masculino”.

Se a agroecologia valoriza as tradições locais, o olhar de gênero requer muitas vezes que as enfrentemos, se estas contribuem para manter e reforçar desigualdades entre homens e mulheres. Se a agroecologia preconiza uma naturalização das práticas e das formas de produção da vida, o olhar de gênero requer, por outro lado, o exercício da desnaturalização de certas normas e papéis sociais atribuídos às mulheres e aos homens.

Este artigo, despretensiosamente, é um convite a que nos eduquemos continuamente a um olhar de gênero. Um olhar que nos oriente a não contribuir para que um

sexo domine o outro. Um olhar que nos permita compreender as diversas formas de opressão e subordinação nas relações entre os seres.

O olhar de gênero implica, muitas vezes, em uma mudança cultural profunda na construção de uma nova forma de relacionar com homens e mulheres, tanto na vida pública, quanto na vida íntima. E como disse um agricultor, referindo-se à importância de discutir gênero: “é estar disposto a discutir coisas que podem ser mudanças na família, no movimento e no trabalho” (CENTRO..., 2001).

CONCEITO DE RELAÇÕES SOCIAIS DE GÊNERO

O conceito gênero refere-se a um sistema de papéis atribuídos a homens e mulheres e que são determinados pelo contexto social, político e econômico e não pela biologia ou pela anatomia. O termo gênero, que foi tomado emprestado da gramática, é utilizado para expressar essas relações sociais fundamentadas em desigualdades socialmente construídas.

Conforme destaca Lamas (2000), o conceito de gênero favoreceu a rejeição do pensamento de que é a anatomia ou o determinismo biológico que coloca homem e mulher em posições distintas, e enfatizou primordialmente fatores ligados à cultura e à simbolização que as sociedades fazem dos papéis sociais.

Estes sistemas de pensamento são reforçados fundamentalmente pela cultura, tanto através da linguagem, quanto através de comportamentos que “inculcam” nas pessoas certas normas e valores profundamente tácitos e, conseqüentemente, dados como naturais. Segundo Bourdieu (apud LAMAS, 2000):

“(...) a ordem social masculina está tão profundamente arraigada que não requer justificação: impõe-se a si mesma como auto-evidente e é considerada como natural graças ao acordo quase perfeito e imediato que obtém de estruturas sociais, tais como a organização social do espaço

e do tempo e a divisão social do trabalho, e, por outro lado, de estruturas cognitivas inscritas nos corpos e nas mentes.”

Dessa forma, por exemplo, a palavra homem tem sido utilizada como uma maneira abrangente para se referir a todas as pessoas, ou a expressão direito dos homens para se referir ao direito de homens e mulheres.

Esta eficácia masculina é justificada através do plano biológico que reforça a construção de papéis masculino e feminino. Ou seja, assim como homens e mulheres possuem diferenças sexuais, a sociedade lhes impôs diferentes papéis sociais denominados papéis de gênero, ou seja, modos de comportar como mulheres e como homens, moldados pela história, ideologia, cultura, religião etc.

Adotar uma perspectiva de gênero auxilia-nos na compreensão destas diferenças e ajuda-nos a distinguir no jogo destas diferenças o que é natural e biológico e o que é social e culturalmente construído.

Estas diferenças e desigualdades podem ser explicitadas, mas não explicadas somente a partir do conceito de gênero, pois ele não é suficiente. A análise das relações de gênero só é possível considerando a condição global das pessoas como classe, raça, idade, vida urbana ou rural, e momento histórico em que se dá. Como destacam Nobre e Silva (1998) e Nobre et al. (1998):

“Embora existam muitos elementos comuns na vivência e condição das mulheres, nem todas foram criadas para exercerem o mesmo papel. Por exemplo, em nosso país uma mulher branca e rica é ensinada para exercer seu papel feminino de uma maneira diferente de uma negra e pobre, com relação a que tipo de esposa cada uma deve ser, as tarefas de mãe, o cuidado com o corpo e a aparência, as boas maneiras etc.”

Geralmente mantemos relação estreita entre o normal e o natural, como se fosse a mesma coisa, ou seja, o natural ser visto

como normal, sadio e certo. É preciso cuidado em fazer essa relação, eles não são sinônimos, o ser natural do comportamento humano é uma questão que ainda não tem um consenso a respeito, pois é algo que não está descolado do convívio social, das coisas que são aprendidas. O normal vem do costume em se fazer algo e da sua aceitação social. Quando afirmamos ser tal comportamento masculino ou feminino, estamos utilizando a expressão referente aos papéis sociais, às normas sobre o que dizem ser apropriado para cada sexo. Não é algo que já nasce com o indivíduo, mas algo que aprendemos desde o nascimento.

Em um encontro do Programa de Formação, onde agricultores e agricultoras da região da zona da mata mineira discutiam Gênero e Sexualidade (CENTRO..., 2001) foram feitos relatos sobre a relação entre homens/mulheres, mulheres/mulheres e homens/homens a partir da realidade vivenciada pelos participantes.

De modo geral, suas observações apontaram que há uma divisão do trabalho na família: a mulher responsabiliza-se pela casa, o marido pela lavoura. No entanto, o comum é a mulher trabalhar em casa e na roça, mas a renda não ser dividida, o homem é quem acaba administrando (quando a renda é dividida igualmente – gestão partilhada – a família sobressai-se melhor economicamente do que as outras). As mulheres trabalham na roça junto com pai/irmãos ou marido e, quando chegam em casa, assumem o trabalho doméstico sozinhas. Ainda predomina o conceito de que a mulher vai para roça ajudar o homem. Enfim, as mulheres fazem todo tipo de serviço (lavoura, trabalho doméstico, cuidam dos filhos, da horta, da criação etc.), os homens não.

Esta situação começa desde cedo, meninas e meninos aprendem desde cedo que há coisas de homem e coisas de mulher. A diferenciação quanto ao tipo de brinquedo é um exemplo claro de comportamentos aprendidos: “menina até pode brincar de bola, mas menino que pede boneca tem que ter algo errado”.

Aos homens é destinada a tarefa de decidir sobre as “coisas” da roça e sobre

as “coisas” da rua e às mulheres, a responsabilidade de decidir pelo que acontece dentro e no entorno da casa. Este é um mundo considerado “normal”, é muito comum ouvir pessoas dizerem que esta é a cultura da roça, que sempre foi assim.

No entanto, essas diferenças entre os papéis femininos e masculinos devem ser observadas não necessariamente como naturais, mas como tradições impostas, revestidas por uma relação desigual, de dominação de uns sobre outros e que precisam e devem ser melhoradas com o caminhar da história.

As relações de gênero são construções relativas à cultura, poder econômico, tempo, classe, por isso há particularidades que variam de acordo com esses aspectos.

O fato de se trabalhar gênero não significa acabar com as mazelas, com as desigualdades existentes, mas também não se pode falar em busca de igualdade social sem trabalhar essas questões. A forma como se vivencia a relação entre homens e mulheres não está dada no vazio, ela é também resultante da forma como nos organizamos política, econômica e socialmente: não se constrói parceria com desiguais (Fig. 1).



Figura 1 - Parceria familiar: homens e mulheres considerados como iguais

Trabalhar as questões de gênero tem sido o meio mais simples e rápido para alcançar relações de respeito mútuo, dando um passo em direção à construção de um mundo mais justo.

AGRICULTURA FAMILIAR SOB O ENFOQUE DAS RELAÇÕES SOCIAIS DE GÊNERO E DA AGROECOLOGIA

A agricultura familiar, pautada nos princípios da agroecologia, tem-se apresentado como uma das estratégias para garantir a sustentabilidade das relações entre os seres humanos e entre estes e os demais seres da natureza. Segundo Altieri (1998):

“(…) a agroecologia (…) integra os princípios agrônômicos, ecológicos, socioeconômicos à compreensão e avaliação do efeito das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo.”

O que poderíamos chamar de princípios agroecológicos preconizam uma abordagem para além do determinismo econômico, ou seja, os indivíduos (homens e mulheres) agem não somente em função do mercado, mas suas relações sociais são norteadas também por outras lógicas, outros princípios que valorizam as relações de reciprocidade, de parentesco etc.

Existem diversos entendimentos do significado da palavra agroecologia, sendo que alguns preferem entendê-la como substituição de tecnologias com base em insumos químicos e/ou agrotóxicos por tecnologias em insumos naturais ou orgânicos, esta é uma visão simplista. Conforme destaca Mussoi e Pinheiro (2002), a agroecologia é uma ciência:

“(…) baseada em princípios como a diversidade, solidariedade, cooperação, respeito à natureza, cidadania e participação, viabilizando oportunidades de reflexão crítica sobre a sustentabili-

dade dos agricultores familiares e alternativas às lógicas da globalização e padronização (...) com possibilidades de distribuição mais justa de renda, poder e responsabilidades entre os atores envolvidos.”

O conceito de gênero ao enfatizar que a construção do que é masculino e feminino não é um fato biológico, mas cultural, contribui para questionar as relações de dominação e subordinação, sobretudo, das mulheres com relação aos homens. Esta relação de opressão e de dominação entre os sexos legitima-se fundamentalmente pela divisão sexual do trabalho que encontra na família sua manifestação privilegiada.

O aprofundamento do conceito de relações sociais de gênero, aplicado ao campo, tem contribuído para superar esta dicotomia entre “trabalho de homem” e “trabalho de mulher”, “espaço produtivo” e “espaço reprodutivo” mostrando que os homens e mulheres estão em ambos os espaços só que condicionados por seus papéis sociais.

O espaço reprodutivo diz respeito basicamente àquelas atividades voltadas pa-

ra a criação dos/as filhos/as e as tarefas domésticas, como o cuidado com a casa e os arredores, que geralmente são tidas como próprias da mulher.

Já o espaço produtivo diz respeito àquelas atividades voltadas para a produção de bens que vão gerar lucro e remuneração, pois poderão ser comercializados. Estas atividades são consideradas como próprias do homem.

O conceito de gênero tem contribuído para superar esta noção do que é tido como “próprio do homem” e “próprio da mulher”, na medida em que permite romper com esta dicotomia entre espaços produtivo e reprodutivo, enfatizando que esta construção dá-se não de forma natural ou determinada pela biologia, mas que é social e culturalmente construída e, portanto, pode ser rompida ou modificada (Fig. 2 e 3).

O trabalho da mulher (tanto na esfera produtiva, quanto na esfera reprodutiva) não aparece e é, em geral, menos visível e menos valorizado. Alguns homens e, infelizmente, as próprias mulheres não costumam reconhecê-lo como trabalho e inúmeras vezes não são reconhecidos como tal

nas estatísticas oficiais, torna-se invisível ou um trabalho leve. O trabalho invisível da mulher só é notado quando deixa de ser realizado, e esta invisibilidade manifesta-se tanto nos trabalhos realizados em casa como na roça.

Na agricultura familiar, as tarefas cuja responsabilidade são das mulheres, inclusive das meninas, consomem muito tempo e são indispensáveis à vida da família. No entanto, no sistema capitalista de produção, o trabalho tem valor diferente dependendo de quanto capital (lucro) ele pode produzir ou reproduzir, por isso, acontece a desvalorização do trabalho doméstico que, numa perspectiva convencional, não tem valor econômico.

Nos assentamentos rurais é frequente as mulheres sofrerem discriminação na área da produção, porque não são cadastradas como assentadas. A imensa maioria dos lotes é cadastrada em nome do chefe da família, que na sua maioria são homens, impossibilitando as mulheres de fazerem negociações através de projetos de financiamentos. O espaço produtivo é legitimado como o espaço do homem.



Figura 2 - Mulheres participando do espaço produtivo



Figura 3 - Mulheres participando do espaço produtivo

Os homens e mulheres participam em maior ou menor grau em ambas as esferas, e como enfatizam Nobre e Silva (1998) e Nobre et al. (1998):

“(...) essas dimensões da vida não se opõem, possuem um caráter de continuidade, mulheres e homens participam de ambas, mas condicionados por seus papéis de gênero e pela desvalorização do feminino.”

Mas poderíamos nos perguntar: quais seriam as implicações desta tendência natural de reforçar o espaço doméstico, o lar, a casa, como o espaço das mulheres? Isto, dentre outras implicações, traz uma sobrecarga de trabalho da mulher com as atividades do lar, dificultando a partilha deste trabalho doméstico com o marido e os filhos do sexo masculino, além do mais promove o confinamento da mulher em casa, dificultando a sua participação nas esferas da vida pública, ou o mundo da rua, espaços privilegiados de socialização e de negociações de poder. Como percebemos no relato de agricultores e agricultoras da Zona da Mata.

No movimento sindical há também dificuldades em lidar com a questão de gênero. No Sindicato de Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais (STR), nas campanhas para direção sindical, vê-se claramente a exclusão da mulher, promovendo um discurso distante da prática. Entre os argumentos usados para justificar a ausência de mais mulheres no movimento está a falta de tempo (escasso para mulher, principalmente quando é casada) e a falta de experiência com movimentos, mas pouco se faz para mudar esta situação. Os cargos hierarquicamente dominantes são ocupados pelos homens (presidência, tesouraria etc.).

“Dizem que as mulheres têm mais habilidade para relatar, escrever. É muito difícil lançar uma candidata à presidência do sindicato” (CENTRO..., 2001).

Mesmo quando atuam no mundo da rua, no sindicato e associações de caráter misto (homens e mulheres participando), o que ocorre, na maioria das vezes, é a reprodução dos papéis sociais de atividades

semelhantes às que executam em casa como o cuidado, a organização, a produção de alimentos, e geralmente ocupam cargos de secretária.

Pode-se fazer referência, por exemplo, aos programas de formação e capacitação técnica desenvolvidos em áreas rurais. Ainda é comum observar, salvo algumas exceções, que às mulheres são destinados aqueles cursos e programas que reproduzem e reforçam os papéis sociais de mãe e “dona de casa”, como o tricô, o bordado e a aprendizagem de trabalhos manuais. Isto, dentre outros fatores, promove o distanciamento da mulher das atividades na agricultura, aprisionando-a na esfera doméstica com uma sobrecarga de trabalho invisível socialmente que não lhe confere renda e aumenta a sua dependência econômica do homem.

Ironicamente, quando estes programas são mais voltados para temas como comercialização, administração, capacitação técnica, gestão de recursos e outros semelhantes, têm como presença preferen-

cial o público masculino. E ainda nestes momentos, quando as mulheres se fazem presentes, quase sempre é para ajudar na secretaria ou para providenciar o lanche e/ou a refeição. Como podemos perceber na fala de uma liderança do Movimento de Trabalhadoras Rurais na Zona da Mata:

“(...) mesmo no nosso grupo ainda tem muita pregação, mas não tem muito na prática. No encontro de hoje tem quantas mulheres? Se não colocar no convite que tem que vir tantos por cento de mulheres, não vêm. Se não obriga, não vêm. Temos que sair do discurso e partir para a prática, ainda estão muito longe essas duas coisas. Por exemplo, no Dia Internacional da Mulher, as mulheres se reuniram em um local e os homens estavam no plano estratégico do café, isso é incoerente com o que a gente fala e o que a gente quer” (CENTRO..., 2002a).

Embora as mulheres participem de várias atividades, inclusive agrícolas e extrativistas em dupla ou tripla jornada de trabalho, a invisibilidade do seu trabalho permanece e é considerado como leve, como contribuição, ou como ajuda, em oposição ao trabalho do homem que é considerado pesado.

Entretanto, até mesmo esta distinção entre trabalho do homem e trabalho da mulher, trabalho leve e trabalho pesado é construída socialmente. Conforme evidenciado na pesquisa realizada pelo Departamento Sindical de Estudos Rurais e Coordenação Estadual de Mulheres Trabalhadoras Rurais do Paraná (1996), sobre a produção de leite nas regiões Sudoeste e Centro-Oeste daquele Estado, a atividade de capinar é tida como trabalho leve, portanto um serviço adequado às mulheres. Os pesquisadores retratam, entretanto, que o mesmo trabalho de capinar é tido como trabalho pesado no sertão da Paraíba, mais adequado aos homens.

Ou seja: o trabalho é considerado como difícil ou importante dependendo de quem o realiza. As sociedades criam represen-

tações dicotômicas para especificar o que é próprio de cada sexo, e a partir desta separação instituem a valorização ou desvalorização deste trabalho.

A percepção de gênero, ao enfatizar a importância da cultura na determinação do que é próprio do homem e próprio da mulher, nos permite compreender as desigualdades nas relações a partir das sutilezas, dos pequenos detalhes, às vezes imperceptíveis, já inculcados no imaginário dos homens e das mulheres, e tidos assim como naturais.

Como exemplo, temos a vinculação da mulher com a preservação ambiental, criando uma conexão da mulher como guardiã da natureza. Conforme analisa Pacheco (1987), a idealização de um vínculo inquestionável entre mulheres e natureza obstrui as análises das diferentes formas pelas quais as mulheres situam-se em relação ao seu entorno e como está organizado o poder político. Esta percepção da mulher como guardiã da natureza pode-se revelar como uma “faca de dois gumes”, na medida em que responsabiliza a mulher pela recuperação do meio ambiente, cujas razões para a crise são inúmeras e, por outro lado, desvaloriza o fato de que os homens e as mulheres estão em intensa ligação com o restante da natureza e dela dependem para construir e produzir a vida e garantir a sustentabilidade das relações de produção.

O desafio que nos instiga está em desnaturalizar estas desigualdades problematizando-as continuamente sob o viés ou o olhar de gênero.

Em nesse ponto, a agricultura familiar com enfoque agroecológico vem demonstrar a importância de olhar o sistema como um todo e não dividi-lo em produtivo e reprodutivo, dando visibilidade, com isso, ao trabalho das mulheres, ressaltando não apenas a importância do trabalho que é socialmente atribuído a elas, mas, sobretudo, discutindo o trabalho na própria família. A questão que se torna central com este enfoque é garantir o melhor aproveitamento dos recursos da pequena propriedade, visando melhores condições de vida para todos os membros da família: homens e mu-

heres, quer sejam jovens, adultos, crianças, quer sejam idosos.

O sistema familiar cada vez mais tem demonstrado que a renda da família é composta não apenas pelo que vem da lavoura ou da produção animal. Os quintais, as hortas, as galinhas do terreiro, os doces, queijos, pães, costuras, artesanatos têm importância fundamental na subsistência e na composição da renda familiar. Com isso, todo o trabalho é produtivo e importante, seja ele realizado pelo homem, pela mulher ou pelos jovens, e é fundamental que todo o trabalho seja valorizado e considerado na divisão dessa renda.

No município de Araponga, MG, tem sido feito um monitoramento de impactos econômicos de práticas agroecológicas (CENTRO..., 2002b). A partir da análise comparativa entre propriedades da agricultura familiar que utilizam o sistema convencional com outras que utilizam o sistema agroecológico, os dados já disponibilizados demonstram que, nos casos estudados, o sistema agroecológico mais diversificado tem uma renda agrícola por hectare até quatro vezes superior ao sistema convencional de cultivo de café. Considerando fatores de renda agrícola, origem da renda monetária, origem do consumo alimentar e associando-os a indicadores de sustentabilidade, como: produtividade, estabilidade, adaptabilidade e flexibilidade, autonomia e equidade, incluindo nestes a participação da mulher em atividades fora da propriedade e distribuição dos recursos dentro da família, podemos considerar o sistema agroecológico mais sustentável. Entende-se como sustentável aquele sistema que, entre outras coisas, dá mais autonomia e visibilidade ao trabalho das mulheres. O Gráfico 1 apresenta os dados de composição da renda agrícola em duas famílias, uma que se pode chamar agroecológica e outra convencional.

A agroecologia, numa perspectiva de gênero, reforça a idéia de desenvolvimento como liberdade, e a não aquisição de bens materiais, mas a expansão das liberdades reais das pessoas, em relação às oportunidades de educação e saúde, liberdade de

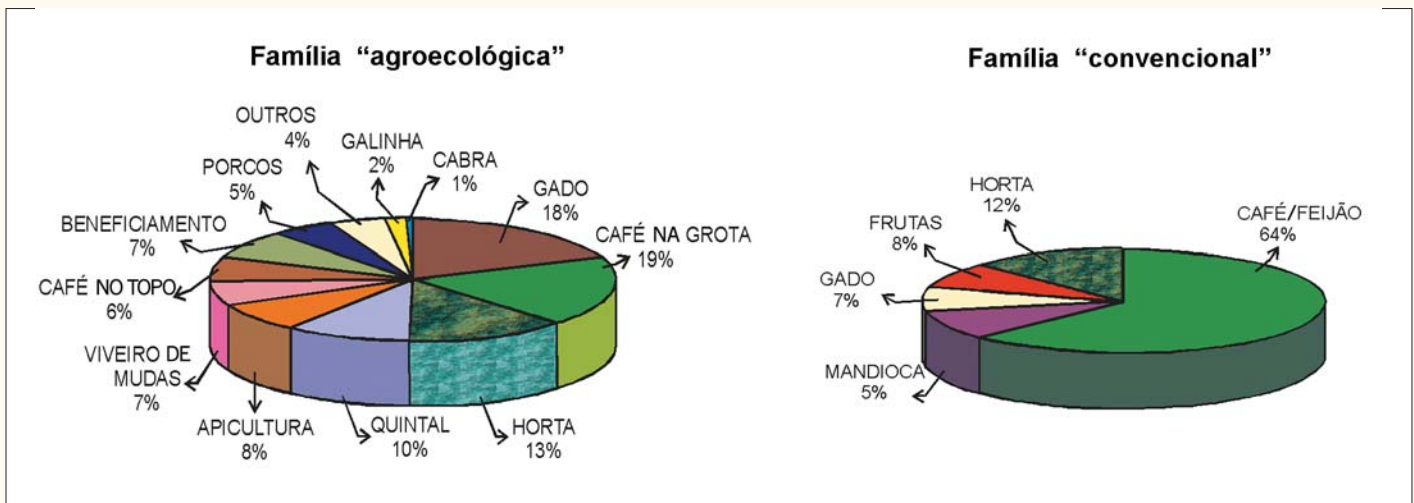


Gráfico 1 - Composição da renda agrícola familiar

participação política e equidade nas relações sociais.

RELAÇÕES DE GÊNERO E PODER NO MEIO RURAL

O alto índice de concentração de riqueza e de terra, e logo de poder, é uma das características do Brasil. Outra característica que podemos observar no meio rural é a alta concentração de poder na mão dos homens em relação às atividades de maior renda monetária. Isso pode ser observado no domínio da tecnologia agrícola e da comercialização pelos homens no meio rural.

É muito comum encontrar experiências em que as mulheres dominam todo o processo de produção, mas na hora de comercializar, os homens tomam a frente da atividade.

No município de Tombos, MG, existe o Mercado do Agricultor, administrado pela Associação de Pequenos Agricultores, cujo objetivo principal é manter um espaço na cidade para que agricultores possam vender seus produtos. Quando o mercado iniciou sua atividade em 2001, a Associação chamou todos os produtores que queriam comercializar através desta alternativa para se fazer um planejamento da produção. Só apareceram homens. Quando o mercado abriu as portas, as mulheres que desenvolvem um papel de liderança no movimento de trabalhadores e trabalhadoras rurais do município identificaram muitos produtos

como: doces, rapadura, ovos e hortaliças, que eram produzidos por mulheres, mas comercializados por seus maridos. Aos poucos, por um esforço da Associação de Pequenos Produtores, da Associação das Mulheres Trabalhadoras Rurais e do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), essas mulheres que produziam esses produtos foram chegando e participando dos momentos de formação e planejamento da comercialização no Mercado do Agricultor. Isso fez com que o planejamento do fornecimento de produtos para o mercado se tornasse muito mais eficiente, pois passou a ser feito junto com quem produz.

Em relação ao uso de tecnologias, a prática dá-se de maneira parecida. A mecanização agrícola geralmente não favorece as mulheres, pois as máquinas introduzidas no campo ficam, na maioria dos casos, sob a responsabilidade dos homens.

Isto pode ser observado concretamente através de um fenômeno singular que vem ocorrendo com a atividade da quebra do coco babaçu. Enquanto o racionamento energético no país tem estimulado o desenvolvimento de alternativas de geração de energia, estudos realizados, dentre outros, pela Universidade de São Paulo (USP), têm comprovado a excelente qualidade do carvão do coco babaçu, e a rentabilidade da sua utilização pelas indústrias siderúrgicas. Tal fato tem tornado o coco babaçu

uma importante alternativa de geração de energia.

Máquinas de transformação integral do coco têm sido instaladas na região dos babaçuais, por exemplo, em Miracema no estado de Tocantins, já que a maioria das empresas tem interesse na compra do produto inteiro, contratando-se mão-de-obra local apenas para recolhê-lo ou catá-lo. A mulher quebradeira de coco passaria, então, a desenvolver a função de catadeira de coco. Mas esta atividade tem sido desenvolvida, neste novo contexto, preferencialmente pelos homens, devido a diversos fatores, tais como: os homens têm mais mobilidade e possibilidade de deslocamento, pois não recaem sobre eles as tarefas da casa e o cuidado com as crianças. As mulheres quando quebram o coco, geralmente o fazem nos arredores da casa, pois podem conciliar a atividade com as tarefas estabelecidas para elas.

Um cenário previsível é que os homens passarão a se beneficiar economicamente da atividade, reforçando ou mantendo a subordinação das mulheres, que deixarão de obter a renda proveniente não só da quebra do coco, mas de todo potencial de diversificação que o extrativismo do babaçu permite e que garante diversos benefícios às famílias, tais como: a extração do óleo da amêndoa para fazer comida, do mesocarpo para fazer a farinha, do artesanato, do carvão a ser utilizado nos fogões residenciais etc.

Esta é uma reflexão que deve ser feita: temos que encarar a geração de tecnologia como geração de conhecimentos, quer sejam eles de cunho alternativo, quer sejam convencionais.

Quando a assistência técnica, ao discutir sobre inovações tecnológicas, privilegia a participação masculina, está reforçando a desigualdade de gênero, sutilmente, através de uma postura que reafirma que aos homens pertence o conhecimento, o acesso à informação e formação e às novas tecnologias.

A Associação de Programas em Tecnologias Alternativas (Apta), em parceria com o Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR), no município de Colatina, ES, a partir da contratação de uma técnica, com sensibilidade para o olhar de gênero no sistema de produção agrícola, pôde perceber que em algumas famílias quem tinha o conhecimento do trabalho com agricultura era a mulher, principalmente nas famílias em que os homens atuavam mais efetivamente nas organizações locais. Nestes casos, era a mulher quem sabia falar das técnicas utilizadas, dos gastos com a produção, da adaptabilidade de espécies etc.

Antes da chegada desta profissional, isso não era percebido, pois todos os contatos eram feitos com homens, logo, as atividades de capacitação e formação eram voltadas para eles. Essa “descoberta” só foi possível porque a técnica procurou envolver outras pessoas da família no trabalho de desenvolvimento local daquela entidade (Fig. 4).

A igualdade de oportunidade refere-se basicamente às dificuldades de as mulheres terem acesso à capacitação técnica, à formação e à informação, porque não há incentivo externo ou porque a obrigatoriedade de arcar sozinhas com os afazeres do lar e com o cuidado com os filhos não lhes permitem transitar entre os dois espaços: o mundo da vida pública e o mundo da vida doméstica.

A apropriação e a aprendizagem de novas tecnologias requerem formação e capacitação, inclusive sob a perspectiva agroecológica. Se às mulheres e aos homens não forem proporcionadas condições iguais de desenvolver a capacidade e a oportunidade de acesso às tecnologias e ao conhecimento, estaremos contribuindo para reforçar as desigualdades de gênero.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Está feito o convite. Um mundo diferente é possível, onde a natureza seja preservada, a cidadania exercida, as diversidades respeitadas e as relações sociais sejam mais justas e solidárias.

A discussão de gênero, agricultura familiar e agroecologia é um chamado a um novo olhar para o campo das relações humanas como estratégia fundamental para a promoção do desenvolvimento sustentável. Discutir gênero não deve ser, portanto, uma preocupação apenas de mulheres, embora seja fácil compreender porque, na maioria das vezes, estas questões sejam trazidas por elas, mas sim uma discussão incorporada no cotidiano de homens e mulheres.

Falar de gênero é falar de transformação social, em que todos possam ter igualdade de direitos e de oportunidades. Para isso, gênero deve ser entendido não apenas como uma categoria de análise, mas como perspectiva de transformação dos padrões determinados para mulheres e homens na sociedade, à medida que se reconheça que estes padrões não são o que se costuma chamar de essência feminina ou masculina mas foram histórica e culturalmente construídos e, por isso, são passíveis de mudança.

Como sugere o texto, é preciso construir uma nova idéia acerca da divisão de sexo e de trabalho, a partir da valorização de mulheres e homens na mesma medida. Romper com a idéia de espaço produtivo e reprodutivo, pois ambos, tanto o de casa quanto o de roça, têm igual importância ao produzirem bens e serviços necessários para a sobrevivência no campo, a partir da agricultura familiar como estratégia.

Entretanto, apenas o reconhecimento e a valorização do trabalho da mulher não bastam. Torna-se urgente, ainda, disponibilizar as mesmas oportuni-



Figura 4 - Difusão de tecnologia envolvendo mais pessoas da família: mulheres e homens

dades de formação e capacitação para mulheres e homens para que, ambos, possam exercer a livre democracia e, assim, superar as desigualdades de gênero impostas pela sociedade. É preciso entender que as mulheres são tão capazes quanto os homens de adotar técnicas inovadoras, gerenciar projetos e recursos, operar máquinas e exercer tantas outras funções sempre determinadas para os homens.

Por fim, é necessário enfatizar a contribuição da agroecologia para o empoderamento das mulheres no âmbito da agricultura familiar. O enfoque agroecológico, a partir da visão sistêmica, tem conseguido dar maior visibilidade ao trabalho da mulher, uma vez que rompe as cercas entre “casa e roça”, evidenciando a igual importância e a relação intrínseca de todos os espaços e, conseqüentemente a necessidade de garantir a participação da mulher nas tomadas de decisão em todos os níveis, contribuindo sobremaneira para a construção de um novo mundo, pautado nos alicerces da igualdade, democracia e da sustentabilidade, não só do ponto de vista ecológico, mas também das relações humanas.

Sabe-se que mexer com o que é culturalmente construído não é tarefa fácil, nem confortável. Mas a agroecologia vem demonstrando que nem sempre o tradicional é natural e deve ser preservado. Assim como algumas das tradicionais práticas agrícolas que degradam o meio ambiente, como as queimadas e cultivos em morro abaixo, podem ser modificadas, repensar as relações entre homens e mulheres numa agricultura sustentável também é possível.

O desafio está posto. Para enfrentá-lo temos que assumir a reflexão do escritor mineiro Guimarães Rosa em sua obra Grande Sertão Veredas:

“(…) o senhor mire... veja... o mais importante e bonito do mundo é isto, que as pessoas ainda não estão terminadas, mas que afinam e desafinam.”

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 110p.

CENTRO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS DA ZONA DA MATA. **Conselho de entidades**: relatório. Viçosa, MG, 2002a. Mimeografado.

_____. **Monitoramento dos impactos ecológicos das propostas agroecológicas**: relatório do 1º ciclo do monitoramento (2001/2002). Viçosa, MG, 2002b. Mimeografado.

_____. **Programa de Formação de Monitores e Monitoras da Zona da Mata**: relatório do módulo “Gênero e Sexualidade”. Viçosa, MG, 2001. Mimeografado.

DEPARTAMENTO SINDICAL DE ESTUDOS RURAIS; COORDENAÇÃO ESTADUAL DE MULHERES TRABALHADORAS RURAIS DO PARANÁ. **Gênero e agricultura familiar**: cotidiano de vida e trabalho na produção de leite. Paraná: DESER, 1996.105p.

GRUPO DE TRABALHO SOBRE GÊNERO DO FÓRUM SUDESTE DA REDE PTA. **Gênero em rede**. Belo Horizonte, 2002.

LAMAS, M. Gênero: os conflitos e desafios do novo paradigma. **Proposta**, Rio de Janeiro, ano 29, n.84/85, p.12-25, mar./ago. 2000.

MUSSUOI, E.M.; PINHEIRO, S.L.G. Desafios para a pesquisa e socialização do conhecimento em agroecologia: uma reflexão a partir das experiências das instituições públicas de pesquisa e extensão rural em Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA, 2002, Rio de Janeiro. **Cadernos de textos...** Rio de Janeiro: ENA-Núcleo Executivo, 2002. p.42-47.

NOBRE, M. da S.; SILVA, N.F. O que é ser mulher? O que é ser homem? Subsídios para uma discussão das relações de gênero. In: MST. Coletivo Nacional de Mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra - Área de Gênero. **Compreender e construir novas relações de Gênero**: coletânea de textos. São Paulo, 1998. p.28-42.

PACHECO, M.E.L. Sistemas de produção: uma perspectiva de gênero. **Proposta**, Rio de Janeiro, n.71, p.30-38, 1997.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CAMURÇA, S.; PORTELLA, A.P. Comentários sobre tarefas produtivas e reprodutivas na área rural. In: PORTELLA, A.P.; GOUVEIA, T. **Idéias e dinâmicas para trabalhar com gênero**. Recife: SOS Corpo, 1992. p.193-198.

CORREA, S. Gênero e desenvolvimento: de que estamos falando? **Cadernos ABONG**. Gênero, o olhar que transforma, n.22, p.5-10, out. 1997.

DI CIOMMO, R.C. **Ecofeminismo e educação ambiental**. São Paulo: UNIUBE, 1999. 264p.

FIÚZA, A.L. de C. **O papel da mulher-rural nas políticas de desenvolvimento sustentável**. 2001. 247f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Agricultura e Sociedade) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

_____. **Verde-rosa/natureza-mulher**: um estudo de caso comparativo das relações de gênero em contextos tecnológicos distintos na zona da mata mineira. 1997. 119f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HABERMAS, J. **Técnica e ciência como ideologia**. Lisboa: Ed. 70, 1968. 147p.

HEILBORN, M.L.; LORJ, B. Estudos de Gênero no Brasil. In: MICELI, S. (Org.). **O que ler na Ciência Social brasileira?** São Paulo: Sumaré/Brasília: ANPOCS/CAPES, 1999. p.183-221.

MOTTA, I.P. Coco babaçu aparece como alternativa de geração de energia. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 24 jul. 2001.

NOBRE, M.; SILIPRANDI, E.; QUINTELA, S.; MENASCHE, R. (Org.). **Gênero e agricultura familiar**. São Paulo: SOF, 1998. 68p.

PACHECO, M.E.L. A questão de gênero no desenvolvimento agroecológico. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA, 2000, Rio de Janeiro. **Cadernos de textos...** Rio de Janeiro: ENA-Núcleo Executivo, 2002. p.7-9.

VEJA NO PRÓXIMO

INFORME AGROPECUÁRIO

PRODUÇÃO DE LEITE COM VACAS MISTIÇAS

Mercado do leite

Heterose na pecuária bovina leiteira

Alimentação de bovinos mestiços leiteiros

Cria e recria de fêmeas F1

Lactação de vacas mestiças

Crédito rural

Programa Organização e Gestão da Pecuária

de Minas Gerais - PROPEC-MG



LEIA E ASSINE O INFORME AGROPECUÁRIO

(31) 3488 6688

sac@epamig.br

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Aécio Neves da Cunha
Governador

SECRETARIA DE ESTADO
DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO

Odelmo Leão Carneiro Sobrinho
Secretário



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de
Minas Gerais - EPAMIG

Presidência

Baldonado Arthur Napoleão

Diretoria de Operações Técnicas

Manoel Duarte Xavier

Diretoria de Administração e Finanças

Luiz Carlos Gomes Guerra

Gabinete da Presidência

Carlos Alberto Nunes Carneiro

Assessoria de Marketing

Aldo Fernandes da Silva Júnior

**Assessoria de Planejamento e
Coordenação**

Maria Lélia Rodriguez Simão

Assessoria Jurídica

Marcelo José Alves

Assessoria de Informática

Artur Fernandes Gonçalves Filho

Auditoria Interna

Geraldo Dirceu de Resende

Departamento de Pesquisa

Sanzio Mollica Vidigal

Departamento de Produção

Edson Marques da Silva

Departamento de Ações e Desenvolvimento

Sebastião Gonçalves de Oliveira

Departamento de Recursos Humanos

José Eustáquio de Vasconcelos Rocha

Departamento de Patrimônio e

Administração Geral

Marlene do Couto Souza

Departamento de Contabilidade e Finanças

José Roberto Enoque

Centro Tecnológico-Instituto de Laticínios

Cândido Tostes

Gérson Occhi

Centro Tecnológico-Instituto Técnico de

Agropecuária e Cooperativismo

Marusia Guimarães Pereira Rodrigues

Centro Tecnológico do Sul de Minas

Adauto Ferreira Barcelos

Centro Tecnológico do Norte de Minas

Cláudio Egon Facion

Centro Tecnológico da Zona da Mata

Juliana Cristina Viecelli de Carvalho

Centro Tecnológico do Centro-Oeste

Waldir Botelho

Centro Tecnológico do Triângulo e

Alto Paranaíba

Roberto Kazuhiko Zito

A EPAMIG integra o Sistema Nacional
de Pesquisa Agropecuária, coordenado
pela EMBRAPA

Mais um Canal entre as Pesquisas da Embrapa e Você.



O **Dia de Campo na TV** já faz parte das manhãs de sexta-feira de quem toca a vida no campo. Em seu **sexto ano**, o programa está cheio de alternativas para o desenvolvimento do agronegócio nacional. São estudantes, pesquisadores, extensionistas e produtores rurais que assistem e participam ao vivo, interagindo com os convidados por telefone, fax ou e-mail. É assim, direto do seu estúdio, que a Embrapa leva até você as novidades da tecnologia do campo.

Para saber as datas em que os programas serão transmitidos, acesse: www.sct.embrapa.br



SINTONIZE SUA PARABÓLICA

Recepção multiaberta: banda C -

Transponder 6A2 - Polarização Horizontal

Frequência 3930 Mhz

Antena doméstica: banda L -

Frequência 1220 Mhz

Canal Rural: Sky e Net

Os programas vão ao ar todas sextas-feiras no mesmo horário, das 9h às 10h da manhã (hora de Brasília).

COMO PARTICIPAR

0800 701 11 40 (ligação gratuita)

Fax: (61) 273.8949

E-mail: diacampo@sct.embrapa.br

Dia de Campo na TV

Embrapa
Um Brasil que dá gosto

Ministerio da Agricultura,
Pecuaria e Abastecimento

BRASIL
UM PAÍS DE TODOS

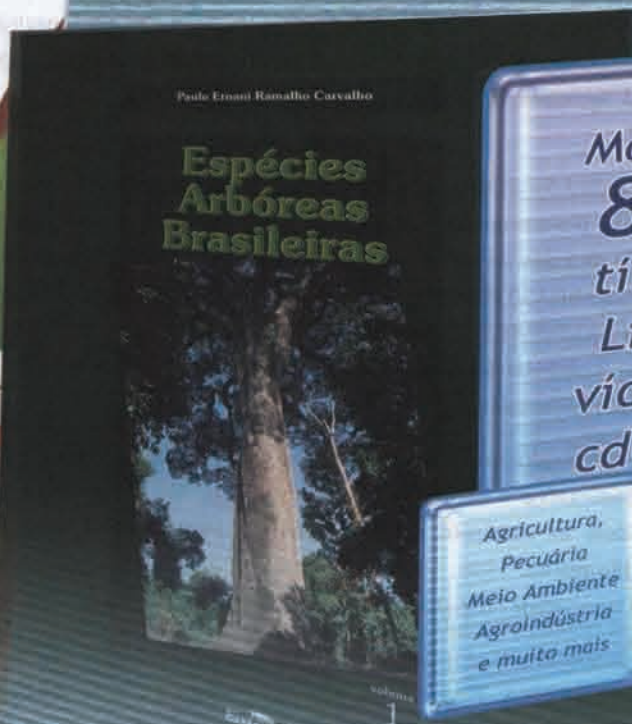
Cultura para você colher o ano todo.

Livraria Virtual Embrapa

www.sct.embrapa.br

Vendas: (61) 340.9999 Fax: (61) 340.2753

LANÇAMENTOS



Mais de
800
títulos:
Livros,
vídeos e
cd-roms

Agricultura,
Pecuária
Meio Ambiente
Agroindústria
e muito mais

Embrapa

Fazendo um Brasil que dá gosto

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

BRASIL
UM PAÍS DE TODOS