

PONTO DE VISTA

REFLEXÕES SOBRE A COMPACTAÇÃO DE SOLOS AGRÍCOLAS; SUAS CAUSAS E SEUS EFEITOS.

Moacyr de CARVALHO*
Hélio Nóbile DINIZ*

1 INTRODUÇÃO

A publicação "Terra bem usada é para sempre", que trata de um programa de manejo integrado dos solos, proposto pela Secretaria de Estado da Agricultura do Paraná para 1983 a 1986, põe em destaque uma questão hoje generalizada em várias regiões do Brasil, que é a degradação do meio ambiente com sérios prejuízos à capacidade agrícola dos solos do País. Com efeito, a prática de uma agricultura predatória realizada sobre bases de uma tecnologia discutível e oportunista, tende a levar a produtividade agrícola, gradativa e inexoravelmente, a um nível cada vez mais baixo, com reflexos sociais e econômicos negativos em um prazo relativamente curto.

Acrescente-se a isto o fato de que este processo de degradação geralmente se desenvolve nas terras mais férteis e atre-

lado a uma tecnologia essencialmente dependente de produtos provenientes do petróleo que se transformam em agrotóxicos.

A correlação de uma agricultura extensiva, altamente mecanizada, com a atual economia desorganizada vigente no País, é altamente intensificada pelas pressões exercidas pelo desequilíbrio da balança de pagamentos. Este fato é certamente obstáculo considerável para uma mudança da atual tecnologia agrícola, na medida em que passará a exigir uma transição para métodos mais compatíveis com uma agricultura de caráter intensivo, que se adapta melhor com as propriedades rurais de menor porte.

Para melhor ilustrar esta discussão em torno do assunto esclarecido no título, transcrevemos da publicação acima citada os seguintes dados:

QUADRO 1 — TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS NO PARANÁ

PROBLEMA AMBIENTAL	TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS NO PARANÁ	
	15 anos atrás	atualmente
• cobertura florestal • rebaixamento do lençol freático • velocidade dos ventos • fertilidade dos solos	80% da área estadual máximo de 200cm de profundidade 20 a 30 km/h boa	5,1% da área mínimo de 2000cm 20 a 120 km/h. baixíssima, sem matéria orgânica
• profundidade do horizonte agrícola dos solos	média de 60cm	desapareceu ou possui no máximo 20 cm face à erosão.
• microbiologia	intensa e generalizada	quase inexistente.

*Instituto Geológico — Caixa Postal 8772 — 01000 — São Paulo, SP, Brasil.

Os dados citados e detectados num período relativamente curto (15 anos), demonstram de modo expressivo o grau de degradação dos solos agrícolas no Estado vizinho.

Acredita-se também, que o programa de recuperação proposto no documento, impressiona não apenas pelos objetivos mais que oportunos, senão pela congregação de inúmeras instituições numa cruzada patriótica.

2 OBJETIVOS DA DISCUSSÃO

Pretende-se abordar alguns aspectos não propriamente derivados de uma pesquisa ordenada e detalhada de alguns fenômenos intervenientes na questão de alterações que ocorrem em solos agrícolas quando submetidos à exploração por métodos altamente mecanizados da agricultura extensiva. Elas decorrem antes de fatos muito visíveis, para os observadores habituados ao trato da terra e interessados no estudo das contínuas alterações que ocorrem na superfície, sob a dinâmica do intemperismo físico e da ação do homem sobre o meio.

Assim, deve-se deter em dois pontos registrados como "transformações ocorridas no Estado do Paraná", assinalados no quadro transcrito, a seguir:

- a) Rebaixamento do lençol freático;
- b) Profundidade dos horizontes agrícolas dos solos.

É evidente que nas duas constatações acima descritas, estão contidos todos os processos de degradação dos solos agrícolas do Norte do Estado do Paraná e que, geologicamente, têm como base a alteração dos sedimentos arenosos da Formação Caiuá e dos basaltos da Formação Serra Geral, constituindo as terras roxas, de grande importância agrícola no Brasil.

- a) Rebaixamento do lençol freático.

Exceto nos casos de locais onde há intenso bombeamento de água subterrânea, violando o equilíbrio extração/recarga, ou onde anormalmente ocorram alterações climáticas com drástica redução da pluviosidade, mantidas as condições de escoamento subterrâneo, o rebaixamento do lençol freático só pode ocorrer pela diminuição da infiltração das águas das chuvas e que traz, como consequência, um aumento nos picos de descarga dos rios, favorecendo as enchentes nas regiões ribeirinhas.

Concorre para a redução da infiltração de água no solo um processo de compactação superficial, cuja velocidade depende das características dos elementos constituintes do solo, isto é, da presença de material de granulometria fina, argila e silte, e também de sais e óxidos com propriedades cimentantes. Tratando-se de um processo lento, o fenômeno de compactação contribui, progressivamente, para o rebaixamento do lençol freático devido à diminuição da penetração da água da chuva na camada superficial do solo, alterando as condições anteriores de recarga.

Durante a precipitação surge inicialmente um efeito de compactação, dependente das propriedades dos constituintes dos solos, da frequência e intensidade das chuvas. Assim, o efeito de compactação devido aos choques sucessivos de gotas de água contra o solo desnudo se deve ao trabalho de deformação imposto pela quantidade de movimento mv_0 , onde m é a massa de uma gota de água e v_0 a velocidade limite de queda. Como consequência do fenômeno de tensão superficial e das dimensões das gotas de água, esta assume a forma esférica e assim obedece a lei de Stokes do movimento em meio viscoso atingindo, na superfície do solo, a velocidade v_0 limite.

Desta forma o vetor quantidade de movimento mv_0 é transformado num trabalho, quando as partículas de água em sucessão se chocam contra o solo diretamente, sem qualquer amortecimento, já que o solo se encontra desnudo.

Ao chocar-se na superfície do terreno a água produz dois efeitos: 1.º) suspensão de partículas finas na massa da água; 2.º) deformação do solo por choque produzindo um efeito vibratório, em consequência do ritmo imposto pela sucessão de choques.

Este efeito de compactação é evidente à simples observação. Ele se deve não somente à deformação já citada, mas também devido à frequência das vibrações oriundas dos choques sucessivos.

Sabe-se que solos dispersos, pouco coesos, podem ser compactados por métodos vibratórios, dependendo da sua granulometria e da frequência das vibrações, sendo que a velocidade do processo variará.

Note-se que uma gota de água de chuva durante a queda, pode atingir a velo-

cidade de 7 m/s ou mais, sendo variável com as características da chuva, as condições atmosféricas e velocidade dos ventos.

Assim, os eventos que foram descritos criam condições suficientes para que tenha curso um fenômeno de compactação, seguindo um aumento do escoamento superficial e por conseguinte, um aumento da erosão superficial do solo e redução da recarga profunda devido à diminuição da infiltração.

Em áreas urbanas, com crescente pavimentação imposta pela expansão de ocupação, há uma tendência crescente no rebaixamento do lençol freático, em função da impermeabilização da área de recarga e diminuição da capacidade dos aquíferos subjacentes.

Esta é uma ocorrência já detectada na área da Grande São Paulo. Outra consequência resultante deste tipo de processo é a de um recalque profundo pela ação das cargas de superfície e pela eliminação do efeito de subpressão da água do lençol freático. Isto se faz sentir pelo fenômeno chamado de acomodação das partículas constituintes dos sedimentos num processo de rearranjo espacial dos grãos, acarretando uma diminuição da porosidade e permeabilidade, o que afeta a recarga profunda. A diminuição do processo de infiltração e do escoamento da água subterrânea, pode sob determinadas condições geológicas e topográficas, provocar escorregamentos de taludes devido ao aumento da saturação da água nos poros.

Assim é necessário que, no desenvolvimento de tecnologias alternativas de cultivo agrícola, os efeitos descritos sejam considerados e mesmo investigados com mais profundidade, a fim de minimizá-los. Isto é, deve-se criar condições para diminuir o impacto direto das chuvas sobre os solos, cobrindo-os de vegetação.

Deve-se examinar agora o segundo estágio de compactação do solo desnudo que ocorre no processo de infiltração da

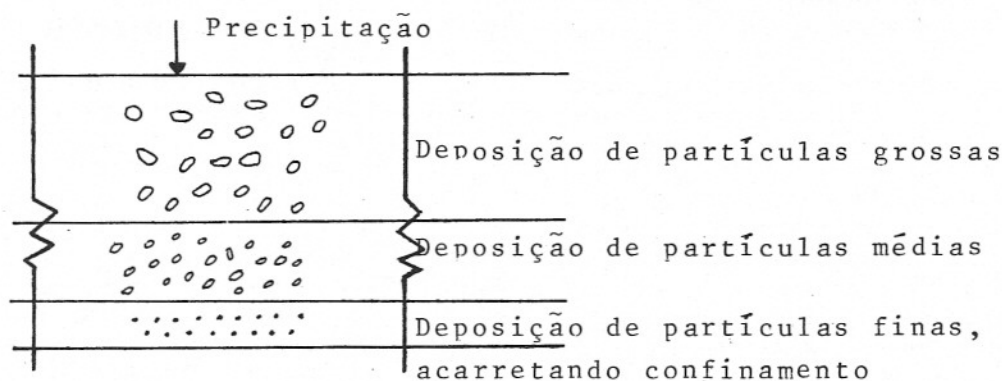
água. Este é um mecanismo que conduz no decurso do tempo a um efeito de compactação de consequências negativas para a agricultura.

A observação do processo de infiltração da água da chuva no solo mostra que os seus efeitos são mais pronunciados nas camadas superficiais desprotegidas, do que em solos cobertos de vegetação. Nestes, a água que infiltra é límpida, carreando pouco material dissolvido e em suspensão. A água da chuva que se precipita diretamente contra o solo desprotegido, põe imediatamente em suspensão as frações mais finas do solo superficial, principalmente as argilas e dissolve as substâncias que podem ter propriedades cimentantes, como os óxidos e os sais. O processo de filtração da água no solo é complexo e algumas teorias vêm sendo desenvolvidas, com aplicação inclusive do método dos elementos finitos aplicado ao movimento de fluidos em meio poroso. Durante a filtração que ocorre no processo de infiltração, o material em suspensão é seletivamente depositado nas camadas inferiores a partir da superfície do terreno, depositando-se as partículas mais finas em camadas mais profundas até a sua clarificação final, que via de regra contém substâncias ainda dissolvidas. Tal processo tende a deixar nas camadas superficiais a areia, concentrando-se as partículas mais finas nas camadas inferiores. É um processo lento e contínuo que dá origem a camadas mais coesivas e confinantes com respeito ao movimento da água de infiltração. Este processo se desenvolve naturalmente nos solos conhecidos como hidromorfos.

Este movimento de transporte de material veiculado pela água ocorre também em direção não vertical.

Estudos neste sentido, têm sido conduzidos em algumas pesquisas, porém com o caráter quantitativo, onde o volume de material é medido através de análises precisas em longos intervalos de tempo.

Esquemáticamente o processo pode ser representado como na figura abaixo.



Para o material em suspensão ocorre algo semelhante ao peneiramento seletivo usado em análises granulométricas, porém com interferência de fenômenos físicos como os de adsorção, tensão superficial, interação elétrica etc. A consequência é o reforço do primeiro mecanismo discutido, contribuindo para o avanço do processo de compactação do solo e de seus reflexos. É evidente que nos reportamos a solos pouco coesos, com granulometria não uniforme, como geralmente é regra nas regiões subtropicais.

A soma dos efeitos aqui descritos de maneira genérica, de transporte de material fino para horizontes mais profundos e de compactação devido ao rearranjo espacial dos grãos, entendemos como principal responsável pelo rebaixamento do lençol freático com efeito direto nas condições do solo agrícola. Responde pela aceleração dos processos erosivos de superfície e de subsuperfície com a consequente perda de materiais em suspensão e dissolvidos pelo transporte da água para zonas de cotas inferiores onde o material pode ficar retido sob condições topográficas favoráveis.

Ainda que não avaliado quantitativamente, no Brasil, o rebaixamento do lençol freático interfere na alteração do meio ambiente, razão pela qual se considera como um dos fatores intervenientes nas mudanças ocorridas junto à superfície e devidamente considerado no que hoje se chama de geocologia, com forte desenvolvimento na Alemanha, como se pode verificar na atual literatura científica sobre ecologia (MARSILY, 1981). Observa-se que solos com camadas confinantes a baixa profundidade sofrem encharcamento com moderadas precipitações, o que é inconveniente pa-

ra a grande maioria de plantas cultivadas. Ao contrário, tende a se ressecar com um estio pouco prolongado, o que também é adverso ao cultivo.

b) Profundidade dos horizontes agrícolas dos solos.

A este respeito, observa-se que os mecanismos descritos até agora processam-se principalmente no horizonte A e em relação a sua espessura e composição, podendo atingir o horizonte B em espessura variável e inerte quando há existência de uma flora microbiana.

No caso relatado do Paraná, tem sido observada uma remoção considerável do horizonte A, através de processos erosivos severos e continuados. O horizonte B tem origem no embasamento de sua rocha matriz, às vezes sem relação com o horizonte A, que pode ter tido origem a partir de material transportado. Através do tempo geológico, podem ocorrer mudanças na superfície, surgindo um novo tipo de solo de formação local, inteiramente diverso do horizonte A anterior.

Referente ao quadro inserido nesta discussão, os solos agrícolas com espessura de até 60 cm, no lapso de 15 anos, ficaram reduzidos a 20cm ou mesmo desaparecidos.

É, pois, de conveniência que num processo de recuperação de solos agrícolas, a longo prazo, seja verificada a correlação entre os dois horizontes; isto é, se o horizonte A tem origem na decomposição de rochas do embasamento geológico subjacente ou se no transporte de material proveniente de outros tipos de rochas. Este exame poderá indicar a viabilidade de recuperação, por exemplo, a terra roxa é produto da decomposição de basaltos e deve a sua fertilidade à constituição química daquela rocha.

Vê-se ainda que há um interesse também no conhecimento da natureza do horizonte B, o que, nessas circunstâncias, enlaça estreitamente a geologia e a pedologia, tendo em vista métodos de regeneração de solos agrícolas.

3 CONCLUSÕES

A discussão que ora se encerra permite sugerir algumas medidas para reorientar pontos da atual tecnologia agrícola, não somente da agricultura denominada extensiva com predomínio de maquinário agrícola pesado, mas também, por oposição, da agricultura intensiva onde não se pratica qualquer medida conservacionista.

As técnicas de combate à erosão que já há vários decênios vêm sendo usadas em certo grau na agricultura e nas suas várias modalidades, seja pela mão-de-obra adicional que comportam essas técnicas, seja pela ignorância de seus princípios e fins, ainda não são uma prática geral. Assim sendo, são relegadas a um segundo plano em nome de uma lucratividade imediata, não se comprometendo com as conseqüências futuras.

Partindo-se do princípio de que o Brasil possui um vasto território e, como conseqüência de prática antiga, surge uma outra modalidade de exploração agrícola sem raiz, que consiste no contínuo avanço das fronteiras agrícolas, transferidas sucessivamente para outras regiões, ou então sendo depauperada, a terra é submetida a uma silvicultura irracional ou transformada em pastos, onde é implantada uma pecuária muitas vezes inadequada.

De qualquer modo, a irracionalidade acaba sendo instalada na exploração da terra sem a menor preocupação conservacionista, sem a consideração de que a natureza gasta um tempo imenso na formação dos solos usados pela agricultura.

Existem muitas práticas de rotina de cultivo do solo extremamente úteis, como a rotação de culturas, o descanso da terra, as disposições de cultivos que reduzem a erosão, a incorporação de matéria orgânica, a irrigação e mesmo a preocupação de proteger o solo cultiva-

do com algum tipo de cobertura. Esta última se coaduna com os objetivos descritos no presente trabalho de conservação do ambiente em subsuperfície.

Embora os procedimentos citados sejam altamente positivos, entende-se que uma proposta de tecnologia agrícola alternativa pode dispensar cuidados especiais para reduzir os efeitos que foram descritos, ou seja, impedir na medida do possível que chuvas incidam livremente sobre grandes áreas de solos expostos.

No caso de culturas permanentes, como de fruticultura com grandes espaçamentos, pode ser adequado manter o mato entre fileiras de plantas, o que muitas vezes é feito, ou usar cobertura de palhas ou outro material, se uma outra cultura não é feita intercaladamente.

Estudos de novos espaçamentos mais protetores podem ser admitidos, ainda que representem certa perda de produtividade em culturas perenes. É o que se chama de otimização num confronto com vantagens de ordem conservacionista.

Métodos de cultivos que não revolvam o solo entre as fileiras cultivadas, extirpando-se o mato apenas junto às plantas, podem ser sugeridos como conservacionistas, assim como o consorciamento de culturas, que conjuntamente promovam melhor o efeito de cobertura do solo.

Projetos de novas máquinas e implementos agrícolas que tornem possível o revolvimento do solo apenas em faixas estreitas que serão plantadas tornam-se necessários.

É possível que pesquisas nestas direções, juntamente com práticas existentes e consideradas positivas, contribuam em larga medida para a preservação do solo agrícola por tempo mais dilatado.

Agora a questão: como compatibilizar medidas de uma prática agrícola positiva voltada mais para uma agricultura "primitiva"; com a eliminação de métodos irracionais e parcialmente da adubação com produtos químicos e de agrotóxicos de que a atual produtividade agrícola aparentemente parece não poder prescindir?

Somente as pesquisas poderão dar as devidas respostas.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARSILY, G. de 1981 Hydrogéologie quantitative. Paris, Masson. 215p. (Collection Sciences de la Terre)

PARANÁ SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA. 1983-1986 Programa manejo integrado de solos; terra bem usada é para sempre. Curitiba.