



ESPECIAL

**Serviços
ambientais no
negócio agrícola**

Embrapa

Sumário

Estímulos aos “serviços ambientais”
no agronegócio E2

Os impactos das mudanças climáticas E3

Os novos desafios da pesquisa E5

Modernização favorece o meio ambiente E7

Proteção para o Aquífero Guarani E9

Florestas plantadas E11

Manejo integrado de pragas E13

Benefícios do plantio direto E15

ENCARTE ESPECIAL DE ANIVERSÁRIO DA EMBRAPA OS SERVIÇOS AMBIENTAIS NO NEGÓCIO AGRÍCOLA

Expediente

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa
Assessoria de Comunicação Social

Editor-Geral Edilson Fragalle

Editor-Executivo Renato Cruz Silva

Colaboradores Eliana Lima

Gilceana Moreira

Graziella Galinari

Juliana Freire

Maria Fernanda Diniz

Nadir Rodrigues

Regina Siewert

“Novas tecnologias em uso pelo negócio agrícola mais moderno estão ajudando a proteger matas ciliares, encostas, lençóis freáticos, córregos, solos, fauna e flora, enfim, a natureza”

A nova meta do negócio agrícola

Silvio Crestana*
Renato Cruz Silva**

No Brasil de hoje ninguém estranha quando se apresenta a agricultura como a grande vilã nas questões ambientais. Isso em boa parte explica-se não apenas pelos acidentes e incidentes ambientais que o jornalismo destaca, mas sobretudo por aquilo que, histórica e atavicamente, a maioria da população compreende e visualiza como agricultura.

Não se pode ignorar o fato de que se trata de uma atividade centrada na intervenção física dos homens nos biomas, com o propósito de substituir populações originais da flora e da fauna por algumas espécies de valor estratégico para a sobrevivência, crescimento e prosperidade da raça humana.

Em razão disso, no imaginário popular estão mais vivas as imagens da limpeza do terreno com o corte e a queimada das matas, da coleta dos frutos e da caça aos animais, conforme a tradição que herdamos dos antepassados e ainda presente nos nossos hábitos produtivos.

Assim, para a maioria – dos produtores agrícolas aos consumidores – o conceito de agricultura tem mais a ver com a “extra-

ção” de um recurso natural, que acarreta a sua extinção. Por isso, muitos acham até natural que ela seja causa de danos ambientais. Poucos imaginam a agricultura como processo de “transformação” desse recurso, que vê valor na sua conservação.

Fábrica

Todo mundo diz que a vaca dá leite, carne, couro e chifre. Poucos de nós nos lembramos de que, na verdade, a vaca é uma “fábrica” que produz leite, carne, chifres e couro, e até mesmo o berro, a partir da transformação de pontas de capim e grãos de milho e soja, e que esses também foram frutos da transformação de macro e micronutrientes, como o fósforo, carbono, nitrogênio, cálcio, magnésio, boro, manganês e zinco, em proteínas, carboidratos, enzimas, aminoácidos etc.

E que o estrume da vaca, seu “lixo”, volta à natureza para, com a reciclagem dos nutrientes, recomençar o ciclo de transformação que vai gerar o capim, que vai gerar a carne... E, assim, conservar parte desses recursos naturais, pois a vaca também emite gases que contribuem para o efeito estufa.

O que todo mundo ainda estranha é quando se apresenta a visão da agricultura moderna como um vetor de conservação dos recursos naturais, é quando se diz que novas tecnologias em uso pelo negócio agrícola mais moderno estão ajudando a proteger matas ciliares, encostas, lençóis freáticos, córregos, solos, fauna e flora, enfim, a natureza.

Há 40 anos, a vida rural era predominantemente extrativa. Extraía-se a fertilidade natural do solo, a proteína da caça, o peixe dos rios, o palmito, a lenha e o móvel das matas. Sólidas razões culturais, econômicas, políticas e sociais determinavam que fosse assim. Há 30 anos, razões do mesmo jaez, igualmente sólidas, determinaram que o Brasil buscasse a mudança dos paradigmas do

espaço agrícola, para que incorporasse essa visão de transformação em substituição à de extração do recurso natural e fosse mais eficiente nesse processo, obtendo maior produção por unidade de insumo utilizada.

Os objetivos eram muito claros: crescer a produtividade da terra, do trabalho e do capital – os fatores clássicos de produção – de sorte a aumentar a oferta agrícola, reduzir custos diretos, indiretos e associados, crescer a renda rural, democratizar o acesso da população a esses bens, e o seu bem-estar.

Daí emergiu um novo conceito de operação agrícola que não é mais apenas essa intervenção física, mecânica, de extração do recurso natural. A nova agricultura, sobretudo em ecossistemas tropicais, precisa ser uma ação lógica, cognitiva e investigativa, para permitir a compreensão e conciliação dos papéis dos recursos químicos, físicos e biológicos em favor desses objetivos eminentemente econômicos e sociais e, por extensão, políticos. Em outras palavras, uma forma de fazer agricultura mais intensiva em conhecimentos para se usar, de forma menos intensiva e com maior qualidade, a terra, o trabalho alocado, o capital, e os insumos e máquinas que se pode comprar, e deles ser menos dependentes.

Novos paradigmas

Como se sabe, tais objetivos foram alcançados porque, a par de toda a ação de inteligência e engenhosidade para se criar novos conhecimentos, agregados em novas maneiras de manejar esses recursos naturais para produzir alimentos, fibras, essências e energia, também se orquestrou o necessário desenvolvimento institucional e, mais importante, oportunas políticas públicas que estimulam a incorporação desses novos conhecimentos e paradigmas no processo produtivo agrícola.

A busca por esses objetivos nitidamente econômicos como produtividade, redução de custos e ampliação do espectro agrícola, tanto no sentido geográfico, quanto da variabilidade na oferta de produtos, trouxe alguns efeitos colaterais de natureza ambiental que não tinham sido imaginados na sua magnitude.

Para aqueles convertidos para os novos paradigmas, o crescimento da produtividade de grãos, fibras e carnes certamente reduziu o ímpeto na abertura de novas áreas e, por decorrência, no desmatamento e nas queimadas; a mobilização da variabilidade genética na produção de animais e plantas mais resistentes e na identificação de inimigos naturais de pragas e doenças reduziu de forma significativa as dosagens e o número de pulverizações com defensivos químicos.

O conhecimento da biota reduziu as aplicações de adubos nitrogenados, via fixação biológica, e os novos manejos de solo, consolidados no plantio direto, reduziram as erosões, a perda de sementes e nutrientes e – surpresa total – inverteu o processo de emissão para seqüestro de carbono da atmosfera diretamente para o solo! Benefícios para as plantas, os animais, o solo, o ar, e os lençóis de água.

Esses benefícios extras que uma dada mudança tecnológica prestam à conservação de recursos naturais, seja eliminando o

agravo ambiental, seja mitigando os seus danos, são hoje chamados “serviços ambientais”, que integram de forma natural uma estratégia de enfrentamento das mudanças climáticas globais na linha do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, proposto pelo Protocolo de Kyoto.

Os artigos que se seguem nesse encarte especial de **Agroanalysis** relatam alguns dos serviços ambientais já incorporados à prática diária dos empreendimentos mais modernos do negócio agrícola pela boa e simples razão de que agregam eficiência ao empreendimento e representam lucros para o produtor que optam pela sua adoção. A sua ocorrência em um dado segmento produtivo não significa que essa cultura está destituída de problemas mas, sim, que ela tem menos agravos ambientais que poderia ter e nos dá a esperança de que no processo as soluções para os problemas ambientais estão sendo buscadas.

Mas, há a constatação de que esses serviços ambientais já identificados poderiam estar disseminados em todas as propriedades rurais e que outras tecnologias, que geram serviços ambientais, mas que representam apenas ônus para o produtor, poderiam estar sendo adotadas se houvesse políticas públicas que remunerassem a sua adoção, a exemplo do que ocorre com as práticas que promovem o seqüestro de carbono.

É para esse debate que a Embrapa e a **Agroanalysis** convidam o leitor.

* Doutor em Ciências do Solo, é Diretor-Presidente da Embrapa

** Mestre em Comunicação, dedica-se ao desenvolvimento institucional da Embrapa

“As perdas econômicas anuais provocadas pelo aumento de 1°C na temperatura chegam a US\$ 375 milhões no café somando Minas, Paraná e São Paulo”

O clima e a potência ambiental

Eduardo Delgado Assad*
Giampaolo Queiroz Pelegrino**

Os indícios de que ocorrerão mudanças climáticas globais provocadas por ação antrópica, em função do aumento da concentração de gases de efeito estufa como o gás carbônico (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (NO₂), além do próprio vapor d'água (H₂O), são cada vez mais consistentes e aceitos pela comunidade científica.

Embora aparentemente distantes, as mudanças climáticas também ocorrerão no Brasil e talvez com efeitos mais danosos

pela vulnerabilidade histórica a desastres naturais, como secas, enchentes e deslizamentos de encostas, que o País apresenta. Os modelos de previsão de mudanças climáticas do Centro de Distribuição de Dados do IPCC apresentam resultados bastante variáveis quanto ao comportamento na América do Sul, contudo são previstos aumento de temperatura em todo o continente.

Na precipitação, porém, os modelos para 2001-2100 são divergentes, apresentando tanto aumento, quanto diminuição, ou ainda estabilidade das chuvas, não permitindo propor cenários confiáveis de alterações no ciclo hidrológico regional. Há também a previsão de maior frequência de fenômenos extremos.

Essas mudanças afetam diretamente a agricultura e as áreas florestais brasileiras. Nobre (2005) e Nobre et al. (2005) apresentam resultados sobre o comportamento dos biomas brasileiros por meio da aplicação dos cenários do IPCC para 2000-2100 no Modelo de Vegetação Potencial do CPTEC-Inpe, em que se percebe, em maior ou menor grau, a desertificação do semi-árido nordestino e uma transformação da Amazônia em vegetação de pequena estatura, similar às savanas. Embora a valoração dessas alterações seja impraticável, já se antevê uma perda significativa de biodiversidade pela dificuldade de adaptação desses biomas a mudanças climáticas em poucas décadas (Medlyn & McMurtrie, 2005)

Alguns estudos, simulando os impactos sobre a agricultura, por meio de modelos matemáticos, foram apresentados por Siqueira et al. (2001) para trigo, milho e soja, por Pinto et al. (2002) e Assad et al. (2004) para café, e por Zullo et al. (2006), milho, feijão, arroz, soja e café. Esses autores apresentam ainda as perdas econômicas anuais provocadas pelo aumento de 1°C na temperatura, chegando a valores de 375 milhões de dólares no café somando Minas Gerais, Paraná e São Paulo, e 61 milhões de dólares no milho em São Paulo. Além desses, outros estudos contemplam efeitos sobre pragas, doenças, solos e outros aspectos do sistema produtivo agrícola.

Aceita-se internacionalmente que os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, onde se inclui o Brasil, sejam vítimas das situações provocadas pelos países desenvolvidos tendo, portanto, o direito a alcançar seu desenvolvimento. Porém, o modelo de desenvolvimento agrícola do País também tem provocado grandes impactos ambientais negativos. Enquanto nos países desenvolvidos as emissões de gases de efeito estufa se concentram basicamente no setor industrial e no consumo de combustíveis fósseis, no Brasil, a emissão a partir das queimadas, desmatamento e expansão agrícola é muito maior que a industrial e de combustíveis fósseis e o País tem sido considerado como um dos maiores emissores do mundo (<http://www.greenpeace.org.br/clima/filme/home/>).

É preciso avaliar os impactos negativos e a intensidade de emissões dos sistemas produtivos agropecuários para se propor novos modelos e medidas de mitigação e adaptação que permitam ao país alcançar um desenvolvimento sustentável, o que inclui assumir sua responsabilidade e a tomada de atitudes sobre a sua contribuição para as mudanças climáticas globais.

Mercado de carbono

Na linha da mitigação, as tecnologias propostas se enquadram em dois tipos de “remuneração”: o mercado de carbono e os serviços ambientais. No momento pouco se pode fazer quanto a alterar as regras do mercado de carbono. Os acordos internacionais ainda impedem. Porém remunerar os serviços ambientais depende de políticas públicas, em que o papel dos cientistas e pesquisadores é fundamental.

Mas o que são os serviços ambientais? São os serviços oriundos do funcionamento saudável dos ecossistemas naturais ou modificados pelos seres humanos. Orientados para agricultura esses serviços são traduzidos em: redução do desmatamento, absorção do carbono atmosférico, conservação da água, conservação do solo, preservação da biodiversidade e redução do risco de fogo, entre outros. Exemplos claros desse tipo de serviço, seriam os sistemas agroflorestais (altamente eficientes no sequestro de carbono), revegetação de matas ciliares, uso eficiente de sistemas de plantio direto, e não menos importantes, a adoção de boas práticas agrícolas que diretamente aumentam a ciclagem de nutrientes, a redução da erosão, o sequestro de carbono (aumento da produção de biomassa), entre outros.

Todos esses “serviços ambientais” estão diretamente vinculados à redução da emissão de gases de efeito estufa, e tendo escala, manutenção de uma agricultura mais limpa e equilibrada. Sem dúvida, sistemas de produção de grãos baseados em plantio direto, sistema de integração pecuária lavoura, práticas de conservação de solo e água, redução de erosão do solo, eliminação de queimadas, fixação biológica de nitrogênio entre outras tantas conhecidas técnicas são fundamentais para promover a redução na emissão de gases. A manutenção da biodiversidade está diretamente relacionada com a sobrevivência da atual produção agrícola em face dos novos cenários de aumento de temperatura. São nos genes, existentes nas espécies nativas de biomas como os do cerrado e da Amazônia, é que estão as soluções para adaptação das espécies exóticas (soja, milho, arroz, feijão, café, algodão) em situações de aumento de temperatura e estresses hídricos. Destruir a biodiversidade é condenar a médio e longo prazos o agronegócio brasileiro.

A adoção dessas práticas pelos agricultores no nosso entendimento só será possível se forem remuneradas e entendidas como um serviço ambiental.

É nesse sentido que a Embrapa está vinculando a valoração desses serviços à sua plataforma de pesquisa em mudanças globais, para propor novas políticas públicas que busquem a manutenção e até acréscimo da produção agrícola mas, tendo como solução dessa complexa equação, diante dos novos desafios globais, o equilíbrio social, ambiental, econômico além da independência tecnológica a partir do avanço do conhecimento em agricultura tropical. Fica evidente que, sem remuneração desses serviços ambientais, a adoção dessas práticas “mais limpas” será difícil. Aqui, o papel do Estado deve ser decisivo. Como dito anteriormente, mudar as regras do mercado de carbono, implica longas negociações internacionais. Remunerar o agricultor pelos serviços ambientais é uma decisão de governo, ancorada numa política pública que busca o equilíbrio entre produção e preservação ambiental.

O modelo agrícola baseado na revolução verde se esgotou. Novos desafios exigem, além da difícil busca da manutenção equilibrada da produção de alimentos, uma mudança na matriz de produção que a curto e médio prazos deverá estar dissociada da dependência de derivados de combustíveis fósseis. Esse deve ser o futuro que a pesquisa agropecuária deverá procurar. O mais impressionante é que, no leque de possíveis opções tecnológicas, o Brasil se enquadra em quase todas. É a extraordinária oportunidade de se transformar numa potência ambiental.

* Eduardo Delgado Assad, Doutor em Agroclimatologia, é Chefe Geral da Embrapa Informática Agropecuária

** Giampaolo Queiroz Pelegrino, Doutor em Engenharia Agrícola, é pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária

ASSAD, E. D.; PINTO, Hilton Silveira; ZULLO JUNIOR, Jurandir; ÁVILA, A. M. H. . Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004. ASSAD, E. D.; PINTO, Hilton Silveira; ZULLO JUNIOR, Jurandir . Mudanças climáticas e seu impacto na cultura da soja no Brasil. In: IV Congresso Brasileiro de soja, 2006, Londrina. IV Congresso Brasileiro de Soja ANAIS. Londrina : EMBRAPA Soja, 2006. v. 1. p. 70-74.

McKee, T.B., Doesken, N.J. e Kleist, J. – The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Preprints, *Eighth Conf. On Applied Climatology*, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 179-184. 1993.

Nobre, C. A. – Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. In: *Cadernos Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Nº 3. Mudança do Clima. Vol I*. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação do Governo e Gestão Estratégica. 250 pp. 2005. Nobre, C. A., Assad, E. D. e Oyama, M. D. – Mudança Ambiental no Brasil – O impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura. In: *Scientific American Brasil*. Nº 12. Set-2005

ZULLO JUNIOR, Jurandir; PINTO, Hilton Silveira; ASSAD, E. D. . Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. *Meteorological Applications*, v. 1, p. 69-80, 2006.

“É possível que a velocidade das mudanças globais tornem obsoletos os métodos convencionais de inovação agropecuária, como o melhoramento genético e o controle químico de pragas”

A base genética e os novos desafios

José Manuel Cabral de Sousa Dias*
Maurício Antônio Lopes**

O *Sumário do Relatório do Grupo de Trabalho I* do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), lançado em fevereiro deste ano, motivou grande discussão pelas conclusões apresentadas para diferentes aspectos da evolução do clima na Terra ao longo dos próximos cem anos. Tão importantes quanto as previsões são os estudos revistos e sumarizados nesse

documento e que relatam as observações diretas nas mudanças climáticas recentes. Uma das conclusões desse estudo aponta que “onze dos últimos doze anos (1995-2006) estão entre os de maiores temperaturas globais registradas.”

Dentre as principais conclusões do *Sumário do Relatório* está a conclusão de que, nas próximas duas décadas, poderá acontecer aquecimento de cerca de 0,2°C por década. Muitos dos resultados apresentados agora já constavam do *Terceiro Relatório do IPCC*, publicado em 2001, o chamado *Third Assessment Report (TAR)* e, a partir deles, uma equipe de cientistas brasileiros, sob a liderança de José A. Marengo, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) desenvolveu um estudo de nome *Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade*.

As previsões apresentadas sobre as modificações climáticas nos próximos anos são de grande importância para a orientação estratégica da pesquisa agropecuária brasileira. As conclusões de Marengo (2007), sumarizadas a seguir, indicam substancial influência das mudanças climáticas sobre a biodiversidade e a produção agropecuária no Brasil em prazos relativamente curtos (10 a 20 anos), a saber:

- *Semi-Árido: as temperaturas podem aumentar de 2 a 5°C (2100). A caatinga será substituída por uma vegetação de clima mais árido. Aquecimento leva à evaporação maior e menor disponibilidade hídrica. Maior seca pode levar à migração da população.*
- *Sudoeste e Bacia do Prata: ainda que a chuva tenda a aumentar nessas regiões, as elevadas temperaturas do ar poderão comprometer a disponibilidade de água para agricultura, consumo ou geração de energia. O balanço hidrológico regional pode ser afetado com prejuízos para atividades humanas.*



- *Região Sul: a produção de grãos poderá ficar inviabilizada na Região Sul com o aumento da temperatura média e a alteração marcante no regime de chuvas. Enchentes são previstas bem como ventos de alta intensidade*
- *Agricultura: culturas perenes, como a laranja, tendem a migrar para regiões com temperaturas médias mais amenas. A produção poderá deslocar-se para o Sul. Elevadas temperaturas de verão vão condicionar o deslocamento de culturas como arroz, feijão, soja para a Região Centro-Oeste.*
- *Há, portanto, cada vez mais indícios de que as mudanças climáticas previstas levarão à intensificação dos estresses hídricos, térmicos e nutricionais, com profundos reflexos sobre os sistemas de produção no tocante à adaptação dos cultivos, produtividade e composições físico-químicas e nutricionais dos produtos agropecuários.*

Ferramentas

Além disso, é possível que a velocidade das mudanças globais tornem obsoletos os métodos convencionais de inovação agropecuária, como o melhoramento genético, o controle químico de pragas entre outros, que têm sido, até aqui, os principais instrumentos de adaptação dos organismos utilizados na agropecuária.

Mudanças nas temperaturas e na umidade nos vários agroecossistemas poderão levar à intensificação dos estresses bióticos, com surgimento de pragas (insetos, microrganismos, nematódos, ácaros, etc.) até então pouco expressivas ou de importância secundária, com dano à produtividade e à qualidade, além de riscos, ainda difíceis de prever, à segurança alimentar.

Para amenizar os efeitos previsíveis das mudanças climáticas globais sobre os sistemas de produção agropecuária, a pesquisa deverá desenvolver e colocar à disposição da sociedade um novo arsenal de ferramentas e estratégias baseadas em manejo, insumos e genética compatíveis com o desafio de mitigar efeitos já instalados e contribuir para a redução de efeitos previstos para o futuro, em especial aqueles decorrentes de novas emissões de gases de efeito estufa.

Assim, o desenvolvimento de sistemas mais adaptados a altas temperaturas, à falta ou excesso de chuvas, a ventos mais fortes e ao ataque de pragas devem ser priorizados. Igual prioridade deve ser dada ao desenvolvimento de sistemas que levem ao sequestro de carbono, substituam combustíveis fósseis e economizem insumos impactantes para o meio ambiente. Modelos de reconversão deverão ser buscados, muitas vezes sustentados em soluções do próprio ambiente.

E a agricultura brasileira dá exemplos da possibilidade de se alcançar esses objetivos. São, por exemplo, plantas e animais mais produtivos, mais resistentes a insetos e doenças, e mais adaptados aos rigores ambientais dos trópicos, bactérias diazotróficas capazes de fixar o nitrogênio atmosférico em raízes, e insetos, fungos e bactérias capazes de controlar pragas e doenças. Tudo isso são armas que têm sido utilizadas regularmente em diversas culturas como soja, cana-de-açúcar, algodão e fruteiras, e demonstram que o Brasil detém uma liderança no desenvolvimento de alternativas sustentáveis de produção agrícola em condições de estresses.

Esse importante acervo de tecnologias desenvolvidas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, com marcante contribuição da Embrapa, têm sido fator importante na viabilização de uma agricultura mais sustentável, que tem disponibilizado inúmeros serviços ambientais tais como a redução no ritmo de abertura de novas áreas de cultivo e, por decorrência, das queimadas e do desmatamento, a redução na utilização de agroquímicos e de práticas que levem à degradação ou fragilização da base de recursos naturais, a diminuição da contaminação de lençóis freáticos por resíduos agrícolas e de agrotóxicos.

Banco genético

Todas essas realizações foram possíveis a partir de uma única decisão estratégica: a manutenção e o constante enriquecimento de um banco de recursos genéticos de plantas, animais e microrganismos que identifica, recolhe e reproduz não apenas as formas de vida de potencial interesse da agricultura, encontradas nos biomas brasileiros, mas também germoplasma de biomas de outros países. Foi essa base genética que permitiu à ciência agrícola brasileira enfrentar com sucesso os desafios da agricultura tropical.

É, de novo, na exploração da imensa variabilidade contida nessa base genética que reside o caminho mais promissor para se fazer frente aos novos desafios elencados. Os centros de pesquisa da Embrapa e de instituições parceiras, que conduzem programas de pesquisa em recursos genéticos e desenvolvimento de cultivares e que tiveram papel marcante na agricultura brasileira ao longo das últimas três décadas têm, agora, o desafio da busca de um novo paradigma – encontrar, entender e disponibilizar, no potencial contido nos recursos genéticos, as funções biológicas e serviços ambientais promotores de uma agricultura capaz de superar esses desafios, de forma competitiva e sustentável.

O Brasil detém uma extraordinária riqueza biológica, capaz de sustentar a construção deste novo paradigma. Apenas a Rede Nacional de Recursos Genéticos (Renargen) da Embrapa detém uma coleção de 100.000 amostras de sementes de cerca de 450 espécies vegetais, armazenada em câmaras frias na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília (DF). A rede conta ainda com 170 Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) mantidos nos centros de pesquisa da empresa, nas universidades e organizações congêneres do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, que totalizam cerca de 250.000 amostras de materiais vegetais.

Conforme aumenta o interesse por diversificação e agregação de valor à agricultura, na forma de novos alimentos, bioenergia, fibras, fármacos e biomateriais aplicáveis a diversos ramos industriais, o interesse do melhoramento genético se volta inevitavelmente para esses acervos, em busca de espécies, sistemas e processos que correspondam às demandas apresentadas.

Adequadamente estudadas e conhecidas, muitas funções biológicas importantes poderão gradualmente ser incorporadas às espécies de interesse, via pré-melhoramento, melhoramento biotecnológico ou convencional ou intercâmbio com outros países. O acervo citado representa valiosíssimo capital para facilit

tar a busca e a troca de recursos genéticos originários de regiões em que ocorrem temperaturas médias mais altas e solos mais secos do que no Brasil.

Em especial, serão valorizadas funções biológicas que tenham impacto positivo em processos como adaptação a estresses bióticos e abióticos cada vez mais intensos e em serviços ambientais como regulação da composição química da atmosfera, suprimento de água, ciclagem de nutrientes, polinização, absorção e reciclagem de resíduos entre outros.

Nesse cenário, espera-se que a combinação de estratégias da biotecnologia moderna com as estratégias tradicionais de inovação tecnológica para a agricultura, seja o caminho eficiente para a descoberta e a incorporação, a médio prazo, de soluções biológicas viabilizadoras de uma agricultura mais compatível com as mudanças climáticas que se descortinam.

Pode-se então concluir que o enriquecimento da variabilidade genética, a sua adequada caracterização e a conservação dos recursos genéticos são serviços ambientais a ser contemplados por políticas públicas específicas.

* Chefe Geral da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
cabral@cenargen.embrapa.br

** Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
mlopes@cenargen.embrapa.br

"O monitoramento das queimadas tem demonstrado como a expansão da agricultura moderna tem levado a uma redução no uso do fogo"

Modernização induz a conservação

Evaristo E. de Miranda*
Adriana Vieira de Camargo de Moraes*
Cristina Criscuolo*

As mudanças tecnológicas da agricultura brasileira adquiriram tal magnitude que podem ser vistas do espaço. A incorporação de novas tecnologias, como por exemplo, o plantio direto em cerca de 23 milhões de hectares, ou alterações na ocupação das terras, como a substituição de terras ociosas por agricultura intensificada, transformam a paisagem rural em tal escala que são passíveis de monitoramento por satélite.

Nos últimos anos, a Embrapa Monitoramento por Satélite desenvolveu sistemas de monitoramento orbital que permitem detectar, identificar, qualificar, quantificar e cartografar a dinâmica do uso e ocupação das terras no Brasil, em vários níveis espaciais. Um desses sistemas é o de monitoramento orbital de queimadas,

operacional há mais de 15 anos. Baseado em dados dos satélites da série NOAA-AVHRR, obtidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe, o sistema permite a detecção diária do uso do fogo na agricultura em todo o território nacional. Os dados semanais, mensais e anuais para estados, regiões, país e diversos recortes geográficos diferenciados são disponibilizados na Internet (www.queimadas.cnpm.embrapa.br).

Queimadas

O monitoramento das queimadas tem demonstrado como a expansão da agricultura moderna, principalmente da soja, do milho e do algodão, tem levado a uma redução no uso do fogo. Isso é particularmente visível no Centro-Oeste. A título de exemplo, as Figuras 1 e 2 apresentam o total das queimadas detectado em Goiás e nas partes sul e central do Mato Grosso nos anos de 2000 e 2006. Nesse período houve uma redução de 11.104 focos para 6.561 focos de queimadas, ou seja, uma diminuição da ordem de 41%. Os dados mensais e anuais permitem refinar a análise dessa dinâmica espacial e temporal.

Resultados análogos de redução de queimadas ocorreram tanto no sul do Maranhão, como na região oeste da Bahia. A expansão da soja, do algodão, do milho, dos reflorestamentos

Figura 1 Pontos de queimadas no Estado de Goiás e nas partes sul e central do Estado do Mato Grosso em 2000

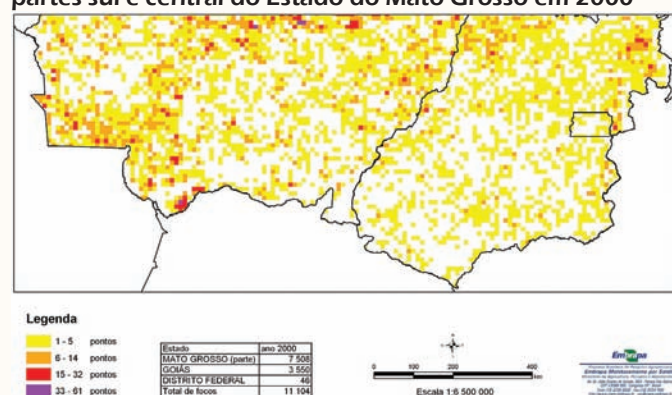
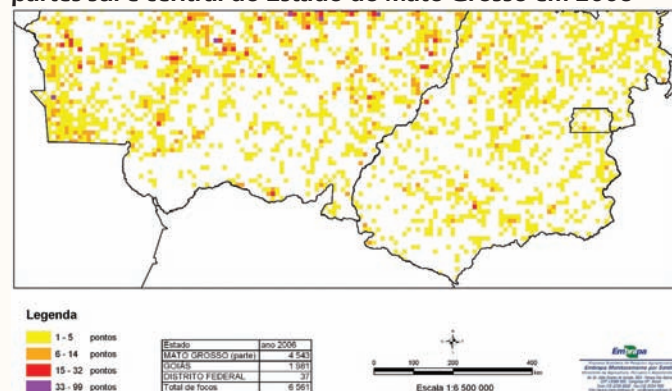


Figura 2 Pontos de queimadas no Estado de Goiás e nas partes sul e central do Estado do Mato Grosso em 2006



e da agricultura irrigada no oeste da Bahia foi monitorada por satélite para o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (www.bndes.cnpm.embrapa.br/) e apresentou uma enorme evolução entre 1985 e 2000, em uma dinâmica que prossegue até hoje. Nas Figuras 3 e 4, a expansão do agronegócio é exemplificada pelas classes de agropecuária moderna (em vermelho) e áreas irrigadas (em roxo). Elas apresentaram um crescimento, no período analisado, de 154% e 526%, respectivamente. Em valores absolutos, isso significa um aumento de 975 mil ha para a agropecuária moderna e uma expansão superior a 90 mil ha para áreas ocupadas com culturas irrigadas. Áreas com reflorestamento, inexistentes em 1985, já ocupavam mais de 24 mil ha em 2000. Todas as transformações foram acompanhadas por uma significativa expansão das áreas urbanizadas (mais de 126% em relação a 1985). O sistema de monitoramento por satélite, do uso e ocupação das terras, continua gerando subsídios tanto para agentes do agronegócio, como para gestores de políticas de fomento e crédito na região.

Novas tecnologias

Outro exemplo são os ganhos de adequabilidade no uso agrícola das terras, devido à incorporação de novas tecnologias. Na ausência de tecnologias modernas, as terras agrícolas podem ser subutilizadas ou sobre-utilizadas. Uma primeira avaliação da dinâmica da adequabilidade da ocupação agrícola das terras foi realizada em colaboração com a Abag-RP e o Projeto Ecoagri (Fapesp) em uma área de aproximadamente 52.000 km², abrangendo 105 municípios da região nordeste de São Paulo. Confrontados digitalmente, em um sistema de informações geográficas, os arquivos cartográficos do mapa de aptidão das terras e dos mapas de uso e cobertura de 1988 e 2003 indicaram que as classes “ocupação perfeitamente adequada” passaram de 52% em 1988 para 62% em 2003, graças ao uso de novas tecnologias agrícolas de mecanização e insumos (www.abagrp.cnpm.embrapa.br/).

Os ganhos de adequabilidade, devido principalmente à mecanização, levaram a um maior respeito da aptidão das terras em função do relevo. Uma das consequências desse processo é a recuperação da vegetação natural em áreas de preservação permanente, como beira de rios, declives acentuados e topos de morro, em que as máquinas não operam e onde a agricultura moderna não se instala. Os dados de satélite evidenciam: a expansão da agricultura tecnificada e mecanizada é quase sinônimo de manutenção e/ou recuperação de mata ciliar, como vem ocorrendo com a expansão da soja em diversas regiões de Mato Grosso (Diamantino, Rondonópolis, Primavera do Leste) e com a cana-de-açúcar em São Paulo e Minas Gerais.

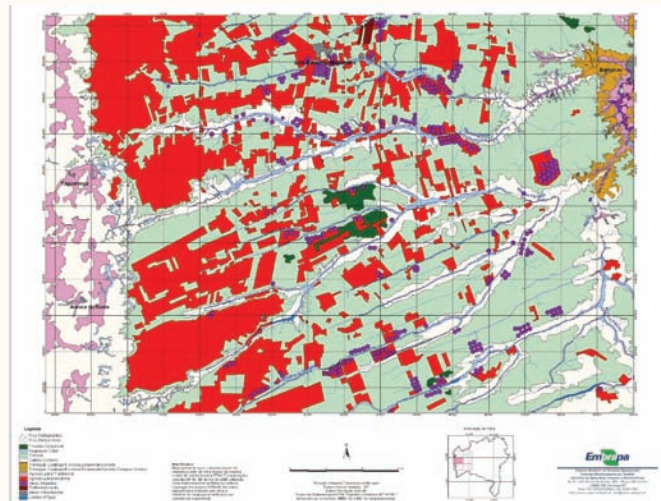
Satélites

Nos últimos anos, cresceram o número de satélites de empresas privadas operando e comercializando dados e a capacidade de tratamento de informações orbitais e cartográficas pela Embrapa Monitoramento por Satélite. Isso ampliou a aplicação de

Figura 3 Mapa com o uso e cobertura das terras no oeste da Bahia em 1985



Figura 4 Mapa com o uso e cobertura das terras no oeste da Bahia em 2000



geotecnologias na gestão territorial do agronegócio brasileiro e permitiu a definição de indicadores específicos sobre a adoção de tecnologias, bem como a identificação de áreas e sistemas de produção carentes dessas inovações.

Dentre as técnicas e tecnologias que ganharam precisão e reduziram custos estão o mapeamento do uso e ocupação atual das terras, os zoneamentos ecológico-econômicos, a caracterização regional e local da agricultura e dos agricultores para o mercado de fornecedores de insumos e a eletrificação rural, os estudos de avaliação de impacto ambiental para projetos agroindustriais, o monitoramento da sustentabilidade agrícola, os estudos para implantação de projetos de etanol e biodiesel, o mapeamento e a caracterização da biodiversidade nas áreas agrícolas, a detecção e monitoramento de queimadas e desmatamentos e o apoio

à gestão de bacias e microbacias hidrográficas em áreas rurais. Em todas essas aplicações observam-se mudanças na paisagem rural decorrentes da incorporação de tecnologias agrícolas geradas pelo sistema nacional de pesquisa agropecuária, visíveis no campo e observáveis pelos satélites em órbita terrestre.

* Pesquisadores da Embrapa Monitoramento por Satélite (www.cnpm.embrapa.br)

"Ocupa uma área de cerca de 1.200.000 km², com um potencial de exploração de água em torno de 40 km³/ano, o que corresponde a 40 trilhões de litros"

Como proteger o aquífero guarani

Marco Antonio Ferreira Gomes*

A água é hoje, sem dúvida, um bem de valor econômico e já começa a ser tratada como uma mercadoria (*commodity*) em todo o planeta. Isso ocorre porque, dado o cenário atual de alteração de suas características, mantê-la em disponibilidade, principalmente para consumo humano, vem exigindo custos de tratamento cada vez mais elevados. A busca de novos mananciais para atender ao aumento de sua demanda também implica custos maiores.

Assim, é imperativo que os órgãos gestores dos recursos hídricos, qualquer que seja o país, adotem, de forma eficaz, medidas que protejam e que tornem sustentáveis os recursos hídricos, sejam superficiais ou subterrâneos.

No Brasil, a preocupação com a água subterrânea só se estabeleceu na última década. Até aquele momento não se imaginava uma degradação tão expressiva dos recursos hídricos superficiais, até então considerados quase que inesgotáveis. Concorreu também para que essa consciência aflorasse a necessidade de se fazer estudos sobre o uso sustentável das áreas de recarga do Aquífero Guarani, um dos maiores do mundo, visando sua proteção, para atender à proposta de agenda básica de conservação de água, apresentada em Curitiba em 1996.

Diante dessa demanda de trabalho, a Embrapa Meio Ambiente propôs, em 1999, um trabalho com abrangência para todas as áreas de recarga do Aquífero Guarani em território brasileiro, paralelamente ao trabalho em andamento, desde 1994, em uma área de recarga na região de Ribeirão Preto, SP.

A importância do Aquífero Guarani é evidenciada pela sua extensão, pois ocupa uma área de cerca de 1.200.000 km², com um potencial de exploração de água em torno de 40 km³/ano, o que corresponde a 40 trilhões de litros. Ao se considerar o con-

sumo médio diário brasileiro em torno de 250 litros/habitante/dia (que é o dobro do valor sugerido pela OMS - Organização Mundial de Saúde) e a população de 180 milhões de pessoas, isto significa um consumo diário de 45 bilhões de litros e anual de 16,425 trilhões.

Sob tais parâmetros, o aquífero tem, então, a capacidade limitada de atender 450 milhões de pessoas/ano, equivalente a 2,5 vezes a atual população brasileira. Se considerarmos a recomendação de consumo da OMS, que é de 120 litros/habitante/dia, o aquífero é capaz de atender o dobro da população acima, ou seja, cerca de 900 milhões de pessoas/ano.

Atualmente, vivem na área de ocorrência/influência do Aquífero Guarani cerca de 15 milhões de pessoas, usuárias potenciais e que, em determinado momento, poderão vir a ser usuárias efetivas, condição essa que atribui um valor inestimável a esse imenso reservatório subterrâneo, tanto sob os aspectos social quanto econômico e ambiental.

Da área total de 1.200.000 km², cerca de 839.800 km² encontram-se no Brasil e dividem-se em porções confinadas (735.657 km²) e aflorantes ou de recarga direta (104.143 km²).

As áreas aflorantes estão expostas a uma situação de risco de contaminação em decorrência da alta vulnerabilidade natural aliada ao uso predominantemente agrícola. Esse cenário conduz à instalação de dois processos relativamente comuns, observados ao longo de vários anos de trabalho nessas regiões: processos erosivos e processos de contaminação da água por agroquímicos.

Controle de erosão

Em se tratando de processos erosivos instalados na propriedade, no caso de sulcos e ravinas (erosões de pequeno porte), por exemplo, o custo de recuperação ainda é baixo, mas atinge valores médios próximos de 10% do valor da terra no caso das áreas de recarga, até porque seu valor é menor em comparação ao das terras localizadas fora dessas áreas. Em casos de voçorocas (erosões que atingem o lençol freático), quase sempre o custo de recuperação excede o valor da terra, tornando viáveis somente ações para conter ou evitar sua expansão. Nesse particular, cabe então a pergunta: quanto se ganha com a redução ou com o controle dos processos erosivos nas áreas de recarga do Aquífero Guarani?

No caso dos agroquímicos (adubos, corretivos de solo e agrotóxicos), os possíveis processos de contaminação, principalmente da água subterrânea, implicam passivos ambientais quase sempre com custos que tornam sua recuperação inviável. Isso decorre do processo difuso de contaminação, em que a fonte e a área envolvidas são amplas e o produto contaminante pode ser encontrado em grandes profundidades.

Desse modo, a melhor coisa a fazer é evitar situações de risco de contaminação por esses compostos, adotando técnicas e procedimentos que resultem no uso racional e controlado de agroquímicos na propriedade rural como um todo mas, em particular, nas áreas de recarga de aquíferos sedimentares, como as do

Guarani, naturalmente frágeis, onde existe grande facilidade de movimentação desses compostos no perfil do solo em direção à zona saturada de água (aquífero).

Ativos ambientais

A adoção das técnicas adequadas mencionadas acima, relacionadas ao controle de processos erosivos, bem como aquelas de uso racional de insumos, aliadas à capacidade de uso dos solos e de práticas com bases agroecológicas constituem os passos fundamentais para o ganho crescente de ativos ambientais na propriedade.

Terras assim manejadas podem se valorizar em até 30% quando comparadas àquelas cujos procedimentos deixam evidentes a existência de passivos ambientais, principalmente sulcos, ravinas (ausência de curvas de nível e terraços), pastagens degradadas (presença expressiva de termitos), ausência de mata ciliar junto aos cursos d'água, e o manejo incorreto dos animais, deixando-os beber diretamente na água dos mananciais, dentre outras práticas inadequadas.

Devido ao menor valor das terras nessas áreas, onde os solos são bastante arenosos, é viável a adoção de procedimentos adequados de manejo de solo e de água que, assim, contribuirão, de forma preventiva, para a manutenção e mesmo para o aumento dos ativos ambientais; estes, por sua vez, proporcionam ganhos de valor tanto econômico quanto ambiental, valorizando a propriedade. O ganho de valor ambiental é expressivo, porque vai além da propriedade rural, pois contribui também para o recarregamento normal do Aquífero Guarani.

O conjunto de procedimentos acima descritos pode-se denominar de Ordenamento Agroambiental, cuja premissa básica é a integração de informações relativas a solos, relevo, aptidão (capacidade de uso do solo), cobertura vegetal, vulnerabilidade natural da área, qualificação e quantificação dos agrotóxicos de maior risco para a água subterrânea, estudos de risco de contaminação da água subterrânea e identificação do perfil sócio-econômico e cultural dos produtores localizados nas áreas de estudo. Tem-se, assim, um conjunto que integra *técnicas mais limpas de produção ou ambientalmente mais equilibradas*.

Ordenamento

A proposta de Ordenamento Agroambiental para as áreas de recarga do Aquífero Guarani em território brasileiro tem por objetivo dar subsídios a diversas ações voltadas para a sustentabilidade de áreas frágeis ou de alta vulnerabilidade natural. Pode funcionar como um documento orientador, com vistas à formulação de políticas públicas para essas áreas, dentro de um conjunto de medidas que incluem as Boas Práticas Agrícolas (BPAs), ajustadas para cada região.

Essas BPAs nada mais são que um conjunto de procedimentos de campo que visam: i) garantir a qualidade do produto agrícola e a saúde, bem-estar e segurança do trabalhador rural; ii) a conservação do meio ambiente; e iii) adicionar valor ao produto obtido pelos pequenos, médios e grandes produtores agrícolas, atenden-

do aos princípios de rastreabilidade dos produtos, desde sua produção sem agressão ao meio ambiente, até sua comercialização.

As boas práticas agrícolas recomendadas pela FAO/OMS e endossadas pela Comunidade Econômica Européia consideram os diversos tipos de sistemas de produção agrícola existentes. A adoção dessas BPAs deve obedecer às legislações ambiental e trabalhista e ao Estatuto da Criança e do Adolescente, vigentes no Brasil, bem como os princípios éticos de igualdade de salários entre trabalhadores e trabalhadoras rurais.

Do ponto de vista técnico, as BPAs contemplam vários aspectos, entre os quais pode-se destacar dois deles, fundamentais na abordagem agrícola com visão sustentável: a) observação da aptidão agrícola dos solos e b) organização do espaço agrícola, respeitando as áreas de proteção permanente, aliada a um plano de gestão ambiental da propriedade (Ordenamento Agroambiental).

Aptidão dos solos

Trata-se de uma avaliação que estabelece o limite ou a capacidade de uso do solo, evitando assim que ele sofra algum processo de exaustão e que, conseqüentemente, comprometa a produção/produtividade agrícola. Tem como premissa a adoção de três níveis de manejo (A, B e C), correspondentes aos níveis tecnológicos baixo, médio e alto. Apesar de ser um procedimento metodológico já desenvolvido há muitos anos no Brasil, praticamente não se observa o seu uso por diversas razões, entre as quais destacam-se a falta de informação (ausência de levantamento da aptidão) para a grande maioria dos solos agrícolas brasileiros e a ausência de uma legislação que obrigue a adoção dessa técnica pelo produtor rural.

Para a obtenção dessas informações seria necessário, inicialmente, o levantamento de solos em escala de propriedade o que demandaria custos muito elevados, impraticáveis pelo proprietário rural. Isso significa, na prática, que a obtenção de tais informações é possível somente por meio de grandes projetos nacionais, com recursos públicos, que possibilitem o levantamento ou classificação de solos em escala de semi-detalle. Um exemplo, é a escala de 1:50.000 como ponto de partida, acrescida de outros levantamentos mais detalhados para, em seguida, avaliar a aptidão agrícola.

É importante salientar que a adoção dessa técnica redundaria em ganhos ambientais e econômicos relevantes, simplesmente por contribuir para a conservação do solo em todos os seus aspectos (físico, químico e biológico) e, também, por permitir ganho de produtividade quando comparada aos procedimentos comumente adotados.

Gestão ambiental

Com as informações do levantamento de solos e de sua aptidão, aliadas àquelas relacionadas às áreas de preservação permanente, cujos conceitos estão contidos no Código Florestal Brasileiro, é possível estabelecer dentro da propriedade os diferentes usos da terra, observando as premissas de proteção ambiental. Trata-

se de uma espécie de estratificação de uso da terra, tendo por base conceitos ecológicos, o que se denomina Ordenamento Agroambiental.

Dentro dessa visão, a Embrapa Meio Ambiente desenvolveu ações de manutenção da qualidade do solo e da água e a conservação dos recursos biológicos regionais para duas regiões (região de Ribeirão Preto, SP e Nascentes do rio Araguaia, GO/MT) – (Figura 1). Nesse contexto, fica evidente pela complexidade das ações, que o produtor rural não consegue sozinho viabilizar todo esse conjunto de procedimentos, o que demandaria intervenções de ordem governamental para sua implementação, a exemplo do que foi colocado para a obtenção de informações relativas à aptidão agrícola.

Acredita-se que a adoção do Ordenamento Agroambiental, como um procedimento alternativo ao modelo de produção agrícola, atualmente predominante, e preventivo em relação aos riscos de degradação ambiental, seja o meio mais eficaz de aquisição de grandes parcelas de ativos ambientais nas áreas de recarga do Aquífero Guarani. Isso certamente traduz uma condição ambiental favorável à sustentabilidade dessas áreas.

O ordenamento em si encerra um procedimento de gestão, até porque uma vez seguido criteriosamente, permitirá a manutenção da propriedade rural dentro dos conceitos e parâmetros que permitirão viabilidade econômica, equilíbrio ambiental e justiça social.

* Marco Antonio Ferreira Gomes é pesquisador da Embrapa Meio-Ambiente

‘Nenhum outro segmento do agronegócio brasileiro experimentou performance similar à verificada pela silvicultura de espécies de rápido crescimento ao longo das últimas décadas’

Floresta plantada poupa a mata nativa

Marco Tuoto*
Vitor Afonso Hoeflich**

O desenvolvimento tecnológico da silvicultura de espécies de rápido crescimento no Brasil guarda uma estreita relação com um programa estratégico setorial criado pelo governo federal (Fiset – Fundo de Investimento Setorial) na década de 60. Na época, o propósito do Fiset era o de alavancar diferentes segmentos industriais no País, em especial a indústria de celulose & papel e a indústria siderúrgica.

O Fiset vigorou entre a década de 60 e 80 e é provável que a indústria florestal seja o segmento que mais bem aproveitou o es-

queima de subsídios e incentivos por ele proporcionado. Assim, o que se vê hoje em termos de produção florestal é resultado de um planejamento de longo prazo iniciado há 40 anos. No início da década de 60, as plantações florestais no Brasil eram apenas 200 mil hectares. Atualmente, a área de plantações florestais no Brasil cobre 5,7 milhões de hectares, localizada predominantemente nas regiões Sul e Sudeste.

As principais espécies cultivadas são exóticas (*pinus* e *eucalipto*). No caso das plantações de eucalipto, as espécies predominantes são o *E. grandis*, o *E. saligna* e o *E. urophylla*, além de vários híbridos. As plantações de *pinus* têm como principais espécies o *P. taeda* e o *P. elliottii*. Outras espécies como, por exemplo, a acácia (*Acacia* spp), a gmelina (*Gmelina* spp), a seringueira (*Hevea brasiliensis*), a teca (*Tectona grandis*) e o pinho (*Araucaria angustifolia*), contribuem com apenas 6% da área total plantada no país (figura 01).

Desde a década de 60, o setor privado, em estreita colaboração com os institutos de pesquisa agrícola governamentais, entre eles a Embrapa Florestas, vem obtendo excelentes resultados na introdução de espécies exóticas nos plantios florestais comerciais no Brasil. As pesquisas voltadas ao melhoramento genético e manejo florestal têm colocado o País entre os primeiros no mundo em termos de produtividade florestal. A figura mostra a evolução da produtividade das plantações florestais no Brasil nos últimos 30 anos.

Em média, as plantações de eucalipto no Brasil apresentam um Incremento Médio Anual (IMA) de 40 m³/ha/ano. As florestas clonais têm contribuído significativamente para aumentar os níveis de produtividade. Os melhores clones podem atingir 90 m³/ha/ano, mas esses ainda são resultados extraordinários, obtidos apenas em experimentos específicos e não podem ser generalizados para extensas áreas florestais. No caso das plantações de *pinus*, o IMA atualmente obtido é 30 m³/ha/ano, resultado de pesquisas voltadas ao melhoramento genético para produção de sementes melhoradas.

A produtividade das florestas boreais (Finlândia, Canadá, Suécia e outros) ou mesmo das plantações florestais na Ásia (China, Índia, Indonésia, Tailândia, entre outros) é muito baixa quando comparada ao IMA das plantações florestais no Brasil.

Sob o ponto de vista silvicultural, a tecnologia aplicada na melhoria da produtividade das plantações florestais no Brasil proporcionou um impacto positivo na competitividade do setor florestal. Cada vez mais, os custos de produção têm diminuído, pois o aumento na produtividade florestal faz com que seja reduzida a área necessária para o estabelecimento de novas plantações florestais (menor custo de aquisição de terras) e, conseqüentemente, diminuído os custos de implantação, tratamentos silviculturais, colheita, transporte, administração e outros.

Entre os exemplos de técnicas bem sucedidas, o controle silvicultural e biológico da vespa-da-madeira evita o uso de pelo menos 350.000 litros de inseticida por ano e impacto ambiental nos 350.000 ha de plantio de *pinus* afetados pela praga, além de resultar em uma economia de cerca de R\$ 62,5 milhões/ano.

Considerando apenas as plantações comerciais das principais espécies introduzidas plantadas no País, a capacidade de produção sustentada é 184 milhões de m³ anuais. O eucalipto responde por mais de 2/3 (135 milhões de m³), enquanto o *pinus* contribui com 1/3 restante (49 milhões de m³).

As florestas plantadas desempenham um papel fundamental como fonte de matéria-prima para indústria florestal no Brasil. Embora as plantações florestais cubram 5,7 milhões de hectares, ou seja, menos de 1% do território brasileiro, elas respondem por 75% de toda a madeira consumida pela indústria florestal doméstica. A tabela 01 mostra o consumo de madeira da indústria florestal brasileira baseada em florestas plantadas.

Consumo de madeira de plantações florestais no Brasil (2006)

Tipo de Indústria	Consumo de madeira (1.000 m ³)			
	<i>Pinus</i>	Eucalipto	Total	%
Celulose & papel	7.500	40.000	47.500	30,7
Serrados	25.500	3.200	28.700	18,5
Siderúrgica	-	33.000	33.000	21,3
Lenha industrial	7.000	15.300	22.300	14,4
Painéis de madeira reconstituída	5.400	1.800	7.200	4,7
Compensado	7.000	200	7.200	4,7
Outras	1.000	8.000	9.000	5,7
TOTAL	53.400	101.500	154.900	100,0

Fontes: Banco de Dados da STCP, Bracelpa, AMS e Abimci, adaptados pelos autores

Atualmente, o consumo anual de madeira para uso industrial proveniente de florestas plantadas no Brasil é 155 milhões de m³, o equivalente à colheita de algo em torno de 500 mil hectares anuais. Quase 35% do suprimento de madeira para uso industrial são baseados em *pinus*, enquanto os restantes 65% são baseados em eucalipto.

A indústria celulose & papel é o maior segmento consumidor de madeira para uso industrial, respondendo por 1/3 de todo o consumo nacional. A indústria de serrados (serrarias) e a indústria siderúrgica também são importantes consumidores de madeira. No primeiro caso predomina o *pinus*, enquanto que a indústria siderúrgica emprega quase exclusivamente madeira de eucalipto.

Excelência

Nenhum outro segmento do agronegócio brasileiro experimentou *performance* similar à verificada pela silvicultura de espécies de rápido crescimento ao longo das últimas décadas. É importante reconhecer a sua importância para o País, tanto no âmbito econômico como nos âmbitos social e ambiental. Estimativas indicam que o negócio florestas plantadas contribuiu, em 2006, com pouco mais de 2% do PIB nacional e respondeu por um valor bruto da produção anual da ordem de R\$ 57 bilhões.

A geração de divisas não é menos importante. Em 2006, esse segmento exportou o equivalente a R\$ 11 bilhões e a balança

comercial brasileira de produtos florestais tem se mantido extremamente superavitária. A arrecadação de impostos é bastante elevada, alcançando pouco mais de R\$ 9,2 bilhões em 2006.

Em se tratando de geração de empregos, estima-se que todo o negócio em torno das florestas plantadas gera mais de 4,3 milhões de postos de trabalho, entre empregos diretos, indiretos e de efeito renda. Além disso, as plantações florestais proporcionam melhoria da qualidade de vida da população rural, não somente pelos empregos permanentemente gerados mas, sobretudo, pelas fontes alternativas de geração de renda.

Além disto, a atividade silvicultural nas plantações florestais oferece importantes benefícios ambientais, pois resultam na conservação e proteção de cerca de quatro milhões de hectares entre áreas de proteção permanente e reserva legal sem nenhum custo aos cofres públicos. É reconhecido também que as plantações florestais prestam importantes serviços ambientais como, por exemplo, regulação dos recursos hídricos, sequestro de CO₂, recuperação de áreas degradadas com espécies que fixam nitrogênio atmosférico, manutenção e melhoria da qualidade da água, e a diminuição da pressão sobre as florestas nativas entre outros.

Uma pergunta que se coloca é: qual seria a situação do país se os investimentos no desenvolvimento da silvicultura de rápido crescimento não tivessem ocorrido e o suprimento para o consumo da sociedade fosse baseado exclusivamente em florestas nativas?

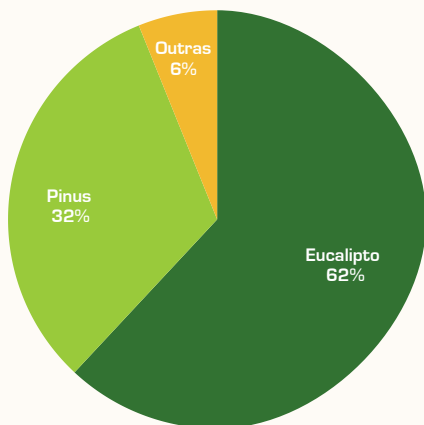
Especialistas evidenciam que o principal impacto da ausência de plantações florestais no País seria uma maior pressão de desmatamento sobre as florestas nativas. Estima-se que, em razão de sua baixa produtividade (1m³/ha/ano), seria necessária a mobilização de algo em torno de 200 milhões de hectares de florestas nativas, em regime de manejo florestal sustentado, para se obter o mesmo volume de madeira produzido a partir de plantações florestais. Isso representa quase a metade da área de floresta nativa pública de produção existente no País.

As implicações da não-existência das plantações florestais no País vão muito mais além pois, possivelmente, a indústria florestal brasileira não teria se desenvolvido ou dificilmente seria tão competitiva como é nos dias atuais. A principal limitação do aproveitamento da madeira das florestas nativas, mesmo que parcialmente, pela indústria florestal, é a sua grande heterogeneidade em termos de espécies (o que limita seu processamento industrial, principalmente para produção de fibra), aliada à baixa produtividade (1/30 do que produzem as plantações florestais).

Ou seja, na hipótese de uma indústria florestal baseada em matas tropicais correr-se-ia o risco de destruir metade das florestas nativas brasileiras para se obter um resultado sócio-econômico medíocre, comparado ao que proporcionam as florestas plantadas. E, o que é pior, décadas seriam necessárias para a reposição da mata original nas áreas onde fosse extirpada a cobertura nativa, sendo que as matas de eucalipto oferecem cortes sucessivos enquanto se opera a reposição de áreas contíguas.

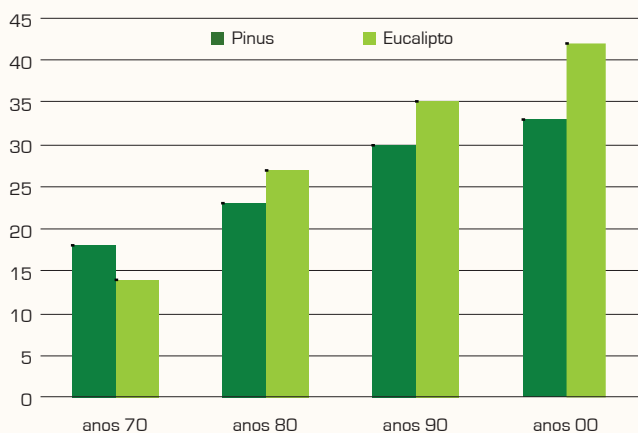
O fato importante de se notar é que o modelo brasileiro de florestas plantadas e os serviços ambientais que esse modelo

Principais espécies florestais cultivadas no Brasil (2006)



Fonte: Banco de Dados da STCP e Abraf

Evolução da produtividade das plantações florestais no Brasil – IMA (m³ ha.ano)



Fonte: Banco de Dados da STCP e Abraf

proporciona são possíveis porque há ganhos internos dos sistemas de produção que remuneraram adequadamente esses investimentos. Mas, o que fazer para viabilizar outros serviços ambientais como aqueles proporcionados por matas ciliares ou matas de contenção de encostas, que representam apenas custos para o produtor rural? Como viabilizar ganhos sociais que a silvicultura ainda nega à agricultura familiar em razão dos altos custos de mudas, adubos e assistência técnica?

É importante que o governo federal estabeleça e implemente políticas públicas que possam servir como instrumentos eficazes para mitigar os problemas enfrentados atualmente pelo setor florestal brasileiro. É mister que o governo federal estabeleça programas e projetos específicos para continuar promovendo o desenvolvimento de tecnologias aplicadas às espécies nativas, à silvicultura de espécies de rápido crescimento. É preciso que implemente instrumentos de apoio ao setor de base florestal, com ênfase nas pequena e média produções, por meio de mecanismos caracterizados como

investimento social, para ampliar a disponibilização de material genético de qualidade e assistência técnica compatível, para disseminar em todo o Brasil, nas pequenas e grandes propriedades, os serviços ambientais que a silvicultura pode prestar.

* Engenheiro florestal, pós-graduado em economia florestal e gerente de planejamento & controle de operações da STCP Consultoria, Engenharia e Gerenciamento (mtuoto@stcp.com.br)

** Engenheiro agrônomo, M.Sc, D.Sc., professor da UFPR e pesquisador da EMBRAPA Florestas (hoeflich@cnpf.embrapa.br, hoeflich@ufpr.br)

“O novo paradigma agrícola precisa garantir a produção de alimentos, fibras e energia, sem comprometer a base dos recursos naturais que garantirão a sobrevivência das gerações futuras”

Os benefícios do manejo de pragas

Amélio Dall'Agnol*
Flávio Moscardi

O Brasil é eficiente e muito competitivo na produção agrícola e o mais interessante é que essa realidade concretizou-se mais pela via do incremento da produtividade que pelo avanço da fronteira. Mas não basta produzir com eficiência, valendo-se das modernas ferramentas tecnológicas disponibilizadas pelas instituições do ramo. Existem tecnologias que são eficientes apenas quanto à sua capacidade de incrementar a produção, mas prejudicam o ambiente. Hoje, a sociedade está consciente de que, tão importante quanto produzir, é fazê-lo sem destruir a base dos recursos que sustentam a produção. Em outros termos: produzir bem, cuidando da sustentabilidade ambiental.

A Revolução Verde, protagonizada por Norman Borlaug, Prêmio Nobel da Paz de 1970, cumpriu importante papel no incremento da produtividade de grãos e salvou da fome milhões de cidadãos do Terceiro Mundo. Mas seu paradigma está superado, pois patrocina o uso intensivo de insumos agrícolas como estratégia de desenvolvimento, promovendo, no longo prazo, a contaminação do solo, da água e da atmosfera, o que compromete a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Estratégias tecnológicas

O paradigma da produção agrícola precisa e está sendo mudado. A natureza não suportará por muito tempo o ritmo atual de agressão ao ambiente e novas estratégias tecnológicas precisarão ser propostas para que as futuras gerações também possam desfrutar de água limpa para beber, solo descontaminado para produzir e atmosfera livre das prováveis catástrofes do efeito estufa.

O novo paradigma agrícola precisa garantir a produção de alimentos, fibras e energia, sem comprometer a base dos recursos naturais que garantirão a sobrevivência das gerações futuras.

A luta do homem, para garantir os alimentos necessários para a sua sobrevivência, não é diferente daquela empreendida por outros organismos vivos que competem conosco pela vida, dentre os quais as plantas daninhas, os insetos pragas e as doenças fúngicas, bacterianas e viróticas. O dano que causamos à natureza, na tentativa de garantir a nossa sobrevivência, deve-se, em boa medida, ao esforço que fazemos para nos livrar dessa competição, eliminando-os fisicamente com o uso de inseticidas, fungicidas e herbicidas, importantes vilões da contaminação ambiental.

No passado, quando a humanidade ainda não contava com pesticidas químicos ou biológicos para eliminar esses “inimigos”, o controle sobre eles era exercido pela natureza, que mantinha um equilíbrio frágil entre a produção de alimentos e o número de indivíduos a alimentar. Como consequência, de tempos em tempos, ocorriam surtos de fome, com mortes por inanição e doenças relacionadas. A Europa foi palco de inúmeras crises dessa natureza, que só não mataram mais gente porque muitos europeus optaram pela emigração para o Novo Mundo. Muitos brasileiros devem a sua atual cidadania aos antepassados que fugiram de uma dessas crises. É bastante conhecida a fome que grassou pela Irlanda no século 18, quando a batata, seu principal alimento, foi atacada e destruída pela fitófтора, doença desconhecida até então e para cujo surto a natureza não possuía defesas.

Novas ferramentas

O melhoramento de plantas, quando voltado apenas para o aumento de produtividade, em alguns casos, desenvolveu indivíduos mais sensíveis a pragas e doenças, requerendo maior uso de pesticidas, o que, no entanto, não determinou maiores danos ambientais, porque tal vulnerabilidade foi compensada com o desenvolvimento de defensivos menos tóxicos e utilizados em doses mais reduzidas. O impacto ambiental foi, também, amenizado pelo desenvolvimento de produtos biológicos e fisiológicos, em substituição aos pesticidas químicos convencionais e pela implementação de programas de manejo integrado de pragas.

A Embrapa, ao longo dos seus 34 anos de atividade e, em um esforço conjunto com outras instituições nacionais e estrangeiras, públicas e privadas, tem se empenhado no desenvolvimento de tecnologias que minimizam os danos ambientais nos processos produtivos. Merecem destaque os desenvolvimentos de cultivares resistentes às principais doenças das culturas brasileiras, assim como o uso de ferramentas biotecnológicas para incorporação de genes visando a resistência a herbicidas e pragas da soja, do milho, do algodão, do feijão e do trigo entre outras, reduzindo a necessidade de uso de centenas de toneladas de produtos químicos e, como consequência, reduzindo o custo de produção e a contaminação ambiental.

Com relação aos insetos que atacam nossas principais culturas, merece salientar a economia e a proteção ambiental representada por milhares de toneladas de produtos tóxicos que deixaram de ser aplicados nesses cultivos pelo uso do manejo integrado de pragas

(MIP) envolvendo, dentre outras táticas, o uso de agentes de controle biológico para diferentes culturas e sendo constantemente aperfeiçoados. Alguns exemplos são apresentados a seguir.

No caso da cana-de-açúcar, um dos programas mais antigos de manejo integrado de pragas (MIP) no Brasil, a USP/Esalq, em 1974, importou de Trinidad, o parasitóide *Cotesia flavipes* para o controle da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*. O parasitóide adaptou-se e estabeleceu-se no sudeste do País e sua produção, em cerca de 60 laboratórios, resultou em redução significativa da praga e das perdas na cultura. Em poucos anos, cerca de dois bilhões de parasitóides foram liberados no estado de São Paulo, e aproximadamente 360.000 ha infestados. Na década de 1970, a infestação média pelo inseto era de 10% da lavoura, com uma perda de US\$ 100 milhões. Atualmente, a infestação média é de 2% e as perdas foram reduzidas para US\$ 20 milhões/ano.

A incidência de cigarrinhas também tem sido uma praga importante para a cana-de-açúcar no Nordeste. Desde 1969, o fungo *Metarhizium anisopliae* tem sido utilizado para controlar esses insetos, substituindo inseticidas químicos. O fungo estabeleceu-se em praticamente todas as regiões do Nordeste, promovendo controle de até 80% da praga. Antes da implementação do programa, o percentual médio de perdas de sacarose pelo ataque de cigarrinhas era de 17%, o que foi reduzido drasticamente.

Na soja, até meados da década de 1970, o controle de pragas era baseado na aplicação de inseticidas muito tóxicos, utilizados em doses elevadas e com excessiva frequência, pois não havia critérios adequados para orientar a tomada de decisão para o controle das pragas. De 1975 a 1979, um programa de MIP Soja foi desenvolvido e estabelecido, baseado na amostragem das pragas, aplicação de inseticidas selecionados pela sua menor toxidez e aplicados em doses mínimas efetivas quando o ataque ameaçava produzir dano econômico e buscando preservar os inimigos naturais das pragas. No Paraná, entre os produtores assistidos, o MIP Soja resultou na redução média de 5,8 aplicações de inseticidas para menos de duas pulverizações por safra.

Controle biológico

Posteriormente, outras medidas de controle foram implementadas, como a rotação de culturas e o emprego de agentes de controle biológico. Um vírus (baculovírus) da lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*) foi desenvolvido como um bioinseticida, no início da década de 1980, sendo utilizado em aproximadamente dois milhões de hectares/safra, em 2003 e 2004, uma economia de aproximadamente R\$ 300 milhões, ao que se adicionam os benefícios ambientais pela não utilização de 25 milhões de litros de inseticidas químicos de alta toxicidade. Outro programa de controle biológico na soja, implementado desde a década de 1990, envolve a produção e liberação de vespínhas parasitóides de ovos de percevejos. Sua eficiência é muito boa, mas é necessário o aperfeiçoamento da técnica de produção em laboratório, para que possa ser utilizada em larga escala.

O potencial econômico e ambiental do uso das diferentes técnicas do MIP Soja representaria, conservadoramente, ganho de

R\$ 600 milhões anuais para os sojicultores e a redução de 1,5 aplicação de inseticidas/ha/ano, equivalente a 35 milhões de litros de inseticidas químicos não aplicados no ambiente. No entanto, monta-se uma nova tendência de aumento do uso de inseticidas químicos na cultura, o que requer medidas para sua reversão.

Em 1978, a Embrapa Trigo iniciou um programa para o controle biológico do pulgão que ataca a cultura no sul do Brasil. Esse programa apoiou-se na importação de parasitóides da Europa, do Oriente Médio e do Chile. Três dos 14 parasitóides importados se adaptaram bem e se estabeleceram na região, exercendo um efetivo controle da praga, conforme indicado pela expressiva redução na aplicação de inseticidas: em 1977, 99% dos triticultores realizavam, em média, duas pulverizações com inseticidas. Em 1981, somente 5% dos triticultores ainda aplicavam inseticidas contra os pulgões, mas uma única pulverização. A economia desse programa no período 1978/1992 foi estimada em US\$ 16,2 milhões, além de evitar a contaminação ambiental com 855 milhões de litros de inseticidas. Atualmente, a praga está sob controle.

Há outras iniciativas de MIP no milho, algodão, nas hortaliças, fruteiras, pastagens, florestas entre outros, que poderão representar avanços importantes quando efetivamente desenvolvidas e implementadas. Para tanto, são necessários planos de médio e longo prazos, com a participação dos governos (federal, estadual e municipais), das instituições oficiais de pesquisa e de assistência técnica, bem como dos empresários agrícolas. É preciso que os governos propiciem incentivos para que o agricultor abdique de determinadas práticas adversas ao meio ambiente, em prol de ações que minimizem o impacto ambiental decorrente do controle de insetos, fitopatógenos e plantas daninhas.

* Amélio Dall'Agnol e Flávio Moscardi são pesquisadores da Embrapa Soja

A técnica proporciona maior recarga dos aquíferos, melhor qualidade do ar, a prevenção de enchentes e secas, menos desmatamento e, por fim, a mitigação do efeito estufa

Solos: além de tudo, seqüestro de carbono

Pedro Luiz de Freitas*
Ladislau Martin Neto**
Celso Vainer Manzatto***

Ser agricultor nos trópicos e subtropicais requer muito mais que somente extrair da terra alimentos para a população, matérias-primas para a agroindústria, e excedentes exportáveis para aumentar os saldos da balança de pagamentos. Trata-se de usar

modernas tecnologias especialmente desenvolvidas para os trópicos e assegurar que os solos brasileiros, altamente susceptíveis à erosão, não sejam degradados pelas chuvas intensas da primavera e que as colheitas não sejam prejudicadas pelos veranicos de verão. Ou ainda, que a vida do solo não seja castigada pelo clima seco na entressafra.

Proteger o solo significa manter a sua capacidade de reproduzir a vida, como a troca de água, ar e calor, o armazenamento e a ciclagem de nutrientes, a decomposição da matéria orgânica, a regulação do fluxo de água influenciando o ciclo hidrológico, o movimento de materiais solúveis e, em especial, servindo de filtro ou de tampão para elementos e compostos tóxicos, função de proteção ambiental que nos oferece a água limpa.

O primeiro passo para o agricultor moderno dos trópicos é utilizar as terras de maneira planejada, segundo a sua aptidão agrícola, o que significa, por exemplo, evitar o desmatamento em áreas muito frágeis, como a Amazônia e o Pantanal. Avaliações realizadas com base nas informações disponíveis sobre os solos brasileiros indicam que 65% do território nacional, mais de 5,5 milhões de km², podem ser utilizados para a produção agropecuária. O Brasil tem hoje, segundo o IBGE, mais de 57 milhões de hectares com culturas anuais, o que mostra o potencial de exploração agro-silvopastoril. Outros 200 milhões de hectares são ocupados com pastagens. Cerca de 80% dessas pastagens já apresentam algum nível de degradação.

Ganhos de produtividade

Há que se considerar também que os grandes avanços na produtividade da agricultura brasileira nos últimos 15 anos, com aumento de produtividade de 75% (passando de 68,4 milhões de t em 91/92 para 119,7 milhões de t em 05/06), levou a uma intensificação no uso da terra de 42%, uma vez que a área cultivada com culturas anuais e perenes aumentou em apenas 23%.

O esforço conjunto da Embrapa, das universidades e de outras instituições públicas e privadas tem viabilizado a criação de sistemas conservacionistas de uso e de manejo do solo, adaptados às condições brasileiras, tanto nas regiões mais frias do Sul quanto nas regiões equatoriais do Norte do País, com forte viés agroecológico que preserva o que tem de mais importante no solo: a matéria orgânica e a sua vida (flora e fauna).

Tais sistemas conservacionistas associam a redução drástica do revolvimento do solo à rotação de diferentes usos e culturas, à manutenção da cobertura permanente do solo, ao manejo integrado de pragas, doenças e de plantas daninhas, ao desenvolvimento de novas plantas e animais mais produtivos e adaptados, a sistemas de adubação mais racionais, e a muitas outras tecnologias desenvolvidas nos centros de pesquisa do país. Fruto do esforço combinado de produtores, extensionistas, consultores técnicos e pesquisadores, esses sistemas tornaram a agricultura brasileira a mais sustentável do mundo.

Por serem desenvolvidos para as condições de solo e clima existentes no Brasil e, felizmente, em razão da eficiência e dos ganhos que agregam ao agronegócio, os sistemas conservacionis-

tas vêm se tornando mais freqüentes na paisagem, recuperando áreas degradadas e dando renda aos agricultores. Destacam-se, dentre eles, os sistemas agroflorestais, a integração lavoura-pecuária-floresta e o sistema de plantio direto.

Vantagens

Somente o plantio direto já ocupa, segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha – Febrapdp, uma área superior a 22 milhões de hectares com culturas anuais e já é tradicional em áreas de produção de soja, milho, feijão irrigado, algodão, cana-de-açúcar, citrus, eucalipto e hortaliças como o tomate, cebola e folhosas.

A adoção desses sistemas é uma contribuição definitiva para a agricultura e para toda a sociedade. Cálculos da Embrapa (Tabela 1) estimam uma economia de 6,7 bilhões de reais para o agricultor, o agronegócio e a sociedade como um todo, somente pela economia de insumos (fertilizantes, sementes e defensivos), óleo diesel e mão de obra. Significa também economia de recursos públicos na manutenção de estradas, reposição de reservatórios, desassoreamento de cursos d'água e tratamento de água para consumo humano.

Para a sociedade, o plantio direto proporciona ainda maior recarga dos aquíferos, melhor qualidade do ar, a prevenção de enchentes e secas, menos desmatamento, e, por fim, a mitigação do efeito estufa pelo sequestro de carbono no solo e na palhada. Trata-se de um serviço ambiental múltiplo que o agricultor, não mais poluidor, presta à sociedade como guardião dos recursos naturais e pelo qual não é adequadamente remunerado.

Nesse momento em que o Brasil se preocupa com as mudanças globais, o sequestro de carbono da atmosfera para o solo, que o plantio direto opera, é uma contribuição adicional muito relevante, sendo mais um indicador da possibilidade de construir uma agricultura altamente sustentável nos trópicos.

Em trabalho recente, publicado na revista *Soil & Tillage*, elaborado a partir de dados dos próprios autores e da revisão de outros dados já publicados no País, os cálculos mostram que, na média, em lavouras de grãos cultivados sob plantio direto registra-se, na região dos Cerrados, um acúmulo de carbono no solo da ordem de 350 kg/ha/ano, sequestrado da atmosfera e que pode atingir 480 kg/ha/ano na região Sul do Brasil, em uma profundidade de 20 cm. Nas áreas sob manejo convencional, ao contrário, observa-se a emissão de carbono para a atmosfera.

Convertendo esses valores em quantidade de dióxido de carbono (CO₂) tem-se, para o Cerrado e para a Região Sul, respectivamente, totais aproximados de 1,28 t/ha/ano e 1,76 t/ha/ano de CO₂ retirado da atmosfera. Considerando a área total sob plantio direto (22,5 mi ha) tem-se uma estimativa de retirada da ordem de 29 milhões a 40 milhões de t/ano de CO₂ da atmosfera.

Tais números são, aparentemente, ínfimos se comparados ao total de emissões anuais do planeta, da ordem de 29 bilhões de toneladas de CO₂. Contudo, considerando o potencial de crescimento da agricultura brasileira, sobretudo com os novos

planos de produção de etanol e de biodiesel, é razoável projetar a adoção de métodos conservacionistas de manejo do solo em 100 milhões de hectares, em que teríamos o sequestro da ordem de 128 a 176 milhões de toneladas de CO₂ por ano. Isso corresponde a algo entre 3 a 13% do total de CO₂ atualmente emitido pelas atividades relacionadas ao desmatamento e à mudança de uso da terra, que alcança de 1,4 a 4,3 bilhões de toneladas de CO₂, conforme estimado por Lal (2004), o que é extremamente significativo.

Assim, o Brasil pode mediante práticas agrícolas conservacionistas dar uma contribuição importante também à mitigação do aumento do efeito estufa, sem contar os eventuais impactos positivos do uso da bioenergia, do sequestro de carbono na biomassa de áreas de reflorestamento e do próprio manejo adequado de pastagens tropicais (outra situação em que o sequestro de carbono no solo vem sendo verificado). Portanto, a agricultura brasileira tem um potencial imenso para, além de ser a mais competitiva do mundo, ser também a de maior sustentabilidade ambiental.

Tabela 1 Valoração dos benefícios anuais, diretos e indiretos, do Plantio Direto em 22,5 milhões de ha

Benefícios	Milhões de reais
Menor uso de corretivos e fertilizantes	1536
Menor uso de defensivos agrícolas	225
Aumento de produtividade	3128
Menor custo de produção	1083
Economia de energia com irrigação	53
Subtotal 1 – Benefícios Diretos – Internos à Propriedade	6024,2
Manutenção de Estradas Vicinais	112
Tratamento de água	142
Reposição de reservatórios	57
Dragagem de rios e portos	124
Subtotal 2 – Benefícios Indiretos – Externos à Propriedade	434,0
Maior recarga de aquíferos	180
Créditos de carbono para economias em óleo diesel	1
Economias em água de irrigação	10
Sequestro de carbono no solo	94
Sequestro de carbono em resíduos de culturas	5
Subtotal 3 – Outros Benefícios Indiretos – Impactos Positivos	289,7
Total Geral (Subtotal 1 + Subtotal 2+ Subtotal 3)	6747,8

Adaptado de Hernani et al., 2002 – Hernani, L.C.; Freitas, P.L.de; Denardin, J.E.; Kochhann, R.A.; De Maria, I.C.; Landers, J.N. Uma resposta conservacionista: o impacto do sistema plantio direto. In: Manzatto, C.V.; Freitas Junior, E.; Peres, J.R.R. (eds.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos, 2002. 174 p. Cap. 14. pp. 151-161.

* Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro RJ freitas@cnps.embrapa.br

** Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agrícola, São Carlos SP
martin@cnpdia.embrapa.br

*** Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro RJ
manzatto@cnps.embrapa.br