

## CONTRIBUIÇÃO DO USO DA TERRA E DO MANEJO DO SOLO PARA A RECARGA DE AQUÍFEROS

*Pedro Luiz de Freitas*

### Introdução

Sistemas de uso da terra e de manejo do solo inadequados ao ambiente tropical, predominante no Brasil, não adaptados à realidade socioeconômica e cultural, são responsáveis diretos pela perda de capacidade de recarga dos aquíferos. O principal efeito ocorre sobre a capacidade de infiltração de água no solo, processo que integra as características do solo e que constitui um fator determinante na recarga de aquíferos (CECÍLIO et al. 2003).

O monitoramento do impacto de tecnologias e de práticas componentes dos sistemas de uso da terra e de manejo do solo permite avaliar a sua eficiência e eficácia na recarga dos aquíferos subterrâneos, fundamental para a recuperação e manutenção dos recursos hídricos, garantindo os diversos usos. Destacam-se os sistemas conservacionistas, com forte viés agroecológico e com reconhecida eficácia, adaptados às regiões tropicais e subtropicais, como o sistema plantio direto, a integração lavoura-pecuária-floresta e os sistemas agroflorestais (FREITAS et al. 2007).

Neste texto é apresentada uma visão da pesquisa quanto à importância do conhecimento edafoambiental e do monitoramento do efeito de tecnologias e práticas de manejo e de conservação dos recursos naturais - solo, água e

biodiversidade - de ocorrência nas denominadas zonas de recarga de aquíferos. O objetivo principal é a construção de cenários futuros, capazes de prever a eficácia das tecnologias e das práticas em uso e formular propostas para a recarga dos sistemas hídricos brasileiros. Para isso, são necessários estudos envolvendo as relações hídricas (pluviométrica, subterrânea e superficial) e edafoambientais (solo, clima, uso potencial e atual) que permitam a compreensão da complexidade envolvida na recarga dos aquíferos, tendo como componente integrador o processo de infiltração vertical da água pluvial.

### Aspectos Gerais

Duas importantes características distinguem as águas subterrâneas das superficiais: a distribuição espacial e a qualidade. A distribuição de águas superficiais é função das condições climáticas e da capacidade de interceptação do solo. No ciclo hidrológico as chuvas têm um papel importante na oferta hídrica dos mananciais. Ao atingir o solo, uma parte infiltra, promovendo a rehidratação do solo, ou seja, dos depósitos de água disponível para a vegetação terrestre e para a atividade biológica, e dos aquíferos. Outra parte escoar para os rios, lagos e oceanos, constituindo as

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. CEP: 22460-000 Rio de Janeiro - RJ. E-mail: [freitas@cnps.embrapa.br](mailto:freitas@cnps.embrapa.br)

águas superficiais, cuja qualidade depende das fontes pontuais e difusas de poluição e, no que se refere ao aporte de sedimentos, do tipo e condição da cobertura do solo, com destaque para a presença de matas de interceptação (matas ciliares). Águas subterrâneas, em especial dos aquíferos, têm na sua qualidade uma resultante de processos naturais de filtração ou de tampão físico-químico do solo.

A água acumulada por efeito da infiltração segue dois caminhos distintos: ou retorna à superfície na forma de nascentes ou é restituída à atmosfera por meio da evapotranspiração. A vegetação, por sua vez, tem a importante função de acelerar o processo de evapotranspiração, através da transpiração das superfícies das folhas, repondo o vapor d'água na atmosfera, contribuindo em parte para o equilíbrio do clima e da própria atmosfera e também para a prevenção dos fenômenos de erosão, provocados pela ação mecânica da água sobre o solo (TUCCI, 2002; CLARKE, DIAS, 2003).

A capacidade de infiltração é vista como processo integrador das características intrínsecas do solo, modificadas por sistemas de uso e de manejo, fruto da interação entre atributos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos. O planejamento conservacionista de uso e manejo compreende o conjunto de tecnologias e práticas que permitem otimizar sua capacidade de infiltração e, conseqüentemente, de recarga dos sistemas hídricos (HAMBLIN, 1985; ROOSE et al. 1993; BLANCANEUX et al. 1995; FREITAS, 1994; CAPECHE et al. 2004).

## **Planejamento de uso e manejo dos solos e recursos hídricos**

O uso e manejo inadequado do solo acabam por afetar a qualidade deste, tornando-o menos permeável e impedindo-o de exercer seu papel de filtro e de condutor de água. Isso implica em uma menor contribuição para a recarga dos sistemas hídricos, impedindo a manutenção de níveis de base suficientes para a manutenção da disponibilidade e usos múltiplos da água na região e a jusante (FREITAS et al. 2001).

A falta do conhecimento edafoambiental tem ocasionado a ocorrência de processos acelerados de degradação do solo, favorecendo altos índices de erosão hídrica, sedimentação dos cursos d'água e baixo tempo de concentração dos rios de pequeno e médio porte, implicando em inundações e destruição de obras de engenharia (pontes, estações de bombeamento, usinas etc.). Esse processo de degradação afeta a infiltração de água no solo, tornando a recarga dos sistemas hídricos abaixo dos níveis críticos, prejudicando assim a disponibilidade de água superficial e subsuperficial nos períodos de alta demanda para irrigação e outros usos.

A recarga dos sistemas hídricos depende diretamente das formas de intervenção do homem e do conhecimento existente sobre o comportamento edafoambiental em diferentes modelos de exploração. Através do planejamento integrado, considerando a aptidão das terras e a maximização da infiltração de água no solo, é realizado um ordenamento do uso da terra e a indicação de tecnologias e práticas que proporcionem a otimização da recarga dos aquíferos.

A caracterização edafoambiental requer um envolvimento multidisciplinar e multi-institucional, contemplando várias áreas do conhecimento, tais como geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, fitotecnia e hidrologia. Para tal torna-se necessária uma estrutura cooperativa de instituições de pesquisa, ensino e extensão visando consolidar as informações existentes de forma georeferenciada, em escalas que permitam a formulação de cenários que possam indicar os riscos de uso da terra nas áreas de domínio, consideradas zonas de recarga de sistemas hídricos.

## **O papel da pesquisa agropecuária**

O planejamento integrado e participativo de uso e do manejo dos recursos naturais baseado em princípios conservacionistas tem sido fruto de intensos trabalhos da pesquisa agropecuária brasileira. Sistemas com forte base agrobiológica, desenvolvidos de forma participativa, permitem a recuperação efetiva e duradoura de áreas degradadas, como pastagens mal conduzidas ou lavouras cultivadas com sistemas de manejo tradicionais, baseados na realidade das zonas temperadas do planeta (PLATAFORMA PLANTIO DIRETO, 2000; LARACABEZAS; FREITAS, 2000; FREITAS et al. 2001).

A adoção de tecnologias e práticas integrantes de sistemas conservacionistas com reconhecida eficácia, como o plantio direto, a integração lavoura-pecuária-floresta e os sistemas agroflorestais, é fundamental para o equilíbrio dos sistemas hídricos, responsável direto pela manutenção da vazão dos principais rios brasileiros. Abdicar-se, dessa forma, do uso de práticas essencialmente mecânicas, como a interceptação de águas pluviais não infiltradas por terraceamento ou embaciamento, que só são eficazes quando efetivamente associadas e integradas a tecnologias e práticas vegetativas. Assim, a efetividade de sistemas conservacionistas tem sido demonstrada nas inúmeras experiências ocorridas nas últimas três décadas no Brasil, mostrando que a adoção de tecnologias e práticas conservacionistas essencialmente mecânicas não é garantia da recuperação efetiva da capacidade de recarga dos sistemas hídricos (BASSI, 1999; BRAGAGNOLO et al. 1997, LANDERS et al. 2001).

A adaptação e validação das tecnologias e práticas que

compõem esses sistemas, otimizando a capacidade de recarga dos sistemas hídricos, proporcionam benefício direto aos produtores residentes, assim como às populações à jusante e à sociedade em geral, pela mitigação de processos onerosos de erosão e de oferta hídrica insuficiente para os múltiplos usos da água.

## Propostas de ações de pesquisa

A abordagem integrada dos recursos naturais é fundamental para a construção de cenários futuros, tendo como base modelos capazes de prever a oferta hídrica, subsidiando o planejamento de uso e manejo dos recursos naturais. Dessa forma, a otimização da recarga de sistemas hídricos brasileiros depende das ações de viabilização de sistemas de uso e manejo integrados dos recursos naturais. Para tanto, a contribuição da pesquisa agropecuária será efetiva na execução das seguintes ações:

a) Caracterização edafoambiental do meio físico, incluindo:

- estudos pedológicos (variabilidade das características edafoambientais - morfológicas, químicas e físicas - na paisagem, identificando atributos morfológicos e características químicas, físicas, mineralógicas e biológicas que definem o grau de limitação das terras para agricultura);
- estudos climáticos (distribuição sazonal - precipitação, temperatura, umidade relativa e ventos - e fenômenos climatológicos relevantes - chuvas intensas, veranicos, geadas, granizo etc.);
- estudos geológicos e geomorfológicos da cobertura pedológica;
- caracterização da vegetação natural e da influência antrópica (estágio de sucessão primário e secundário, representado por áreas sob a intervenção humana e, conseqüentemente, alterada tanto na sua estrutura, quanto na sua composição florística); e,
- caracterização dos sistemas de uso e manejo utilizados (grãos, culturas perenes, pastagens, integração lavoura - pecuária, floresta, hortaliças e sistemas agrosilvipastoris) e das possibilidades de melhoria pela adoção de sistemas conservacionistas e sustentáveis de uso e manejo dos recursos naturais - solo, água e biodiversidade - incluindo processos, produtos, tecnologias, custos diretos e indiretos, comercialização, requerimento de mão-de-obra e serviços, infra-estrutura, impacto ambiental etc;

b) Caracterização dos aspectos hidrológicos (quantidade, ex.: vazão e qualidade, ex.: análises de parâmetros

químicos, físicos e biológicos); hidrogeologia; estudo da evolução tectônica, dentre outros. Em relação ao meio rural, as fontes de poluição difusas geralmente predominam. Dessa forma, merecem ser estudados os processos erosivos e de sedimentação dos corpos hídricos, bem como a presença ou não dos pesticidas;

c) Diagnóstico socioeconômico da população local tendo como base a participação dos agricultores envolvidos após extenso trabalho de conscientização ambiental (entendimento das relações homem-ambiente);

d) Monitoramento integrado dos recursos hídricos estabelecendo de forma criteriosa, para se obter bons resultados, os parâmetros que serão monitorados com base no estado atual dos mesmos, obtido na fase de caracterização hidrológica - item b). Deve-se considerar ainda a boa representatividade espacial e temporal da amostragem. Os resultados do monitoramento quantitativo e qualitativo das águas devem ser interpretados de forma integrada às informações relacionadas ao meio físico (clima, geologia, pedologia, geomorfologia, dentre outros). Além disto, deve-se considerar o uso da terra e o manejo dos solos e a relação dos diferentes compartimentos hídricos;

e) Formulação do planejamento integrado e participativo de uso e manejo dos recursos naturais;

f) Adaptação e validação de tecnologias e práticas, convencionais e alternativas, desenvolvidas em unidades experimentais, sejam microbacias experimentais (área total de drenagem entre 50 e 100 ha) ou unidades de pesquisa participativa-demonstrativa (parcelas simples variando entre 1 m<sup>2</sup> - mini-parcelas - e 100/1000 m<sup>2</sup> - meso-parcelas - e zonas de drenagem, entre 1 e 5 ha), devidamente instrumentadas, visando avaliar a eficiência e eficácia no aumento de infiltração e da recarga.

## Conclusões

A elaboração do diagnóstico, implantação do monitoramento e a formulação do planejamento integrado e participativo do uso e manejo, visando à recarga plena de sistemas hídricos, beneficiará a sociedade como um todo, minimizando, finalmente, os gastos governamentais com a prevenção e correção dos efeitos não desejáveis da intervenção antrópica não planejada.

Parte integrante desse planejamento é a adoção de tecnologias e práticas que promovam o aumento da competitividade e da sustentabilidade da atividade agrícola e a melhoria da qualidade de vida de agricultores, familiares e da comunidade. Constitui assim uma efetiva contribuição da pesquisa agropecuária para a atenuação de crises e desastres, como de energia, água potável e inundações.

## Referências Bibliográficas

- BASSI, L. **Impactos sociais, econômicos e ambientais na microbacia hidrográfica do Lajeado - São José, Chapecó, SC.** Chapecó: BIRD, 1998. 47 p. Mimeografado. SDA/EPAGRI/Projeto microbacias BIRD/Sub-projeto monitoramento hídrico.
- BLANCANEUX, P.; FREITAS, P. L. de; ROOSE, E. Avaliação da capacidade de infiltração sob diferentes condições de manejo do solo na região dos cerrados do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v. 4. p. 1830-1832.
- BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; THOMAS, J. C. **Solo: uma experiência em manejo e conservação.** Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 102 p.
- CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R. de; MELO, A. da S.; ANJOS, L. H. C. dos. **Parâmetros técnicos relacionados ao manejo e conservação do solo, água e vegetação: perguntas e respostas.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 16 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 28).
- CECÍLIO, R. A.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F; MARTINEZ, M. A. Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a equação de Green-Ampt. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 415-422, set./dez. 2003.
- CLARKE, R. T.; DIAS, P. L. da S. **As necessidades de observação e monitoramento dos ambientes brasileiros quanto aos recursos hídricos.** Brasília, DF: CT-HIDRO, 2003. 40 p.
- FREITAS, P. L. de. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Ed.). **Fascículos sobre experiências em plantio direto nos cerrados.** Uberlândia: APDC, 1994. Capítulo IX.
- FREITAS, P. L. de; MANZATTO, C. V.; COUTINHO, H. L. da C. A crise de energia e a degradação dos recursos naturais – solo, ar, água e biodiversidade. **Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 7-9, out./dez. 2001.
- FREITAS, P. L. de, MARTIN-NETO, L., MANZATTO, C. V. Solos: além de tudo, seqüestro de carbono. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. E15-E16, abr. 2007. Caderno Especial: Serviços ambientais no negócio agrícola.
- HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advances in Agronomy**, New York, v. 38, p. 95-158, 1985.
- LANDERS, J. N.; BARROS, G. S.; ROCHA, M. T.; MANFRINATO, W. A.; WEISS, J. Environmental impacts of zero tillage in Brazil – a first approximation. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 1., 2001, Madri. In: World Congress on Conservation Agriculture, 1, Madrid, Espanha: ECAF/FAO, 2001. vol. 1. p. 164-175.
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; FREITAS, P. L. de (Ed.). **Plantio direto na integração lavoura-pecuária.** Uberlândia: UFU/ICIAG: APDC, 2000. 282 p. il.
- PLATAFORMA PLANTIO DIRETO. **Sistema plantio direto.** Disponibilizada em 13.4.2000. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/plantiodireto/IntroducaoHistorico/sistemaPlantioDireto.htm>>. Acesso em: 13 out. 2006.
- ROOSE, E.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, P. L. de. Un simple test de terrain pour évaluer la capacité d'infiltration et le comportement hydrodynamique des horizons pédologiques superficiels: méthode et exemples. **Cahiers ORSTOM. Série Pédologie**, Paris, v. 28, n. 2, p. 413-419, 1993.
- TUCCI, C. E. M. **Impacto da variabilidade climático e uso do solo nos recursos hídricos.** [CIDADE DE PUBLICAÇÃO]: ANA: Câmara Climática de Recursos Hídricos: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2002. 150 p.

### Comunicado Técnico, 32

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ. CEP: 22460-000.

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

E-mail: [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>

1ª edição

1ª impressão (2005): online

### Expediente

Supervisor editorial: *Jacqueline S. Rezende Mattos*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Cláudia Regina Delaia*

Editoração eletrônica: *Jacqueline S. Rezende Mattos*