

ISSN 0100-3364

INFORME AGROPECUARIO



v. 19 - n. 191 - 1998 Uma publicação bimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conservação de Solos

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

**INFORME
AGROPECUÁRIO**

Bom para você, ótimo para o setor agro- pecuário

A cada mês, o Informe Agropecuário traz a tecnologia apropriada para uma atividade de grande interesse econômico e social do setor agropecuário. Reportagens e entrevistas trazem delineamentos importantes para uma tomada de decisão. Nesta linha de editorial já foram publicados diversos números

do Informe Agropecuário, tratando de assuntos da mais alta relevância: cerrados, café, piscicultura, algodão, sementes, conservação de forragens, recursos naturais, retrospecto agropecuário, avicultura, soja, feijão, alho, suínos, trigo, citricultura, geadas e arroz. Adquira sua coleção na



EPAMIG

EMPRESA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS

Av. Amazonas, 115 - sala 507 - Belo Horizonte

A EXPERIÊNCIA DE QUEM FEZ A HISTÓRIA

BIBLIOTECA
DA EPAMIG

A conservação de solos é hoje uma grande preocupação, pois está diretamente ligada à sobrevivência humana. E mesmo assim, as práticas conservacionistas são pouco difundidas e ainda dependem de uma maior conscientização da sociedade. Esta conclusão é do Engenheiro Agrônomo João Quintiliano de Avelar Marques, premiado com o título de "Pai da Conservação de Solo no Brasil".



O engenheiro agrônomo João Quintiliano é formado pela Universidade Federal de Viçosa, com especialização nos Estados Unidos, e acumula em seu currículo diversos prêmios pelo pioneirismo do trabalho realizado no Brasil para preservação de solos. Além de possuir uma alameda com seu nome no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), João Quintiliano foi homenageado com o prêmio Pan-americano de Conservação de Solos, concedido pela Organização dos Estados Americanos (OEA).

Para João Quintiliano, a erosão e suas conseqüências tiveram início com a própria exploração do solo pelo homem. Este, ao cultivar a terra, nem

sempre o fazia com os cuidados necessários e só deu conta do mal que causava a ela, quando, já desgastada, a terra não podia mais ser cultivada.

Isso ocorreu com o próprio nascimento das civilizações. Na Ásia, Egito e na Mesopotâmia existem sinais de degradação do solo. Da mesma maneira aconteceu na Europa, onde vários países tiveram que modificar suas técnicas agrícolas.

IA – Como surgiu o serviço de conservação de solos oficialmente?

João Quintiliano – O primeiro serviço de conservação de solos foi criado na década de 30, nos Estados Unidos.

Foi o primeiro serviço organizado no mundo para controlar a erosão e possibilitar ao homem o uso da terra de forma sustentada.

Mas, para que isso ocorresse, foi preciso que os congressistas americanos tivessem uma prova literal dos danos que a erosão podia causar.

A região do Meio-oeste americano é muito fértil e, por isso, muito explorada pelo homem com plantações de trigo, pastagens, entre outras.

Essa região é muito suscetível à erosão eólica, com ocorrência das chamadas nuvens de pó. E uma dessas nuvens, transportada pelo vento, acabou por sujar de terra a mesa dos congressistas em Washington. Só então o Legislativo americano se deu conta da gravidade do problema.

IA – *Que medidas foram tomadas por este serviço para a conservação dos solos?*

João Quintiliano – Foram criadas estações experimentais distribuídas estrategicamente pelos diferentes tipos de solos dos Estados Unidos.

A intensidade da erosão era medida em diferentes culturas, formas de manejo e cultivo do solo. Através dessas informações, puderam-se estudar as melhores práticas para o controle da erosão.

Daí nasceram os terraços, os plantios de contorno, principalmente, coberturas vegetais mortas e vivas e todas as práticas conhecidas.

IA – *No Brasil, quando e onde se iniciaram os primeiros trabalhos de conservação do solo?*

João Quintiliano – É preciso antes explicar que a erosão iniciou-se com a intensificação das culturas e a consequente retirada das coberturas vegetais. Da mesma maneira como ocorreu em outros países, o brasileiro só despertou para o problema depois de explorar a terra e desgastá-la.

No Brasil a evolução da erosão e a conservação dos solos acompanharam a distribuição das culturas, principalmente a do café. As primeiras lavouras estavam concentradas no Rio de Janeiro, Sul de Minas e Zona da Mata.

A primeira estação experimental para medição de erosão foi instalada em Viçosa, Minas Gerais, em 1942.

IA – *Quando foram iniciadas as primeiras campanhas para conservação do solo?*

João Quintiliano – A partir da implantação de uma estação no IAC conseguimos dados sobre a erosão no Brasil

e sua ação sobre várias culturas, tipos de solo, dados autóctones do Brasil – muito importantes – e que possibilitaram o início da Campanha Nacional de Conservação de Solos.

"A preservação dos recursos naturais cabe ao usuário desses recursos. E, neste caso, toda a população está envolvida."

Essa campanha foi iniciada com a pesquisa nacional, sem utilizar dados externos, como vinha sendo feito até então.

IA – *Quais os resultados dessa campanha?*

João Quintiliano – Essa campanha trouxe uma certa conscientização sobre a importância da preservação ambiental e dos recursos renováveis.

Os trabalhos foram divulgados na década de 50, através da publicação de vários artigos, livros e teses. Nessa época foi lançado o primeiro Manual de Conservação de Solo em Cafezal do Brasil. Nele, eram mostrados dados da erosão e as práticas de conservação do solo, principalmente o plantio em curva de nível.

IA – *Na sua opinião, de quem é a responsabilidade pela conservação dos recursos naturais?*

João Quintiliano – A preservação dos recursos naturais cabe ao usuário des-

ses recursos. E, neste caso, toda a população está envolvida. Agora, a proporção dessa responsabilidade é maior para aqueles que usufruem diretamente desses recursos, como, por exemplo, o agricultor, que vive da terra.

A responsabilidade expressa em recursos financeiros não pode ser feita individualmente. Cabe à sociedade custear esses trabalhos. E o governo, como representante da sociedade, é responsável por esse gasto.

IA – *Atualmente, como estão os trabalhos de conservação de solo em Minas Gerais?*

João Quintiliano – Infelizmente, os agricultores em nosso Estado estão abandonados.

Depois da dissolução da Camig,

nenhum outro órgão foi designado para a execução prática desses trabalhos. O Estado faz a pesquisa, através da Epamig e, um pouco através da Embrapa e há também a extensão, feita pela Emater.

Mas na execução mesmo das práticas, não há mais nada. O governo tem que estabelecer programas e ajuda financeira aos agricultores através de um órgão que possa subsidiar o agricultor nessa conservação do solo.

IA – *Qual seria o melhor caminho para se conseguir a efetiva conservação do solo em nosso país?*

João Quintiliano – O conceito de desenvolvimento sustentável, que hoje é a base dos principais tratados ambientais em todo o mundo e que obriga o homem a explorar a terra de forma racional, é o melhor caminho. Quem explora a terra não pode deixar que ela se esgote. Este princípio é básico para a sobrevivência do nosso planeta.

REVISTA BIMESTRAL

ISSN 0100-3364

INPI: 1231/0650500

COMISSÃO EDITORIAL

Guy Tôres

Reginaldo Amaral

Marcelo Franco

Alberto Marcellti

Lutiero Rios Alvarenga

José Braz Façanha

Cláudio Amilear Soares Chaves

Vânia Lúcia Alves Lacerda

EDITOR

Vânia Lúcia Alves Lacerda

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Marlene A. Ribeiro Gomide

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Victor Gonçalves Bahia e Miralda Bueno de Paula

AUTORIA DOS ARTIGOS

Antônio Marciano da Silva, Cristiane Valéria de Oliveira, Daniela Abreu da Silveira, Jefferson Antônio de Souza, Luciane da S. C. Rostágnio, Luiz Alan Grandi, Luiz Henrique A. Figueiredo, Márcio Vieira Martins, Maria Inês Nogueira Alvarenga, Marilusa Pinto Coelho Lacerda, Miralda Bueno de Paula, Régis Pereira Venturim, Renato Lara de Assis, Renato Prudente de Assis, Renato Ribeiro Passos, Victor Gonçalves Bahia, Zenaide Barbosa

REVISÃO

Linguística e gráfica: Marlene Antonieta Ribeiro Gomide, Rosely A. R. Battista Pereira e Teresa Cristina Pessoa Brandão

Normalização Bibliográfica: Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo

PRODUÇÃO E ARTE

Digitação: Dulce de Melo Oliveira, Maria Alice Vieira, Maria de Fátima Ferreira e Rosângela Maria M. Ennes

Formatação: Dulce de Melo Oliveira e Maria Alice Vieira

Capa e Arte-Final: Lamounier Lucas Pereira Júnior

Desenhos: Lamounier Lucas Pereira Júnior

IMPRESSÃO

Embal'Art Editora e Gráfica Ltda.

PUBLICIDADE

Décio Corrêa - Reg. Prof.: 859 DRT/MG

Assessoria de Marketing

Av. Amazonas, 115 - CEP 30180-902 - Belo Horizonte-MG

Fone: PABX(031) 273 3544 e 274-8194

Fax: (031) 273 3884

Copyright © - EPAMIG - 1977

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

Informe Agropecuário - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . -

Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .

v.: il.

Bimestral

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística, -

v.1, n.1 - (abr.1975).

INSS 0100-3364

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

CDD 630.5

ASSINATURAS: SETA/EPAMIG

CGC(MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.004

Av. Amazonas, 115 - 6º andar - Caixa Postal 515 - Fone: (031) 273-3544

Ramais 137/149 - Fax: (031) 273 3884 - CEP 30180-902

Belo Horizonte, MG, Brasil

Erosão do Solo

O Grande Desafio

A conservação do solo e da água tornou-se, neste fim de século, uma preocupação mundial.

Num país com proporções continentais como o Brasil e detentor de uma das maiores concentrações de água doce do mundo, esta preocupação pode até parecer exagero. Mas os fatos provam o contrário e mostram que a erosão dos solos e a poluição das águas vêm destruindo muito mais do que se imagina, no Brasil e em diversos países.

E o futuro pode nos reservar um papel de peso na sobrevivência de populações menos favorecidas em termos de terras agricultáveis e mananciais de água. A população do mundo cresce num ritmo acelerado. Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), cerca de 500 milhões de pessoas não têm o que comer e mais de um terço da humanidade sofre de desnutrição. É evidente que esta escassez de alimentos tem uma relação direta com a erosão do solo.

Conscientizar o homem do campo sobre esta questão conservacionista não é tarefa simples. Mais difícil ainda é classificar uma atividade produtiva como agressora da natureza. Principalmente porque os efeitos da exploração dos recursos naturais não aparecem de imediato. Mas é preciso insistir e criar campanhas de preservação mais persuasivas e que atinjam um número cada vez maior de agricultores.

Atenta a todos esses problemas, a EPAMIG vem buscando soluções que evitem o processo de empobrecimento dos solos, o que refletiria negativamente na economia mineira, baseada na exploração agropecuária.

Neste Informe Agropecuário, procuramos fazer a nossa parte, a fim de contribuir na correção dos erros do passado, ajudar a resolver os problemas do presente e servir como um guia para melhor utilização do solo no futuro.

Guy Tôres
Presidente da EPAMIG

Nesta Edição

O Informe Agropecuário, nesta edição, apresenta uma série de artigos que aborda temas relativos ao uso, manejo e conservação do solo e da água. Pretende-se, assim, fornecer elementos de trabalho aos técnicos, produtores, estudantes de agronomia e outros profissionais interessados na conservação do solo e preservação do meio ambiente, através de uma apresentação ordenada de princípios, noções teóricas, métodos de conservação e práticas para solução dos problemas.

SUMÁRIO

Preparo do solo - <i>Luiz Alan Grandi</i>	05
Considerações sobre os principais solos de Minas Gerais e sua susceptibilidade à erosão - <i>Régis Pereira Venturim, Victor Gonçalves Bahia</i>	07
Material de origem x erodibilidade dos solos - <i>Marilusa Pinto Coelho Lacerda, Victor Gonçalves Bahia</i>	10
Seleção de práticas conservacionistas baseada em critérios pedológicos - <i>Jeferson Antônio de Souza, Victor Gonçalves Bahia</i> ...	19
Tecnologias disponíveis para o controle do escoamento superficial - <i>Marcílio Vieira Martins, Victor Gonçalves Bahia</i>	28
Hidráulica dos terraços - <i>Antônio Marciano da Silva</i>	35
Utilização de fotografias aéreas no levantamento do meio físico, visando o planejamento conservacionista - <i>Luciane da S.C. Rostagno, Victor Gonçalves Bahia</i>	39
Compactação do solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle - <i>Cristiane Valéria de Oliveira, Victor Gonçalves Bahia, Miralda Bueno de Paula</i>	46
↳ Manejo visando à conservação e recuperação de solos altamente susceptíveis à erosão sob os aspectos físicos, químicos e biológicos - <i>Maria Inês Nogueira Alvarenga, Daniela Abreu da Silveira, Renato Ribeiro Passos, Victor Gonçalves Bahia</i>	49
Atuação da biota do solo na formação e estabilização de agregados e na estruturação dos solos, influenciando o controle da erosão - <i>Zenaide Barbosa, Victor Gonçalves Bahia, Miralda Bueno de Paula</i>	59
↳ Efeitos do manejo dos resíduos culturais, adubos verdes, rotação de culturas e aplicação de corretivos nas propriedades físicas e recuperação dos solos - <i>Miralda Bueno de Paula, Renato Prudente de Assis, Victor Gonçalves Bahia, Cristiane Valéria de Oliveira</i>	66
↳ Práticas mecânicas e culturais de recuperação de características físicas dos solos degradados pelo cultivo - <i>Renato Lara de Assis, Victor Gonçalves Bahia</i>	71
Controle da erosão em terras não cultivadas - <i>Luiz Henrique A. Figueiredo, Victor Gonçalves Bahia</i>	79

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

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 19	n.191	p.1-84	1998
----------------------	----------------	-------	-------	--------	------

Preparo do Solo

Luiz Alan Grandi¹

Todos sabem que se deve preparar o solo para colher, mas a grande maioria se preocupa mais é com o momento da colheita.

O Brasil, nos últimos anos, bateu o recorde na produção de grãos. Ficamos felizes por esse acontecimento, mas será que não poderia ser ainda melhor?

Observa-se que, no momento do preparo do solo, as máquinas vão ao trabalho e, no local, elas é que acabam determinando a profundidade do solo, o método a ser usado e até mesmo, o momento de colocá-lo em prática.

O preparo do solo deve obedecer a vários critérios para ser iniciado:

- o momento certo (obtendo-se melhores resultados com pouca umidade no solo);
- o método a ser usado;
- o implemento que melhor resultado pode oferecer, não se esquecendo da conservação do solo.

A cultura a ser implantada é o fator determinante na escolha dos equipamentos. A profundidade a ser atingida deve ser compatível com o sistema radicular e com a incorporação de restos vegetais; e o acabamento superficial, com a máquina que fará a semeadura.

Pelo período recomendado para a nova implantação, pela área a ser ocupada e o tipo de implemento a ser usado, obtém-se um planejamento do número de conjuntos motomecanizados que irá trabalhar.

Para a aração, se necessário for, deve-se ter o cuidado de observar qual método será usado, evitando assim que o solo, a cada preparo, desloque-se em um só sentido, expondo o subsolo. Para maiores profundidades e melhor inversão, recomenda-se o arado de aivecas.

Durante a aração, deve-se ter o cuidado para manter a uniformidade na inversão do solo e no seu nivelamento, pois arações irregulares levarão para a gradagem trabalhos que exigem maiores correções, que muitas vezes, no entanto, não conseguem

ser corrigidos. Isto eleva o custo e afeta negativamente a prática seguinte, que é a semeadura. É necessário que haja um alinhamento nas entradas e saídas dos arados no solo, para evitar danos nas semeaduras.

Os arados de disco permitem ajustes, tanto no sentido vertical (disco mais em pé ou mais deitado), como no sentido horizontal (corte mais largo ou mais estreito). Com a movimentação dos discos e a conseqüente variação dos ângulos, é que se obtém uma melhor condição para o trabalho, tanto em profundidade como na inversão do solo.

Para solos compactos, ou quando se desejam maiores profundidades, é aconselhável que todos os discos recebam uma diminuição em seu ângulo vertical (discos mais em pé) e, na maioria dos casos, também um aumento no ângulo horizontal (discos mais abertos), dando assim uma maior estabilidade durante o trabalho.

Para melhorar a inversão do solo, principalmente quando o tombamento for para cima, obtém-se um acabamento melhor, com o aumento do ângulo horizontal, e, se possível, deve-se também aumentar a velocidade de trabalho.

Quando houver muita infestação de ervas daninhas, uma gradagem anterior à aração, não com o sentido de arrancar, mas sim de fatiar o solo, facilitará bastante a inversão.

Para os arados acoplados nos três pontos do sistema hidráulico dos tratores, deve-se procurar, no suporte do terceiro ponto, qual o furo para engate, conforme sejam os solos duros, médios ou macios. O furo inferior será usado para arações em solos duros ou para maiores profundidades.

Com relação à estabilidade do conjunto trator-arado, a roda traseira do arado (guia ou de sulco) deverá sempre estar deslocando-se no mesmo sentido do trator e sempre bem apoiada no solo. Esta roda não pode arar, como também não pode influen-

ciar a profundidade de trabalho e a uniformidade de corte. Folgas demasiadas na roda guia, ou faca de corte gasta, tornam aração bastante difícil, provocando um trabalho de qualidade bem inferior.

Para os arados de aivecas, o elemento responsável pela penetração no solo é a sua ponta ou bico da relha, que deverá ser mais acentuado para maiores profundidades. Estando o arado bem nivelado, o controle da profundidade será dado, na maioria dos casos, pela roda de sustentação.

Para qualquer tipo de arado, os nivelamentos transversal (feito no segundo ponto) e longitudinal (feito no terceiro ponto) deverão ser realizados, visando manter o arado uniformemente apoiado no solo.

Com o arado bem centrado, a sua largura de corte deve coincidir com a bitola do trator, para evitar que o primeiro disco ou aiveca deixe partes sem arar, ou trabalhe dentro do último sulco. Para esta regulagem, existe o eixo transversal do arado, que é fixo e os batentes que são reversíveis.

Existem tratores que possuem duas alavancas para o manejo do sistema hidráulico. Para implementos que trabalham o solo, a alavanca a ser usada será a de controle de profundidade.

A gradagem, prática seguinte, visa quebra dos torrões e o nivelamento. Normalmente as grades mais pesadas são as mais indicadas para arações mais profundas, obtendo-se uma melhor uniformidade no preparo. Durante esta prática, é necessário também um acompanhamento, no sentido de observar o acabamento superficial, que visa receber a semeadura. Para sementes finas, os torrões deverão ser menores e a superfície tratada bem mais nivelada, porque semeadoras para tais sementes não possuem recursos especiais. Um mau acabamento afeta a distribuição e dosagem do adubo e sementes, a profundidade de semeadura e a cobertura.

Da mesma forma que corrigir defeitos

¹Eng^o Agr^o, M.Sc. – Prof. Adj./Dep^o Engenharia/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

de aração com a gradagem também é muito difícil ou mesmo impossível, corrigir defeitos de gradagem, com a semeadora.

Podemos denominar de ação, o trabalho das grades de disco, quando estas penetram no solo e fazem o trabalho de desagregação e nivelamento.

Para se aumentar a ação das grades, procura-se aumentar a angulação de suas secções, provocando um aumento do ângulo dos discos em relação à linha de tração de deslocamento do trator. A esta regulagem dá-se o nome de ângulo de trava, que pode ser interpretado como ângulo horizontal.

Para as grades acopladas no sistema hidráulico dos tratores, as grades em "X" ou também o ângulo de trava se faz entre as secções dianteiras e ou as traseiras, com a intenção de maior ou menor profundidade (maior ou menor angulação), obtendo-se também uma maior ou menor movimentação e nivelamento do solo, tendo-se o cuidado de não permitir que os discos das secções traseiras formem um camalhão. Caso isto aconteça, as secções podem ser deslocadas lateralmente, por igual. Através deste deslocamento, um outro cuidado deve-se ter para evitar que estes discos caminhem no rastro dos discos das secções dianteiras.

Para um melhor acabamento superficial, a velocidade de trabalho deve girar entre 7 e 10km/hora.

Para as grades de arrasto, das quais as mais comuns são as do tipo em "V", a maior ação se obtém, quando elas ficam totalmente abertas.

A angulação do vértice dianteiro do V (secção dianteira) obtém-se através da angulação do cabeçalho, o qual é acoplado à barra de tração do trator.

O vértice traseiro vai obtendo uma maior angulação, através do destravamento feito na barra de regulagem.

Aconselha-se que, para picar restos culturais ou mesmo trabalhar sobre o terreno arado, estas angulações deverão ser feitas de pouco a pouco, observando-se o resultado. Muita ação pode arrancar o material e não picar e, em caso do solo já solto, poderá acumular muita terra na frente da grade, impedindo a velocidade de trabalho e afetando o nivelamento.

Durante o trabalho, o cabeçalho da grade nunca deverá ficar acima da barra de

tração do trator, pois pode provocar um aumento na patinagem, o que aumentará os custos. A condição ideal é o cabeçalho no mesmo nível da barra de tração do trator.

O cabeçalho destas grades também permite um deslocamento lateral para a direita ou esquerda, possibilitando assim um melhor posicionamento delas atrás do trator. Esta regulagem torna possível ao trator trabalhar com as rodas direitas na divisa entre terreno gradeado e arado em gradagens simples, ou em gradagens com meia grade (dupla), o que permite que a grade trabalhe com sua metade em terra já gradeada, sempre em nível.

O melhor preparo do solo é aquele que melhor se adapta à situação do momento, visando sempre não viciá-lo, ou seja, evitando repetições da mesma prática numa mesma área, assim como o mesmo método.

O plantio direto também oferece bons resultados, principalmente quando este entra em um ciclo com o preparo convencional. Este ciclo pode ser de dois em dois ou de três em três anos, período em que se usa o plantio direto e se faz um preparo do solo com máquinas adequadas para tal, escolhendo a melhor opção para a cultura e o solo.

No sistema de plantio direto, a semente é colocada em um pequeno sulco, de largura e profundidade suficientes para garantir um bom contato e cobertura da semente com o solo, usando-se semeadeiras especiais que não revolvem o solo.

Esse sistema consiste em três operações fundamentais: colher e esparramar os restos culturais, pulverizar herbicidas e plantar com equipamentos especiais. A eficiência desse sistema no controle da erosão deve-se à permanência dos restos de cultura na superfície e à reduzida movimentação do solo.

No sistema de plantio direto, deve-se levar em conta alguns requisitos básicos:

- conhecimento e domínio de todas as fases do sistema;
- mão-de-obra qualificada e bem treinada;
- eliminação de áreas compactadas do solo ou das camadas adensadas;
- superfície do terreno bem preparada, evitando-se a presença de sulcos;
- correção da acidez do solo feita antecipadamente;

- níveis de fertilidade situados na faixa média ou alta. Há necessidade de correções do teor de fósforo antes de iniciar o sistema, quando o resultado da análise do solo indicar níveis baixos;
- resíduos de cultura na superfície devem cobrir, pelo menos, 50% do solo, ou 6t/ha de matéria seca;
- restos de culturas não devem ser queimados;
- é indicado o uso do picador e do distribuidor de palha nas colheitadeiras, antes do plantio, evitando-se que a palha fique enleirada;
- identificação e eliminação de ervas daninhas;
- não pode ocorrer alta infestação de ervas daninhas para não onerar os custos com herbicidas.

As principais vantagens do sistema de plantio direto são:

- aumento da atividade biológica por causa da matéria orgânica com menor oscilação da temperatura;
- aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, especialmente fósforo;
- maior rendimento, devido a maior retenção de água pelo solo;
- maior eficiência no controle da erosão, diminuindo as perdas de água e solo;
- economia de combustível, até 70%, em relação ao consumo convencional;
- aumento da vida útil das máquinas, devido à menor utilização e trabalho mais leve;
- o trabalho sempre deverá ser em nível, com construção de terraços dentro das normas.

A subsolagem, prática que deve ser usada para combater a parte nociva da mecanização, que é a compactação do solo e subsolo, também poderá ser intercalada com outras práticas convencionais, inclusive com o uso do plantio direto.

Perdas na colheita são motivo de preocupação. A culpa destas perdas é atribuída à colheitadeira, o que na verdade não deveria ocorrer, pois, todas as práticas anteriores também são responsáveis por perdas. A culpa deverá ser dividida. A não-observação da qualidade no preparo do solo, principalmente, será uma das maiores causadoras de perdas, especialmente de produtividade.

Considerações sobre os Principais Solos de Minas Gerais e sua Susceptibilidade à Erosão

Régis Pereira Venturim¹
Victor Gonçalves Bahia²

INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais possui, devido a sua grande extensão territorial e particularidades de cunho geológico e climático, uma grande diversidade de sistemas agrícolas ou agricultáveis manejados das mais diversas formas, de acordo com cada "realidade" regional. Partindo-se deste ponto, torna-se de fácil percepção a situação da conservação do solo no Estado, tendo em vista o grande número de tipos de solo e as diversas formas de manejá-los.

A falta de um correto manejo dos solos, que os expõe à erosão acelerada ou afeta suas características favoráveis ao desenvolvimento das plantas, pode, em pouco tempo, transformar solos de boa produtividade em solos pouco produtivos ou improdutivos, gerando a necessidade de sua recuperação, o que nem sempre é totalmente possível e economicamente viável.

Para realizar um correto manejo dos solos, visando a sua conservação ao longo de consecutivos anos de cultivo, é importante, portanto, o conhecimento das propriedades e características desses solos no desenvolvimento e adaptações de práticas conservacionistas.

FATORES QUE AFETAM A ERODIBILIDADE DO SOLO

A susceptibilidade de um solo à erosão é definida como erodibilidade. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), o significado de erodibilidade é diferente do de intensidade de erosão. O termo erodibilidade refere-se às características intrínsecas do solo. Dessa forma, ainda que se coloquem dois solos sob as mesmas condições de chuva, vegetação e manejo, estes apresentarão diferentes comportamentos, por apresentarem erodibilidades também diferentes.

Citam os referidos autores que a erodibilidade de um solo é expressa através do fator K da equação universal de perda de solo, sendo K específico para cada tipo de solo e calculado em parcelas unitárias. É expresso como a perda de solo, por unidade de área e índice de erosão da chuva.

De acordo com Resende (1985), a erodibilidade é dependente de vários fatores que são: textura, estrutura, matéria orgânica, permeabilidade, declive, comprimento de rampa e forma de encosta.

Textura

É um dos maiores determinantes da erodibilidade. Existe uma estreita relação entre a susceptibilidade à erosão e a textura do solo. A erosão tende a ser maior em solos com maiores teores de silte e areia e menor nos solos argilosos (Resende, 1985).

Os solos de textura mais grosseira, devido à baixa agregação de suas partículas, são facilmente erodíveis. Entretanto, solos com elevados teores de silte, têm certa agregação, quando secos, mas, quando umedecidos, apresentam agregados com baixa estabilidade, sendo facilmente dispersos e transportados (Ferreira, 1992).

Resende (1985) relata que após a destruição dos agregados, há uma facilidade de deslocamento das partículas. Dessa forma, a areia grossa deposita-se com facilidade, enquanto que o material mais fino como silte e argila é mais facilmente transportado.

Estrutura

A estrutura do solo apresenta fundamental importância na sua erodibilidade. O tipo, o tamanho e o grau de desenvolvimento da erodibilidade são fatores que auxiliam a sua compreensão. Segundo Resende (1985), o grau de desenvolvimento pode ser considerado como o fator mais importante, que altera muitas das propriedades que seriam dadas pela textura. Solos bem agregados, permitem um movi-

mento mais rápido da água em relação àqueles de mesma textura, porém pobres em agregação (Troch et al., citados por Ferreira, 1992).

Solos com grau forte de desenvolvimento da estrutura são mais resistentes à erosão, devido à resistência que esta oferece à desagregação pela água.

Matéria orgânica

Por ter um efeito sobre a estruturação do solo e a formação de agregados estáveis, a quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo condiciona uma melhoria das condições físicas dele, tornando-o mais resistente à erosão (Baver et al., 1972).

O aumento do teor de matéria orgânica favorece uma maior permeabilidade do solo, devido ao maior desenvolvimento dos agregados mais estáveis e aumento no tamanho, o que vem dificultar sua dispersão e arraste pela enxurrada (Resende, 1985).

Permeabilidade

É um fator intimamente ligado com a estrutura do solo e com a presença de impedimento e infiltração da água.

A permeabilidade do solo afeta diretamente a quantidade de água escorrida superficialmente ou subsuperficialmente. Assim, solos de pouca permeabilidade tendem a ser mais erodíveis, pois favorecem o arraste das partículas através do escoamento superficial ou subsuperficial.

É conveniente lembrar que solos extremamente permeáveis tendem a ter grandes perdas por lixiviação, tornando-se, assim, empobrecidos.

Comprimento, declive e forma de encosta

O comprimento da pendente (L) juntamente com a declividade (S) são fatores combinados num índice LS de equação universal de perdas de solo. Além destes, a forma de encosta é importante no

¹Eng^o Agr^o - Mestrando/Solos e Nutrição de Plantas/Dept^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^o Agr^o, D. Sc. - Prof. Tit./Dept^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

que se refere à erosão (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Aumentos na declividade acentuam as perdas por erosão, devido à maior velocidade com que a água escorre nestas circunstâncias, ou seja, a água tem uma erosividade maior (Almeida, 1981).

Lançantes extensos e de forma linear constituem o principal agravante da erodibilidade, por propiciarem maiores volumes de água. Quanto à forma de encosta, a erodibilidade aumenta da forma côncava para a convexa, pois há uma maior instabilidade dada pela concentração de água, especialmente no terço inferior de encosta (Resende, 1985).

PRINCIPAIS CLASSES DE SOLO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Com uma área de 511.274 km², o estado de Minas Gerais apresenta praticamente todas as classes de solos brasileiros, destacando-se entre estas os Latossolos, solos com B Textural, Cambissolos e solos Litólicos. São ainda encontrados no Estado, os solos Hidromórficos, Aluviais e Areias Quartzosas. A distribuição percentual das classes de solo pode ser vista a seguir (Resende et al., 1985):

Latossolos	65,2
Areias quartzosas	1,2
Solos com B textural	16,3
Cambissolos	9,9
Solos litólicos	6,7
Solos hidromórficos	0,1
Solos aluviais	0,6
Total	100,0

DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE SOLOS E RELAÇÕES COM A EROSÃO

Latossolo Roxo

Esta classe de solo é constituída de solos minerais não-hidromórficos, derivados de rochas basálticas e de tufitos. Apresenta horizonte Bw e teores elevados de Fe₂O₃ (>18%, <40%), textura argilosa ou muito argilosa. São muito profundos, de seqüência de horizontes A, Bw, C. O horizonte diagnóstico é o Bw, com aspecto maciço poroso. Contudo, olhando mais atentamente, pode-se observar uma estrutura granular bastante forte e pequena (Oliveira et al., 1992).

São características peculiares a estes solos a alta porosidade, boa permeabilidade e drenagem, fraca coesão, grande friabilidade, plasticidade e pegajosidade pouco acentuadas em relação aos teores de argila decorrentes, em geral, do elevado grau de

floculação da argila e de sua constituição predominantemente oxídica.

São solos de grande significado agrícola, pela topografia onde geralmente aparecem suas boas características físicas. Estes solos, devido ao uso intenso de máquinas pesadas, que causam a compactação de camadas subsuperficiais, têm sua porosidade e permeabilidade reduzidas, ficando sujeitos à erosão, mesmo em declives pouco acentuados. Na região do Triângulo Mineiro, apresentam também susceptibilidade ao fenômeno do encrostamento. A erosão inicialmente laminar acaba rompendo a camada encrostada, transformando-a em sulcos rasos. Os grânulos pequenos e pouco coesos do horizonte B são arrastados com facilidade, iniciando o processo de voçorocamento (Curi et al., 1992).

Latossolo Vermelho-Escuro

Solos de características bastante semelhantes às do solo anterior, diferindo nos teores mais baixos de Fe₂O₃ (8 a 18%) e na cor. A textura destes solos varia de média a muito argilosa. Não tem atração magnética, o que o difere da classe anterior (Oliveira et al., 1992). De acordo com estes autores, o horizonte B possui uma estrutura muito similar à do LR, ou seja: muito pequena e granular forte. Contudo, é comum a ocorrência de estrutura em blocos subgranulares, fraca ou mesmo moderada.

Estes solos, quando apresentam altos teores de arcia fina, têm tendência ao encrostamento, além da compactação subsuperficial.

A grande variação textural no horizonte B confere a estes solos uma disparidade quanto à infiltração de água e coesão entre as partículas. Os mais arenosos apresentam menor resistência à erosão.

Latossolo Vermelho-Amarelo

O Latossolo Vermelho-Amarelo abrange solos minerais não-hidromórficos com horizonte Bw, teor de Fe₂O₃ igual ou inferior a 11% e geralmente maior que 7%. As cores deste horizonte são de um matiz menos vermelho. Sua boa coerência e relativa permeabilidade são dados por teores altos de caulinita, associados a teores médios de Fe. É o caso da Zona da Mata, onde esta característica aliada a uma boa cobertura vegetal dão boa resistência ao sistema. O contrário ocorre em regiões do Sul de Minas (Lavras), onde este solo originário do gnaiss granítico leucocrático, com baixo teor de ferro, vegetação pouco exuberante (Cerrado) e baixa infiltrabilidade d'água

(alto teor de caulinita e baixo teor de ferro) tornam estes solos propensos ao voçorocamento. Na região do Médio Rio Doce, estes solos, devido ao uso do fogo, encontram-se em adiantado estado de erosão (Resende, 1985).

Solos com B Textural

Os solos com B Textural apresentam uma grande diferença no teor de argila entre os horizontes A (+ arenoso) e B (+ argiloso). Isso quase sempre indica mudança de permeabilidade em profundidade. Em Minas Gerais, há predomínio de ocorrência do Podzólico Vermelho-Amarelo (Resende et al., 1985).

Estes são solos minerais não-hidromórficos, com seqüência de horizontes A-E-Bt-C ou A-Bt-C, sendo Bt não plúntico, argila de atividade alta ou baixa com predominância para esta última. São normalmente bem-drenados e devido ao gradiente textural elevado, apresentam diferenças de permeabilidade entre os horizontes A e B ou E e B (Oliveira et al., 1992).

Segundo os autores anteriores, os Podzólicos Vermelho-Amarelo apresentam as mais variadas profundidades e texturas. Nos de textura média, é raro ocorrer estrutura forte do tipo prismática ou em blocos. Entretanto, esta é comum nos de textura argilosa ou muito argilosa.

Estes Podzólicos podem ser eutróficos ou distróficos. Os eutróficos aparecem em grandes áreas no vale do Rio Doce, onde o uso inadequado do fogo nas pastagens de capim-colonião e a proteção deficiente do solo oferecido pelo insuficiente perfilhamento desta planta levou a elevados estádios de erosão, inclusive com voçorocamento, além da alta taxa de erosão laminar, devido à baixa permeabilidade do horizonte B. Mais recentemente, o uso destes solos para o reflorestamento tem também causado problemas de erosão em consequência do uso da gradagem pesada morro abaixo, do plantio, dos tratamentos culturais e retirada de madeira no sentido do declive (Resende, 1985).

Os Podzólicos distróficos, originados de rochas graníticas e gnáissicas leucocráticas, ocorrem na região de Belo Horizonte a Bom Despacho. Com coloração mais amarelada, freqüentemente têm horizonte C profundo com muita propensão ao voçorocamento (Resende, 1985).

Cambissolos

Os Cambissolos compreendem solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte B incipiente. São solos rasos ou media-

namente profundos com seqüência de horizontes A-Bi-C. Apresentam um certo grau de evolução, mas não o suficiente para meteorizar completamente os minerais primários de mais fácil intemperização. Muitos destes solos assemelham-se aos Latossolos, podendo ser diferenciados destes pelo menor desenvolvimento pedogenético refletido pela presença de mais de 5% de minerais menos resistentes ao intemperismo; atividade mais alta da fração argila e teores mais elevados de silte (Oliveira et al., 1992).

Os Cambissolos ocorrem principalmente nas áreas mais acidentadas associados geograficamente com os Latossolos (Resende et al., 1985). Por este aspecto, tendem a se erodir com facilidade, podendo haver o aparecimento de voçorocas, devido à facilidade de exposição do horizonte C.

Os elevados teores de silte em relação à argila fazem com que estes solos tenham tendência ao encrostamento, baixando a sua permeabilidade e aumentando a sua susceptibilidade à erosão (Resende, 1985).

Na região do Alto São Francisco, a alta erodibilidade destes solos, aliada ao manejo inadequado dos Latossolos tornam esta região uma das mais críticas do Estado, pondo em risco obras de vulto como a represa de Três Marias, que tem a sua capacidade efetiva cada vez menor, o que ao longo dos anos pode acarretar sérios problemas (Curi et al., 1992).

Solos Litólicos

Os solos Litólicos são solos minerais não-hidromórficos, rudimentares, pouco evoluídos, rasos (<50cm) com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha, ou sobre C pouco espesso. São bastante heterogêneos, quanto às suas características químicas, físicas e mineralógicas, sendo que sua característica comum é a profundidade menor que 50cm (Oliveira et al., 1992).

Sua ocorrência em Minas Gerais está ligada a serras e afloramentos rochosos, sendo abundantes particularmente na Zona Metalúrgica. Além da erosão normal dos solos Litólicos, há, nesta área, as escavações, que vêm acumulando volumosas quantidades de detritos que, sem os cuidados conservacionistas, desestabilizam a paisagem assoreando rios e córregos (Curi et al., 1992).

Areias Quartzosas

Esta classe de solos compreende solos minerais, casualmente orgânicos na su-

perfície, hidromórficas ou não, geralmente profundos essencialmente quartzosas, com texturas areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2m de profundidade (Oliveira et al., 1992).

Ainda segundo os autores anteriores, estes solos apresentam um perfil bastante simples, limitando-se à diferenciação de um horizonte A e por vezes um B rudimentar. Texturalmente estes solos apresentam teor máximo de argila de 15%, quando silte for zero e 30% de silte, quando argila for zero.

As Areias Quartzosas ocorrem ao norte do Estado, principalmente nas regiões de Paracatu e Alto Médio São Francisco (Resende et al., 1985), onde se constata a presença de sulcos e voçorocas localizadas. Estes solos, apesar da boa permeabilidade que apresentam, não têm coesão entre as partículas, o que os torna de grande susceptibilidade à erosão. Tem havido uma intensificação do processo erosivo nas áreas de ocorrência destes solos, pois empresas reflorestadoras têm ocupado esta área. Na retirada do Cerrado e preparo da área, há uma perda muito grande de solo (Curi et al., 1992).

Solos Aluviais

Os solos Aluviais são solos minerais rudimentares, pouco evoluídos, não-hidromórficos, formados em depósitos aluviais recentes. No seu perfil aparece apenas o A, seguido de camadas estratificadas (Oliveira et al., 1992).

São considerados solos de alto potencial agrícola, tendo em vista a posição que ocupam na paisagem. Em geral, são solos de baixa erodibilidade, entretanto podem apresentar alguma declividade, criando-se condições para a erosão. Outro ponto de erosão passível de ocorrer nestes solos é o desbarrancamento que o rio pode promover (Resende, 1985).

Solos Hidromórficos

Esta classe de solos apresenta uma camada escura de matéria orgânica sobre uma camada acinzentada. Ocupa, geralmente, as partes mais baixas de paisagem e, como tal, não está muito sujeita à erosão. Há, no entanto, a presença de solos hidromórficos de surgente, que apresentam inclusive, declives acentuados e podem estar sujeitos a processos erosivos internos (Resende, 1985). Segundo este autor, os solos hidromórficos gleizados, de coloração cinza, possuem baixa permeabilidade e podem sofrer um grande processo erosivo

laminar ou até em sulcos, quando em locais mais declivosos.

CONCLUSÃO

A conservação do solo no estado de Minas Gerais encontra-se hoje em total descaso tanto por parte do setor agrícola, quanto por parte da sociedade. A grande maioria das terras está sob acelerado processo erosivo, necessitando de providências urgentes para a resolução do problema. Todavia, com a descapitalização do setor agrícola, a falta de assistência técnica aos produtores e as dificuldades na obtenção de crédito, as medidas de saneamento tornam-se impossíveis de ser realizadas.

Isso posto, faz-se necessária a colaboração de toda a sociedade, no que se refere a apoio técnico, político e financeiro. É necessário que a conservação do solo seja encarada, não só como responsabilidade do setor agrícola, mas como dever da sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J.R. de. Erosão dos solos e suas conseqüências. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.7, n.80, p. 17-26, ago. 1981.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. *Soil physics*. 4.ed. New York: Wiley & Sons, 1972. 498p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Campinas: Icone, 1990. 355p.
- CURI, N.; CARMO, D.N. do; BAHIA, V.G.; FERREIRA, M.M.; SANTANA, D.P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.16, n.176, p. 5-16, 1992.
- FERREIRA, L. *Avaliação indireta da erodibilidade em solos com altos teores de ferro e aspectos relacionados a mineralogia e micromorfologia*. Lavras: ESAL, 1992. 82p. Tese Mestrado.
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. *Classes gerais de solos do Brasil: guia prático para seu reconhecimento*. Jaboticabal: FUNEPE, 1992. 201p.
- RESENDE, M.N. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p. 3-18, ago. 1985.
- RESENDE, M.N.; SANTANA, D.P.; CURI, N. *Aplicações de conhecimentos pedológicos à fertilidade do solo*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 25p. Mimeografado.

Material de Origem x Erodibilidade dos Solos

Marilusa Pinto Coelho Lacerda¹
Victor Gonçalves Bahia²

INTRODUÇÃO

A geologia, através do estudo do material de origem dos solos, reveste-se de grande importância no que diz respeito à gênese e classificação dos solos, pois é sobre as rochas que os fatores de formação exercem sua influência no processo de evolução dos solos (Rotta, 1972).

A porção externa e superficial da crosta terrestre é formada por vários tipos de corpos rochosos, que constituem o manto rochoso, e encontram-se sujeitos aos agentes de intemperização (Popp, 1988), proporcionando a decomposição das rochas e gênese dos solos. A influência do material de origem nos solos formados é extremamente importante, porque ele oferece condições de se predizerem características e propriedades dos solos considerando os fatores de formação que atuam intimamente no processo pedogenético.

A erodibilidade dos solos refere-se a sua habilidade potencial em resistir à erosão, e encontra-se governada pelas características intrínsecas do solo, ou seja, mineralogia, características químicas e físicas. Assim sendo, o reconhecimento da influência do material de origem sobre estas características auxilia o entendimento da susceptibilidade dos solos à erosão.

MATERIAL ORIGINÁRIO DO SOLO

O material originário do solo pode, em geral, ser agrupado em classes principais, segundo Marques (1971):

- material formado "in situ" pela desintegração e decomposição das rochas;
- material formado "in situ" pela desintegração e decomposição de rochas desagregadas ou não-consolidadas;
- material transportado e redepositado antes ou durante processos de

- formação do solo (depósitos glaciais, depósitos aluviais, depósitos coluviais, depósitos eólicos);
- depósitos orgânicos.

Material residual formado pelo intemperismo de rochas

Distinguem-se três categorias genéticas de rochas:

- rochas ígneas ou magmáticas;
- rochas metamórficas;
- rochas sedimentares.

Rochas ígneas ou magmáticas

Estas rochas correspondem às que são formadas pelo resfriamento e consolidação do magma (composição de uma fusão silicatada), no interior da crosta terrestre (rochas plutônicas ou intrusivas) ou no seu exterior (rochas vulcânicas ou extrusivas). De uma maneira genérica, as rochas ígneas podem ser classificadas de acordo com o conteúdo em sílica (SiO_2), que se correlaciona também com a composição do magma parental em:

- rochas ígneas ácidas – teor de $\text{SiO}_2 > 66\%$;
- rochas ígneas intermediárias – 52 a 66% de SiO_2 ;
- rochas ígneas básicas – 45 a 52% de SiO_2 ;
- rochas ígneas ultrabásicas – teor de $\text{SiO}_2 < 45\%$.

Assim, o granito e o riolito são considerados exemplos típicos de rochas ígneas ácidas; o diorito, sienito e monzonito são rochas intermediárias; o gabro e o basalto representam os tipos petrográficos ígneos básicos, enquanto o peridotito representa uma rocha ultrabásica típica. Esta classificação correlaciona-se com a composição mineralógica essencial dos tipos petrográficos individualizados, que são reflexo do conteúdo em sílica da fusão magmática,

conforme demonstrado no Quadro 1, em que a cristalização mineralógica segue o diagrama de cristalização de Bowen (1928) (Fig. 1).

As rochas ígneas são, então, constituídas por minerais cuja variedade e proporção são de grande importância por serem determinados pela composição e história da matriz magmática. A proporção de minerais claros ou félsicos e minerais escuros ou máficos é um meio simples de classificação das rochas ígneas. As rochas básicas e ultrabásicas, devido ao maior conteúdo em minerais ferromagnesianos, são mais escuras (máficas) que as intermediárias e ácidas. Os principais minerais félsicos são quartzo, feldspato, feldspatóide e moscovita; e os principais máficos são piroxênio, anfibólio e olivina. Na classificação de Shand (1947), citado por Williams et al. (1982), de acordo com o teor de minerais máficos, as rochas ígneas são subdivididas em:

- rochas ígneas leucocráticas – menos de 30% de minerais máficos;
- rochas ígneas mesocráticas – com 30 a 60% de minerais máficos;
- rochas ígneas melanocráticas – 60 a 90% de minerais máficos.

Rochas metamórficas

São formadas pelo processo metamórfico, que caracteriza-se por modificações mineralógicas (recristalização mineralógica orientada) e texturais nas rochas originais (ígneas, metamórficas ou sedimentares) por variações nas condições físico-químicas (especialmente temperatura e pressão) do ambiente geológico.

O metamorfismo regional desenvolve-se em regiões da crosta terrestre com vigência de pressões orientadas (cisalhantes) e temperaturas elevadas. O metamorfismo de contato desenvolve-se ao redor de corpos intrusivos ígneos, onde temperatura e solu-

¹Geóloga – Mestranda/Solos e Nutrição de Plantas/Deptº Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200.000 Lavras, MG.

²Engº Agrº, D.Sc. – Prof. Tit./Deptº Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200.000 Lavras, MG.

Quadro 1 - Associação Genérica de Rochas Ígneas

Gênese	Conteúdo em SiO ₂	Cristalização Plutônica	Diferenciação Vulcânica	Composição Mineralógica Essencial
Magmas Graníticos	Ácida	Granitos	Riolitos	FK, FNa-Ca, Q
		Granodioritos	Dacitos	FCa-Na, FK, Q, M, B
		Tonalito	Q-Dacito	FCa-Na, Q, M, B, A
	Intermediária	Monzonito	Latito	FK, FNa-Ca, M
		Diorito	Andesito	FCa-Na, B, A, P
		Sienito	Traquito	FK, Fd(Q)
Magmas Toleiíticos	Básica	Gabros	Basalto	FCa-Na, B, A(P), [Fe, Ti]
		Hornblenditos	A-Basalto	A, [Fe, Ti]
		Piroxenitos	P-Basalto	P(A), [Fe, Ti]
		Peridotitos	P, OL-Basalto	P(A), OL, [Fe, Ti]
	Ultrabásica	Dunitos	OL-Basalto	OL, [Fe, Ti]

FONTE: Dados básicos: Williams et al. (1992).

NOTA: FK – Feldspato potássico; FCa-Na e FNa-Ca – plagioclássio cálcio-sódicos e sódico-cálcicos; Q – Quartzo; M – Mica branca (moscovita); B – Biotita; A – Anfibólio; P – Piroxênio; OL – Olivina; Fd – Feldspatóide; [Fe, Ti] – Óxidos de ferro e titânio.



Figura 1 - Diagrama de cristalização

FONTE: Bowen (1928).

Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.19, n.191, p.10-18, 1998

ções gasosas são os principais agentes metamórficos (Popp, 1988). O Quadro 2 apresenta as espécies metamórficas comuns.

Nas rochas metamórficas, devido às condições de recristalização mineralógica orientada, ocorre formação de texturas típicas, tais como, xistosidade e textura gnáissica. O termo gnaisse refere-se a rochas metamórficas com textura gnáissica, ou seja, segregação de bandas milimétricas a decimétricas ou mais de minerais máficos em textura xistosa (lepidoblástica e nematoblástica) e bandas de minerais quartzo-feldspáticos (minerais félsicos) em textura granoblástica. No entanto, o termo gnaisse, quando utilizado isoladamente, refere-se a rochas gnáissicas de composição granítica.

Rochas sedimentares

Ao longo do ciclo de transformações das rochas, o conjunto de fenômenos que ocorrem sob a influência dos agentes externos constitui o ciclo exógeno de transformações, através do qual se formam as rochas sedimentares. A gênese sedimentar caracteriza-se pela desagregação, transporte, deposição e consolidação (diagênese)

a partir de rochas preexistentes (rochas ígneas, metamórficas e sedimentares) (Popp, 1988), conforme esquematizado na Figura 2.

A classificação dos principais tipos de sedimentos clásticos ou detríticos e as rochas sedimentares correspondentes encontram-se do Quadro 3.

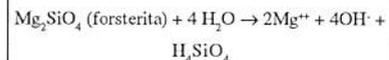
DECOMPOSIÇÃO DAS ROCHAS – INTEMPERIZAÇÃO

A intemperização das rochas envolve processos físicos (mecânicos) de desa-

gregação, tais como, variação de temperatura, congelamento da água, esfoliação, decomposição esferoidal, destruição orgânica, bem como transformações químicas que determinam alterações mineralógicas e químicas, cujo processo global não envolve nada mais além de ionização, adição de água e CO₂, hidrólise e oxidação. As dificuldades surgem da complexa composição dos minerais e não das reações em si. A seguir, serão dadas de forma sintética as principais reações químicas agrupadas em alguns processos

(Moniz, 1972, Krauskopf, 1972):

- a) hidrólise: consequência da dissociação parcial da água em íons H⁺ e OH⁻, a hidrólise processa-se principalmente nos silicatos complexos de Ca, Mg, K, Na, Al e Fe. Exemplo:



Os silicatos de alumínio envolvem a complicação de que o produto de sua climatização é quase sempre um

QUADRO 2 - Correlação entre Rochas Originais e Rochas Metamórficas Correspondentes

Rocha Original		Rocha Metamórfica Correspondente Grau Metamórfico Crescente
Gênese	Classificação	
Sedimentar	Argilito/Siltito	Ardósia → Filito → Mica-xisto → Gnaiss Granulito Quartzito Mármore
	Arenito	
	Calcário	
Magmática	Granito (riolito)	Mica-xisto → Gnaiss → Migmatito → Granulito ácido Anfibólio-xisto → Anfíbolito → Granulito básico Talco (serpentina)-xisto → Granulito ultrabásico
	Gabro (basalto)	
	Piroxenitos, dunitos	

FONTE: Dados básicos: Williams et al. (1982) e Popp (1988).

NOTA: O grau metamórfico cresce da esquerda para a direita na coluna de rochas metamórficas correspondentes, em função da variação da temperatura e pressão relacionados com o metamorfismo regional, ou seja: Fácies metamórfica xisto-verde (200-300°C) → Fácies anfíbolito (300-600°C) → Fácies Granulito (>500°C).

QUADRO 3 - Classificação dos Principais Tipos de Sedimentos Clásticos e Rochas Sedimentares Correspondentes, Segundo o Tamanho dos Grãos

Grupos Principais	Granulometria Atterberg (mm)	Nomes dos Sedimentos ou Rochas Sedimentares		Constituição
		Sedimentos não-consolidados	Rochas Sedimentares Consolidadas	
Sedimentos de Granulometria Grossa ou PSEFITOS	>200	Matações	Conglomerados e Brechas	Fr, C
	200 a 20	Cascalho grosso		
	20 a 2	Cascalho fino		
Sedimentos de Granulometria Média ou PSAMITOS	2 a 0,2	Areia grossa	Arenitos grosseiros	Q
	0,2 a 0,02	Areia fina	Arenitos finos	Q
Sedimentos de Granulometria Fina ou PELITOS	0,02 a 0,002	Silte	Siltitos	AM
	<0,002	Argila	Argilitos	AM

FONTE: Dados básicos: Popp (1988).

NOTA: Fr – Fragmentos de rocha; C – Matriz cimentante; Q – Quartzo; AM – Argilo-minerais.

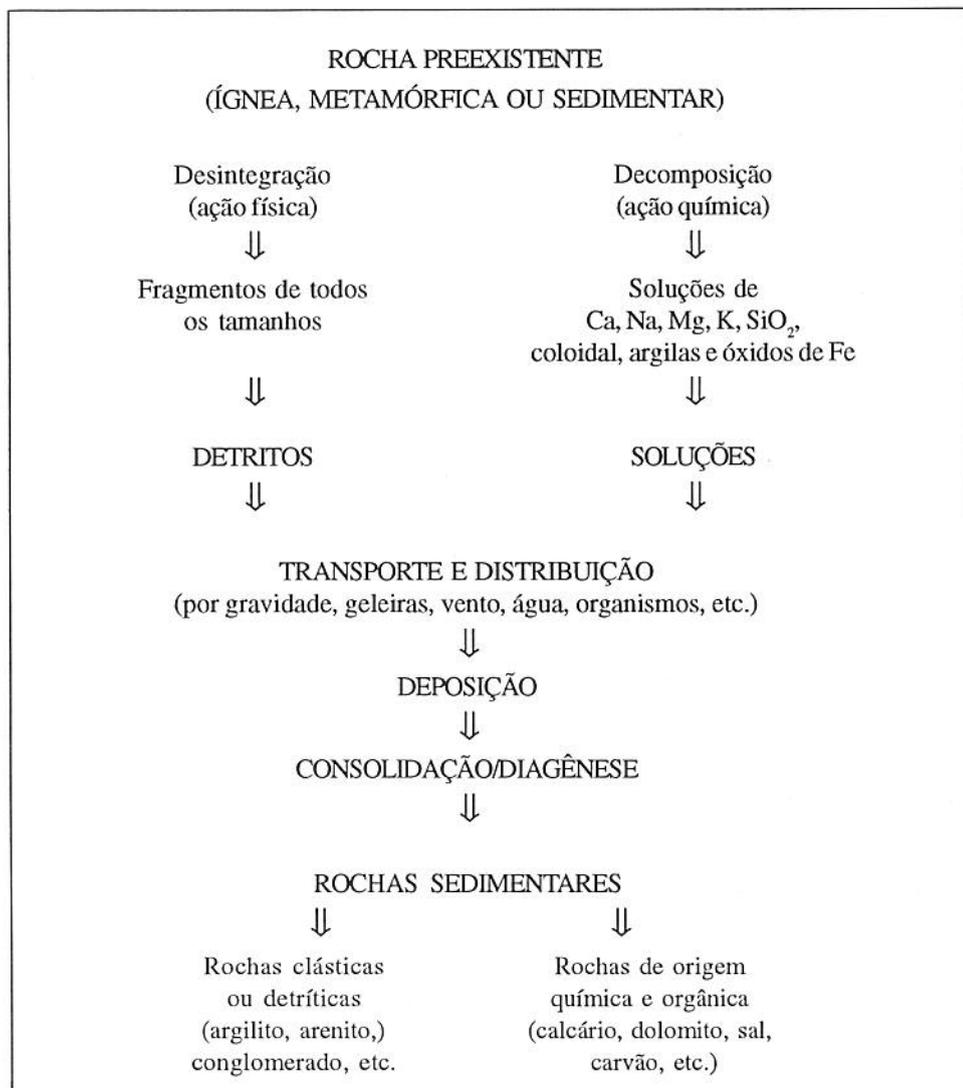


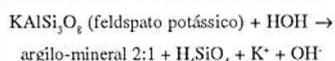
Figura 2 – Formação das rochas sedimentares

FONTE: Dados básicos: Popp (1988).

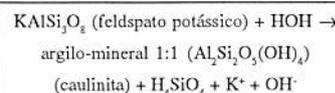
NOTA: A classificação dos principais tipos de sedimentos clásticos ou detríticos e as rochas sedimentares correspondentes são apresentados no Quadro 3.

argilo-mineral, o qual se pode representar esquematicamente a reação, utilizando feldspato potássico como exemplo de climatização de silicatos de alumínio. Em função da intensidade, a hidrólise pode ser considerada em três níveis designados de modelos de processos de formação de argilo-minerais:

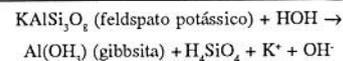
- dessilicatização limitada: Bissialitização - a quantidade de sílica no sistema permite a formação de argilo-minerais 2:1, nos quais parte dos cátions alcalinos ocupa entre-camadas:



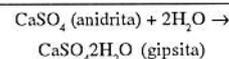
- dessilicatização moderada: Monossialitização - condições que propiciam a formação de argilo-minerais 1:1 (caulinita):



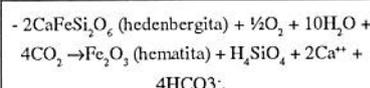
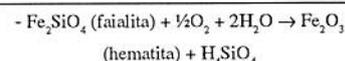
- dessilicatização completa: Alitização - apenas o Al permanece no sistema, com a formação de gibbsita:



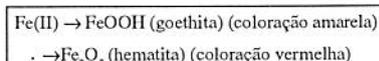
b) hidratação: este processo envolve a associação da molécula de água proveniente da sua dissociação:



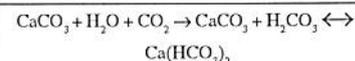
c) oxidação: as reações do processo de oxidação são importantes, principalmente na decomposição de minerais ferromagnesianos (olivinas, piroxênios, anfíbios, biotita, etc.):



Dentre os produtos de oxidação, os óxidos de ferro são os mais notáveis pelas suas colorações brilhantes. O ferro ao oxidar pode apresentar-se nos solos na forma oxidada hidratada e oxidada desidratada, em função das condições de drenagem e conteúdo de ferro na rocha original, conferindo aos solos colorações distintas:



d) carbonatação: este processo refere-se à dissolução de minerais carbonatados em função do ácido carbônico, resultante da acidificação da água pelo CO₂. Atua também na decomposição de feldspatos:



Mudanças na composição das rochas

Uma abordagem ao tema intemperização é considerar, a partir da rocha recém-formada, as suas mudanças de composição durante os vários estádios de decomposição. Uma exemplificação de tais mudanças é dada no Quadro 4.

Decomposição de minerais

Os minerais, quando expostos à superfície da terra, apresentam uma resistência variável à decomposição.

Goldich (1938), citado por Moniz (1972), estabeleceu a série de estabilidade de minerais em face da meteorização (Fig. 3), mostrando que ela é semelhante à ordem de cristalização da série de Bowen (1928), na qual os primeiros minerais a se formarem pela consolidação do magma são os menos estáveis, devido à grande diferença entre as condições físico-químicas do meio em que se cristalizaram e as do meio ambiente.

Reações de alteração dos minerais

As reações genéricas de alteração dos minerais mais comuns nas rochas seguem, então, a série de estabilidade dos minerais (Moniz, 1972 e Krauskopf, 1972).

Exemplos:

- olivina → serpentina
- piroxênio → anfibólio → biotita
- biotita → vermiculita
- mica máfica → illita → vermiculita →

montmorilonita

- feldspato → mica branca → caulinita
- gibbsita

Polynov (1937), Goldich (1938) e Jackson et al. (1948), citados por Moniz (1972), apresentaram seus estudos sobre a seqüência de meteorização de minerais de diâmetro inferior a 0,002mm, de grande importância para esclarecer o que ocorre na rocha durante a sua decomposição e as transformações que ocorrem no próprio solo. O Quadro 5 apresenta a relação do principal mineral de cada estágio da seqüência de meteorização e o número de estágio correspondente.

GÊNESE DOS SOLOS

O produto final do intemperismo de rochas e sedimentos é o solo, um indivíduo multifásico, multicomponente, multivariável e tridimensional e que se situa na

interface atmosfera-litofera. Clima e organismos atuam sobre o material de origem (rochas) e transformam esse substrato inicial em solo, com o decorrer do tempo:

Solo = f (clima, organismos, material de origem e tempo)

Os fatores ativos (clima e organismos) atuam de cima para baixo, isto é, os solos são mais intemperizados (velhos) na superfície do que em camadas mais profundas. Há também a formação de camadas mais ou menos paralelas à superfície; são os horizontes e/ou camadas propriamente ditas. Os processos de pedogênese estão ligados ao tempo, que, por sua vez, é controlado pelos processos de erosão. Na formação dos solos, ocorrem reações físicas, químicas e biológicas que determinam os diferentes horizontes com suas características peculiares. Há uma tendência de se generalizar o desenvolvimento do solo em termos de quatro processos: transformação,

Quadro 4 - Análises de Quartzo-feldspato-biotita-gnaiss e do Material Intemperizado dele Derivado

Óxidos	Composição Química Percentual em Peso			
	I	II	III	IV
SiO ₂	71,54	68,09	70,30	55,07
Al ₂ O ₃	14,62	17,31	18,34	26,14
Fe ₂ O ₃	0,69	3,86	1,55	3,72
FeO	1,64	0,36	0,22	2,53
MgO	0,77	0,46	0,21	0,33
CaO	2,08	0,06	0,10	0,16
Na ₂ O	3,84	0,12	0,09	0,05
K ₂ O	3,92	3,48	2,47	0,14
H ₂ O	0,32	5,61	5,88	10,39
Outros	0,65	0,56	0,54	0,58
TOTAL	100,07	99,91	99,70	100,11

Composição Mineral Aproximada, em Porcentagens de Volume				
Quartzo	30,0	40,0	43,0	25,0
K-feldspato	19,0	18,0	13,0	1,0
Plagioclássio	40,0	1,0	1,0	1,0
Biotita + Clorita	7,0	Traços	Traços	0,2
Magnetita, Ilmenita, Óxidos secundários	1,5	5,0	2,0	6,0
Caulinita	0,0	36,0	40,0	66,0

FONTE: Goldich (1938), citado por Krauskopf (1972).

NOTA: A coluna I dá a análise de rocha recém-formada e as colunas II, III e IV dão as análises do material intemperizado. Em geral, o grau de intemperização aumenta da coluna II para IV.

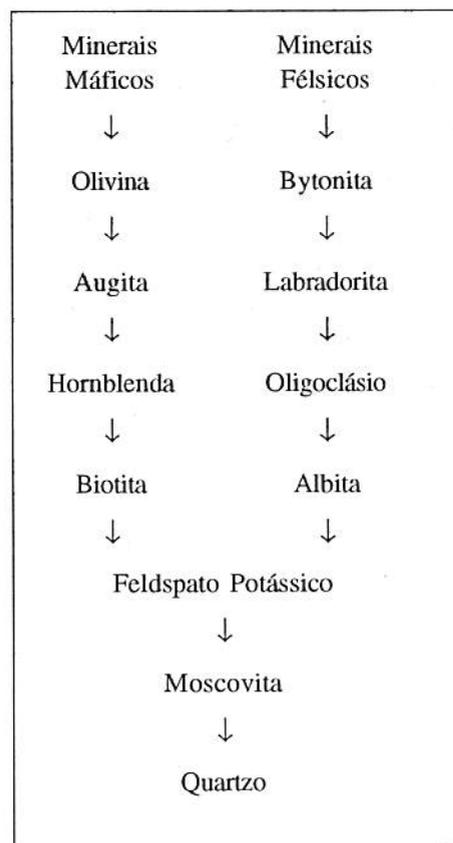


Figura 3 - Série de estabilidade dos minerais

FONTE: Goldich (1938), citado por Moniz (1972).

NOTA: A estabilidade cresce de cima para baixo.

QUADRO 5- Seqüência de Meteorização de Minerais com Diâmetro Inferior a 0,002mm

Estádio de Meteorização	Composição Mineralógica
1	Gipsita
2	Calcita
3	Olivina e Hornblenda
4	Biotita
5	Albita
6	Quartzo
7	Moscovita
8	Vermiculita
9	Montmorilonita
10	Caulinita
11	Gibbsita
12	Hematita
13	Anatásio e Rutilo

FONTE: Jackson et al. (1948), citados por Moniz (1972).

NOTA: Os minerais de fração argila mais frequentes nos solos tropicais aparecem nos últimos quatro estádios.

remoção, translocação e adição (Resende et al., 1995).

As classes de processos de formação de solos são: podzolização, latolização, classificação, hidromorfismo e halomorfismo. Pode-se generalizar dominância de alguns processos associados com certa condição de clima e organismos (bioclimática), ou com uma condição local de topografia e excesso de água ou sais, de acordo com o Figura 4.

Seqüência cronológica

A seqüência básica de solos é a seqüência de idade (cronosseqüência), no que se refere ao grau de intemperização (Resende et al., 1995):

Litossolos(a) → Cambissolos(b) → Solos com Bt(c) → Latossolos(d)

a ← Erosão — d

a — Pedogênese → d

Os solos são mais novos (menos intemperizados) em (a), com maior taxa erosão/pedogênese e mais velhos (mais intemperizados) em (d).

Whiteside (1953), citado por Resende et al. (1995), distingue três parâmetros relativos à rocha de origem que interessam à intemperização:

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

As rochas ricas em minerais máficos (ferromagnesianos – olivina, piroxênios, anfibólios e biotita) são mais facilmente intemperizáveis do que as rochas ricas em minerais félsicos (feldspatos, moscovita e quartzo) de acordo com a série de estabilidade de Goldich (1938), citado por Moniz (1972). Deve-se, no entanto, levar em consideração a estrutura das rochas, assim como as condições bioclimáticas e topográficas, tal como exemplificado no Quadro 6.

Quando se consideram as propriedades de um solo novo para um solo velho, há as seguintes tendências (Resende et al. (1995); de acordo com as seqüências:

Solo novo → solo velho

Litossolo → Cambissolo → Solos com Bt → Solos com Bw

Mica -> argilo-mineral 2:1 -> argilo-mineral 1:1 (caulinita) -> gibbsita

Aumento em: intemperização; profundidade; porosidade; resistência à erosão laminar; fixação de P (óxidos de ferro e alumínio) e lixiviação.

Diminuição em: fertilidade; atividade da

fração argila (CTC); minerais primários facilmente intemperizáveis; teor de silte (silte/argila); resistência à erosão em sulcos e Ki ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$).

Material de origem x solo

Seqüência litológica em pedologia

Segundo Resende et al. (1995), a seqüência litológica assume grande importância em pedologia, ao imprimir características marcantes nos solos que originam. Assim, para fins pedológicos, podem-se agrupar as rochas de acordo com o Quadro 7. A associação dos dados apresentados neste quadro, com os conhecimentos gerais de pedologia, indica alguns fenômenos interessantes:

- os elementos químicos existentes nas rochas podem ser removidos com facilidade, como Ca, Mg e K, ou podem ser até concentrados residualmente como Fe, P e elementos-traços. Assim, os solos originados de rochas máficas (básicas) tendem a ser mais ricos em Fe, P, Co, Cu e Zn; por outro lado, tendem a ser mais pobres em B e Mo;
- os teores de B tendem a ser maiores nos solos de rochas pelíticas. O B é mais concentrado nos sedimentos de origem marinha;
- os solos originados de rochas psamíticas e graníticas tendem a ser os mais arenosos. Estas são as rochas mais ricas em quartzo;
- a associação entre classe de solo e rocha de origem pode servir de elemento valioso para se predizer no

Condição Bioclimática				Condição Local	
				Excesso de água	Excesso de água e sais
Frio e seco	Pradaria	Floresta	Frio e úmido	Hidromorfismo	Halomorfismo
	Calcificação	Podzolização			
		Latolização			
Quente e seco			Quente e úmido		

Figura 4 - Condições bioclimáticas, locais e classes de processos de formação do solo (tendências)

FONTE: Resende et al. (1995).

QUADRO 6 - Influência da Estrutura da Rocha de Origem na Idade Relativa dos Solos

Material de Origem	Relevo Acidentado	Terço Superior de Encosta	Terço Inferior de Encosta	Relevo Plano
Tufito (RMM)	Cambissolo	Terra Roxa Estruturada	Latossolo I	Latossolo II
Basalto (RIM)	Litossolo	Cambissolo	Terra Roxa Estruturada	Latossolo
Gnaiss (RMI)	Cambissolo	Podzólico	Latossolo I	Latossolo II

FONTE: Dados básicos: Resende et al. (1995).

NOTA: RMM – Rocha metamórfica máfica; RIM – Rocha ígnea máfica; RMI – Rocha metamórfica intermediária.

QUADRO 7 - Rochas Agrupadas para Fins Pedológicos Gerais, assim como uma Idéia de sua Composição Química

Rochas Minerais	Fe %	P %	K %	Ca %	Mg %	Co Mg/kg	Cu Mg/kg	Zn Mg/kg	B Mg/kg
Granítica Fp, Qz, Bt	2,2	0,08	3,36	1,5	0,6	4	20	50	9
Máfica Ca-Fp, Py, Mt	8,7	0,11	0,83	7,6	5,6	48	87	105	5
Pelítica Ms, Fp, Qz	4,7	0,07	2,66	2,2	1,5	19	45	95	100
Psamítica Qz + Cimento	1,0	0,02	1,07	1,1	0,7	0,3		16	35
Ferruginosa Hm, Mt	49,0	0,05			0,01	299	24	24	
Calcária Cc, Dm, Ms, Fp, Qz	0,4	0,04	0,27	30,2	4,7	0,1	4	20	20
Gnáissica Fp, Qz, Mi, Hb	2,7	0,09	2,45	2,3	1,2				

FONTE: Dados básicos: Resende et al. (1995).

NOTA: Fp – Feldspato (K); Qz – Quartzo; Bt – Biotita; Ca-Fp – Feldspato calcio-sódico; Py – Piroxênio; Mt – Magnetita; Ms – Moscovita; Hm – Hematita; Cc – Calcita; Dm – Dolomita; Mi – Micas, incluindo biotita e moscovita; Hb – Hornblenda.

O agente cimentante das rochas psamíticas pode ser calcário, óxidos de Fe ou argila.

campo, ainda que de uma forma apenas geral, os teores (ou níveis gerais) dos elementos que tendem a se concentrar residualmente. Isto, na prática, tem sido verificado, por exemplo, com o Latossolo Roxo, originado de rochas básicas, facilmente identificável no campo, por ser seu material atraído por um magneto.

Diante do exposto nos itens anteriores, o reconhecimento do material de origem indica características e propriedades do solo formado, considerando os fatores de sua formação, assim como o grau de intemperização em que se encontram. De uma maneira genérica, podem-se estimar algumas destas características e propriedades dos solos formados, a partir do tipo de substrato rochoso pelo qual ele se desenvolveu, conforme esquematizado na Figura 5.

SOLOS E SEU MATERIAL DE ORIGEM X ERODIBILIDADE

Conforme exposto nos itens anteriores, o material de origem dos solos, juntamente com seus fatores de formação, governarão as características e propriedades dos solos formados, especialmente cor, textura, estrutura, porosidade e permeabilidade. A textura e estrutura são fatores que influem na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

A erodibilidade do solo refere-se a sua habilidade potencial em resistir à erosão, governada pelas características intrínsecas do solo, ou seja: mineralogia, química e física (Silva et al., 1994). As características físicas, principalmente aquelas que afetam a capacidade de infiltração e permeabilidade, influem na capacidade de resistir ao desprendimento e transporte pela chuva e

enxurrada (Lombardi Neto et al., citados por Giarola, 1994). Resende (1985), citado por Giarola (1994), mostra que a erodibilidade do solo tende a aumentar, quando os teores de areia fina e silte são elevados, e a diminuir, com a elevação dos teores de argila e matéria orgânica. A influência mineralógica é demonstrada nos solos desenvolvidos, onde os teores de óxidos de ferro (hematita e goethita) e teores de óxidos de alumínio (gibbsita), influem na estrutura e, conseqüentemente, na permeabilidade dos solos. Quando estes teores são baixos, a estrutura é tipicamente em blocos. Neste caso, a permeabilidade é menor e a erosão laminar é acentuada; em contrapartida, quando os teores de óxidos de Fe e Al são elevados, os solos apresentam estrutura granular e maior permeabilidade. Neste caso, a erosão em sulcos pode progredir rapidamente, principalmente nos solos mais ricos em gibbsita (Ferreira,

Pelítica	Psamítica	Básica	Granítica
Cor do horizonte B			
Amarelo-novo Vermelho-velho	Depende do clima Drenagem e cimento	Vermelho	Amarelo
Textura			
Argilosa a muito argilosa	Arenosa	Argilosa a muito argilosa	Argilosa a arenosa
Nutrientes			
Pobres, álicos	Depende do cimento	Ricos	Pobres
Seqüências de Solos			
Ra-Ca-LEa	PVa, d, e-LEd, a, e- LVd, a, e	Re, d, a-Ce- d, a- TRe, a, d - LRd, a, e	PVa, e, d-LVa, d, e
Rochas/Sedimentos Relacionados			
Argila (silte) Argilito Ardósia Mica-xisto	Areia Arenito Quartzito	Gabro (basalto) Anfibolito	Granito (riolito) Gnaiss

Figura 5 -Relações gerais entre rocha matriz e alguns atributos dos solos

FONTE: Dados básicos: Resende et al. (1995).

NOTA: Nas rochas/sedimentos relacionados com o metamorfismo cresce de cima para baixo ao longo das colunas.

R – Solo Litólico; C – Cambissolo; PV - Podzólico Vermelho-Amarelo; LV - Latossolo Vermelho-Amarelo; LE – Latossolo Vermelho-Escuro; TR – Terra Roxo Estruturada; LR – Latossolo Roxo; a – Álico; e – Eutrófico; d – Distrófico.

1988 e Giarola, 1994).

Estudos realizados por Giarola (1994) de perdas de solos sob a influência do reservatório de Itutinga/Camargos (MG), mostram estas tendências. Os solos foram subdivididos em Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Escuro/Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Variação Una, Cambissolos e Solos Litólicos, derivados de materiais de origem distintos; ou seja, rochas granito-gnáissicas, rochas pelíticas e quartzitos. Os resultados encontrados estão sumarizados no Quadro 8.

Os índices de erodibilidade dos solos (índices K) foram calculados por métodos indiretos. Estimaram-se perdas de solo variando de 31 a 593 t/ha/ano. As maiores perdas ocorreram nos Cambissolos e Solos Litólicos, especialmente em função do relevo mais movimentado onde desenvolvem tais solos, além dos teores mais elevados de silte e areia fina, destacando-

se aqueles originados de rochas pelíticas pobres, que imprimem menor permeabilidade ao solo (Giarola, 1994).

Dentre os Latossolos Vermelho-Escuros, aqueles transicionais para Latossolo Roxo apresentaram os menores valores do índice K, devido aos maiores valores de permeabilidade nesta classe de solos. Por outro lado, a pouca coerência nestes solos facilita a erosão em sulcos. Ao se compararem os Latossolos Vermelho-Escuros originados do gnaiss-granítico com aqueles derivados de rochas pelíticas pobres, constataram-se maiores perdas no sistema gnáissico, decorrentes do maior valor obtido para o fator topográfico. Os Latossolos Vermelho-Amarelos foram os que apresentaram as maiores perdas de solo, o que se justificou pelas características de relevo mais movimentado aliado a menores teores de gibbsita e óxidos de ferro, que conferem uma estrutura do tipo blocos subangulares, ocasionando menor permeabilidade e maior coerência entre os agregados (Giarola, 1994).

Os níveis de tolerância de perdas estimados variaram de 1,7 a 13,4 t/ha/ano. Os menores valores referem-se aos Solos Litólicos e Cambissolos, enquanto os Latossolos apresentaram os maiores níveis. As menores taxas estão ligadas à menor espessura do solo, menor permeabilidade e menores níveis de matéria orgânica. Os

QUADRO 8 - Estimativas de Perdas de Solo e Tolerância de Perdas em Função dos Atributos dos Solos

Classe De Solo	Gibbsita ² (%)	Permeabilidade (mm/h)	Relevo	Índice K	Perdas (t/ha/ano)	Tolerância (t/ha/ano)
LEd.r*.g	44	190	SO	0,027	72	13,4
LE/LRd.r*.g	65	190	SO	0,014	31	11,7
LEd.r*.p	51	80	SO	0,028	39	12,8
LVd.r.g	21	42	O	0,031	116	11,9
LUd.r.g	56	57	SO	0,034	36	12,6
Ca.m.rs.p	21	28	O	0,045	239	6,7
Ca.m.pp.g	23	11	O	0,051	126	8,4
Ca.m.rs.g.p	16	11	FO	0,051	593	6,0
C.d.r.pp.g	33	71	O	0,039	145	8,8
Cd.r*.pp.p	17	44	O	0,055	252	4,8
Ra.m.c.p	4	33	FO	0,077	449	1,7

FONTE: Giarola (1994).

NOTA: LE – Latossolo Vermelho-Escuro; LR – Latossolo Roxo; V – Latossolo Vermelho-Amarelo; LU – Latossolo Variação Una; C – Cambissolos; R – Solos Litólicos; d – Distrófico; a – Álico; r – Argilosa; r* – Muito argilosa; m – Média; rs – Raso; pp – Pouco profundo; c – Cascalhenta; g – Gnaiss-granítico; p – Rochas pelíticas pobres; SO – Suave ondulado; O – Ondulado; FO – Forte ondulado; 2 – calculado na fração argila (Gibbsita).

valores de perdas de solo estimados superam consistentemente os limites de tolerância, refletindo a preocupante situação em que se encontram tais ambientes de solos da região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos (MG) (Giarola, 1994).

Segundo estudos de Silva et al. (1993) da relação entre voçorocas, usos da terra, solos e materiais de origem na região de Lavras (MG), em condições equiparáveis, os solos provenientes da alteração de micaxistos e quartzitos são mais susceptíveis ao voçorocamento do que aqueles oriundos da alteração do gnaiss-granítico. O material produzido pela alteração de micaxistos e quartzitos, origem de grande parte dos Cambissolos da região, apresenta relação silte/argila mais elevada, além do aspecto maciço e/ou laminar herdado do material original, o que o torna ainda mais susceptível à erosão, devido à menor permeabilidade.

Silva et al. (1994) realizaram estudos de comparação entre métodos diretos e indiretos na determinação da erodibilidade em Latossolo sob Cerrado, a partir de estudos em Latossolo Vermelho-Escuro (LE), derivado de gnaiss-granítico mesocrático e Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), derivado de gnaiss-granítico leucocrático, cujos dados encontram-se no Quadro 9.

Os maiores teores de gibbsita e óxidos de ferro, conforme Resende (1982, 1985) e Lima et al. (1990), citados por Silva et al. (1994), são os principais responsáveis pela estrutura granular, induzindo maior permeabilidade no Latossolo Vermelho-Escuro. O Latossolo Vermelho-Amarelo apresenta menores teores de óxidos de ferro

e maior relação caulinita/gibbsita, favorecendo a estrutura com tendência para blocos subangulares (Ferreira, 1988). A caracterização da fração areia confirmou a presença de mais minerais pesados no Latossolo Vermelho-Escuro, pressupondo menor arraste destes pela água de chuva. O teor de Fe_2O_3 apresenta valor superior no Latossolo Vermelho-Escuro em função do maior teor na rocha de origem (gnaisse granítico mesocrático). O índice de erodibilidade maior no LV é um reflexo destas características e propriedades destes solos (Silva et al. (1994).

CONCLUSÕES

As características e propriedades dos solos são um reflexo do material de origem, respeitando seus fatores de formação. A decomposição das rochas através de processos de intemperização origina os constituintes inorgânicos do solo, preservando feições peculiares de sua composição mineralógica e química, as quais influenciarão as características e propriedades dos solos formados, destacando-se cor, textura, estrutura, porosidade e permeabilidade, as quais, por sua vez, estão relacionadas com os teores de óxidos de ferro, óxidos de alumínio, natureza do argilo-mineral, nos respectivos graus de intemperização, e outras características geralmente herdadas da rocha original.

A erodibilidade do solo no que se refere a sua habilidade potencial em resistir à erosão, é governada por suas características intrínsecas. Estudos de tipos de solos diferentes derivados de rochas diversas, vêm demonstrando correlação entre

determinados atributos de solos e sua susceptibilidade à erosão, principalmente teor de gibbsita e óxidos de ferro, textura, estrutura, permeabilidade e porosidade, além da relação silte/argila.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BOWEN, N.L. *The evolution of the Igneous Rocks*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1928.
- FERREIRA, M.M. *Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas dos latossolos brasileiros*. Viçosa: UFV, 1988. 79p. Tese Doutorado.
- GIAROLA, N.F.B. *Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras da região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos (MG)*. Lavras: UFLA, 1994. 226p. Dissertação Mestrado.
- KRAUSKOPF, K.B. *Introdução à geoquímica*. São Paulo: Polígono, 1972. 2v.
- MARQUES, J.Q. de A. *Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: III aproximação*. [Rio de Janeiro]: ETA, 1971. 433p.
- MONIZ, A.C. (Coord.). *Elementos de pedologia*. São Paulo: USP/Polígono, 1972. 459p.
- POPP, J.H. *Geologia geral*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. 299p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Viçosa: Jard Produções Gráficas, 1995. 304p.
- ROTTA, C.L. *Noções gerais de geologia*. In: MONIZ, A.C. (Coord.). *Elementos de pedologia*. São Paulo: USP/Polígono, 1972. p.289-303.
- SILVA, AC.; LIMA, J.M. de; CURTI, N. *Relação entre voçorocas, usos da terra, solos e materiais de origem na região de Lavras (MG)*. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.459-464, set./dez. 1993.
- SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; OLIVEIRA, M.S. de; FERREIRA, M.M.; LOMBARDI NETO, F. *Comparação entre métodos direto e indiretos para determinação da erodibilidade em latossolos sob cerrado*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.11, p.1751-1761, nov. 1994.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F.J.; GILBERT, C.M. *Petrography: an introduction to the study of rocks in thin sections*. New York: W.H. Freeman, 1982. 626p.

QUADRO 9 - Características e Propriedade de Latossolos Derivados de Gnaiss Granítico Mesocrático e Leucocrático em Relação à Susceptibilidade à Erosão

Solo	Material de Origem	Ct/Gb	Fe_2O_3 (%) (DCB)	Areia l/p	Estrutura	Permeabilidade (mm/h)	Índice K M. Direto
LE	Gnaiss granítico mesocrático	0,37	6,5	22	f, mpp, gr e alguns bsa	248	0,004
LV	Gnaiss granítico leucocrático	0,81	4,0	318	m, me, bsa, e alguns grânulos	71	0,010

FONTE: Dados básicos: Silva et al. (1994).

NOTA: Ct/Gb - Caulinita/Gibbsita; DCB - Extração de óxidos de ferro pelo diotinito-citrato-bicarbonato de sódio; l/p - relação entre minerais leves e pesados na fração areia; f - Fraca; mpp - Muito pequena; gr - Granular; bsa - Blocos subangulares; m - Moderada; me - Média.

Seleção de Práticas Conservacionistas Baseada em Critérios Pedológicos

Jeferson Antônio de Souza¹
Victor Gonçalves Bahia²

INTRODUÇÃO

Diversos são os critérios pedológicos que podem ser tomados como base para a seleção de práticas conservacionistas, não havendo, portanto, uma metodologia específica. O ideal, contudo, seria fazer uma análise minuciosa do solo em questão, estratificando cada ambiente e, posteriormente, adequar as práticas conservacionistas que mais contribuem para sua proteção e melhoria.

Analisando-se tais critérios, pode-se, de maneira mais ampla, adotar a classe de solo ditada pelo levantamento pedológico como um bom indicador da prática conservacionista. Nos componentes da fórmula mínima obrigatória, e/ou da fórmula máxima, associar também a mineralogia do solo a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, a relação morfogênese/pedogênese, a densidade do solo, entre outras características e propriedades do solo, facilitando assim a escolha da prática adequada ao tipo de uso do solo. Dessa forma um exame da paisagem de uma região oferece, quase sempre, um quadro contrastante no que se refere às evidências da erosão conforme Resende (1983).

Práticas conservacionistas são técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Estas podem ser de três tipos: vegetativas, edáficas ou mecânicas. O ideal é o uso simultâneo dessas práticas, uma vez que cada uma delas resolve parcialmente o problema de erosão.

A escolha das técnicas de controle da erosão requer um levantamento das características e/ou propriedades dos solos, condicionadoras da capacidade de uso ou da aptidão agrícola, uma vez que a utilização racional das terras leva em conta a

potencialidade de exploração. Dessa forma, um planejamento conservacionista estabelece um esquema de trabalho para a propriedade agrícola, de modo que se assegure a conservação do solo juntamente com sua exploração lucrativa, proporcionando uma completa renovação dos sistemas de trabalho, das práticas agrícolas e da organização da propriedade (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). De acordo com Baruqui & Fernandes (1985), sob o ponto de vista agrônomo, o solo constitui o substrato para qualquer atividade agropastoril, dependendo do manejo ao qual é submetido, passível de degradação, ou do melhoramento em seu potencial produtivo. Assim sendo, a conservação do solo deve preconizar um conjunto de medidas técnicas, que visem à manutenção ou à recuperação das condições físicas, químicas e biológicas do solo, estabelecendo critérios para o uso e manejo deste recurso, de forma a não comprometer a sua capacidade produtiva.

Como não existe uma metodologia específica para a eleição de práticas conservacionistas, procurou-se, neste artigo, ressaltar a importância do conhecimento das propriedades e/ou características (atributos) do solo, que refletem comportamento diferenciado quanto à erosão, para escolha das práticas que, de forma mais eficiente e objetiva, mantenham a capacidade produtiva do solo, sem contudo, degradá-lo.

CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS COM A CONSERVAÇÃO DO SOLO

Partindo-se do pressuposto de que as práticas conservacionistas visam aumentar a resistência do solo à erosão ou diminuir a força do processo erosivo, é fácil deduzir que um solo erodido tem reduzida sua potencialidade produtiva, isto é, sua

fertilidade. Como conseqüência, em muitos sistemas agrícolas, terras improdutivas são abandonadas ou o surgimento e evolução da erosão impedem seu uso. É comum, ao se observar uma determinada paisagem, verificar a presença de sulcos e voçorocas avançando em ritmo acelerado, limitando o uso de terras altas e assoreando várzeas e cursos d'água. Portanto, as características relacionadas com a conservação do solo estão intimamente associadas com sua fertilidade.

Dessa maneira, o conhecimento do solo proporciona uma organização e agrupamento de classes com comportamento semelhante ou pouco diferenciado. A cada grupo, corresponderá um conjunto de práticas mais eficientes, ao mesmo tempo que se permitirá substituir uma prática, quando se tratar de um grupo mais ou menos suscetível que aquele em questão. As características discutidas a seguir servem de subsídio para tal agrupamento, auxiliando a escolha da prática conservacionista em função do comportamento de cada grupo.

Classe de solo

Cada classe de solo, em função dos critérios que a definem, segundo Camargo et al., (1987), Critérios... (1968) e Definição... (1988), apresenta comportamento diferenciado quanto à suscetibilidade à erosão e, conseqüentemente, sendo de primordial importância para a seleção da(s) prática(s) conservacionista(s) a adotar.

Os Latossolos apresentam teor de argila muito pouco variável com a profundidade, e, por isso, podem mostrar uma grande permeabilidade, devido à estrutura granular muito pequena e muito bem expressa. Contudo, dentre os Latossolos, existem algumas variações muito importantes no que se refere à erosão, principalmente quanto a cor e teores de Fe e Al (ver item

¹Eng^o Agr^o, M.Sc. – Doutorando em Fitotecnia/UFLA – Pesq./CRTP/EPAMIG – Caixa Postal 351 – CEP 38060-040 Uberaba, MG.

²Eng^o Agr^o, D. Sc. – Prof. Tit./Dept^o Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

Cor e mineralogia).

Os Podzólicos, ao contrário dos Latossolos, caracterizam-se por apresentar uma grande diferença no teor de argila entre os horizontes superficial (A e/ou E) e subsuperficial (Bt). Este gradiente textural reduz consideravelmente a taxa de infiltração, tornando esses solos muito suscetíveis à erosão. Em razão da infiltração diferencial ao longo do perfil, a mesma prática conservacionista recomendada para a maioria dos Latossolos pode não ser adequada para os Podzólicos, como, por exemplo, o terraceamento em nível.

Com maior frequência que os Latossolos, os Podzólicos ocorrem em relevos mais acidentados, necessitando, quase sempre, de práticas de controle de erosão.

À exceção dos Cambissolos eutróficos das regiões secas, que ocorrem em relevo plano, os demais normalmente ocorrem em áreas mais acidentadas, podendo ser de rasos a profundos. Por causa destes aspectos, tendem a se erodir com maior facilidade e, quando rasos, freqüentemente o horizonte C é exposto. Por seu comportamento variável, deve-se ter cautela na adoção de práticas conservacionistas sob pena de acelerar o processo erosivo, já bastante comum nestes solos.

Já os Cambissolos constituem uma modalidade diferente, podendo assemelhar-se aos extremos, de um lado, ao solo Litólico, pouco desenvolvido e de características diversas em função do material de origem, e de outro, aos Latossolos, com boa capacidade de infiltração. Os Cambissolos são, portanto, mais problemáticos que os Latossolos e Podzólicos, de maneira geral, por serem mais siltosos.

A classe de solo por si só é um bom indicador do comportamento do solo e uma ferramenta útil para a escolha das práticas conservacionistas. Entretanto, outros parâmetros devem ser observados para cada classe de solo, para proporcionar uma análise mais apurada do seu comportamento. O somatório dos parâmetros estudados irá definir cada grupo e as ações de práticas de controle de erosão.

Cor e mineralogia

A cor do solo é um bom indicador de seu ambiente quer seja quanto à condição atual, quer seja quanto a sua formação. Solos mais escuros tendem a ser mais úmidos que aqueles de cores claras. Compare,

a título de exemplo, um solo de uma região semi-árida ou uma Areia Quartzosa com um outro de regiões tropicais com regime hídrico regular ou, ainda, um solo de topo de morro com outro de pé de encosta, como os hidromórficos. A observação da cor do solo dá ainda uma indicação da textura, mineralogia, facilidade de ser trabalhado e suscetibilidade à erosão, dentre outras características, sugerindo decisões diferenciadas na escolha da prática conservacionista. De acordo com Resende et al. (1988), a cor reflete características mineralógicas básicas que podem, por sua vez, refletir a história biogeoquímica específica, conduzindo a um conjunto particular de propriedades, as quais covariam com a cor (Quadro 1). Solos mais avermelhados ou mais amarelados, comparativamente com aqueles menos vermelhos ou amarelos, indicam presença de óxidos de Fe e Al que são agentes cimentantes e, portanto, modificadores da suscetibilidade à erosão. Por outro lado, cores gleisadas ou acinzentadas são dadas pela ausência de ferro oxidado, podendo ou não ter ferro reduzido, (a cor branca que indica a remoção completa de Fe₂ por lixiviação). Neste contexto, a posição do

solo na topossequência quase sempre favorece o desenvolvimento da cor do solo, permitindo-se fazer interferências quanto à drenagem e, por conseguinte, servindo de ferramenta para a seleção das práticas de manejo e conservação dos solos (Fig. 1).

A cor reflete a mineralogia do solo, sendo de primordial importância na previsão do seu comportamento sobretudo no que se refere à estrutura e capacidade de adsorção de fósforo. Quanto à cor do solo tende para amarelada (em direção ao motriz 10YR), há um aumento no teor de goethita com uma conseqüente diminuição no teor de hematita. À medida que se torna mais vermelho, o teor de hematita aumenta. Resende (1976) menciona que 1% de hematita pura finamente pulverizada é suficiente para mudar a cor do solo de 10YR para 5YR. Há, no entanto, uma tendência de os Latossolos brasileiros apresentarem a goethita associada à caulinita e a hematita à gibbsita, com reflexo direto na capacidade adsorviva de P desses solos (Curi & Franzmeier, 1984 e Resende, 1976).

A cor associada à mineralogia do solo (teor de óxidos de Fe - hematita e goethita

QUADRO 1 - Interpretação de Características Morfológicas e Ambientes Pertinentes à Fertilidade ou a Características mais Diretamente Relacionadas com a Fertilidade do Solo

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

FONTE: Resende et al. (1988).

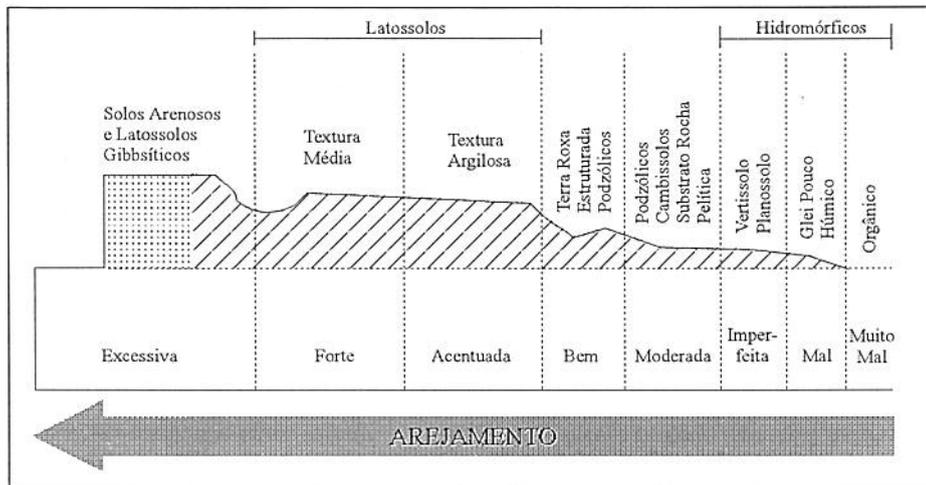


Figura 1 - Classes de drenagem de solos brasileiros controladas pela altura do lençol freático, textura, natureza do substrato e declive

FONTE: Resende (1986), citado por Resende et al. (1988).

e de alumínio – gibbsita) são de grande importância, por favorecerem a agregação. Segundo Resende (1985), no caso específico da goethita, as condições que favorecem sua formação, em preferência à hematita, condicionam formar uma massa mais compacta, menos permeável e menos granular, aparentemente em nível macroscópico, alterando a estrutura do solo. Na presença de óxidos de Fe e de Al, juntamente com a matéria orgânica, dependendo do clima, a estrutura prismática tende a se transformar em blocos até a granular, segundo o mesmo autor. Estes solos (Latosolos Amarelos) podem apresentar uma forte coesão em todo o perfil e, conseqüentemente, uma permeabilidade muito menor que a dos outros Latossolos, e a erosão laminar é sobremaneira acentuada. Se o terreno é inclinado, o arraste de partículas é muito acentuado. Este fato explica por que os solos mais amarelados são mais duros (mais coesos) que os avermelhados ou roxos. Estes solos têm menor anisotropia (desorganização), em função do ambiente de formação, ou seja, uma condição mais úmida organiza melhor as partículas de argila formando uma massa mais compacta, em que predomina goethita e caulinita.

Por outro lado, as condições que favorecem a formação da hematita (ambiente mais quente, menos úmido e menos matéria orgânica), proporcionam deposições irregulares de óxidos de ferro e alumínio ao redor dos grânulos, dando um aspecto mais granular e permeável, como acontece

com os Latossolos Vermelho-Escuros e Roxos, que apresentam maior anisotropia. Mesmo em relevos com pequenos declives, a erosão em sulcos progride rapidamente nestes solos, juntamente com a tendência ao encrostamento. Neste caso, a permeabilidade pode ser reduzida, tanto pelo impacto das gotas de chuva, como pela formação de camadas pouco permeáveis pelo uso de máquinas agrícolas.

Diante do exposto, o simples fato de se ter um Latossolo Amarelo ou Vermelho-Amarelo e um Vermelho-Escuro ou Roxo leva a inferir que, em alguma situação específica, as práticas a se adotarem em um podem não ser as melhores para outro, necessitando, portanto, ajustar-se a esta prá-

tica conservacionista, sob pena de favorecer o depauperamento e a redução de seu potencial produtivo.

Saturação por bases e/ou alumínio

A saturação por bases, embora reflita a capacidade produtiva de um solo, por constituir um “reservatório” de nutrientes para as plantas, tem pouca relação com as perdas por erosão. No entanto, solos distróficos ou álicos poderão tornar-se mais pobres e mais ácidos, quando permeáveis em relevo plano, devido às perdas de nutrientes por lixiviação. Todavia, tanto estes solos quanto os eutróficos tendem igualmente a altas perdas de nutrientes por erosão, quando em relevo acidentado (Quadro 2). Nos distróficos, a situação é mais drástica, uma vez que a camada superficial mais rica em matéria orgânica, ao ser arrastada pela enxurrada, deixa o solo com reduzida capacidade produtiva, como comprovado por diversos pesquisadores. Com pequeno aumento de declive, pode haver substancial aumento de erosão de nutrientes e sementes, o que dificulta até o estabelecimento da vegetação, promovendo uma condição favorável para a intensificação de perdas de solo e água.

Em relevo íngreme, uma situação semelhante pode ocorrer também com os solos eutróficos, a exemplo da região do Vale do Rio Doce, onde os solos, embora originalmente eutróficos, apresentam-se muitas vezes distróficos e/ou com seus topos sem vegetação, conforme verificado por Baruqui (1982) e Baruqui et al. (1985).

QUADRO 2 – Classificação dos Pedoambientes quanto às Perdas de Nutrientes

Pedoambiente	Perdas	
	Erosão	Lixiviação
Solos eutróficos com minerais facilmente intemperizáveis		
Planos	x	x
Acidentados	xxx	x
Solos distróficos sem minerais facilmente intemperizáveis		
Planos	x	xxx
Acidentados	xxx	xx
Pouco permeáveis		
Plano	x	x
Acidentados	xxx	

FONTE: Resende et al. (1988).

NOTA: x – Baixo; xx – Médio; xxx – Alto.

Tipo de horizonte A

A relação entre tipo de horizonte superficial e suscetibilidade à erosão é dependente da textura, permeabilidade, teor de matéria orgânica e agentes cimentantes (óxidos de ferro e alumínio, por exemplo), estrutura e coesão, relevo, tipo de horizonte subsuperficial ou camada, cobertura vegetal, dentre outras características. Dessa forma, o horizonte A moderado é o tipo que requer maiores cuidados quanto à possibilidade de erosão, uma vez que constitui uma categoria “sem definição”, além de ocorrer em várias classes de solos e relevos, pois é muito ampla. No entanto, o horizonte A fraco, com teor de C orgânico muito baixo, sugere cautela por ser característico de solos muito arenosos (como Areias Quartzosas). Embora sejam solos com alta permeabilidade, são facilmente compactados pela mecanização; se ocupam áreas de relevo acidentado (ondulado), as perdas por erosão podem ser significativas. Neste tipo de horizonte superficial, deve-se optar por práticas que aumentem a matéria orgânica e melhorem a estrutura do solo, como as práticas de caráter vegetativo e adubação verde.

Textura

A importância da textura na escolha de práticas conservacionistas diz respeito diretamente à quantidade de solos arrastados pela erosão, uma vez que as partículas não são igualmente deslocadas pelas águas. De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), as partículas mais finas, vencidas à força da coesão que as une, formando os agregados menores, são facilmente transportadas. Por outro lado, as maiores resistem à remoção, tendendo a se acumular na superfície, onde passam a reduzir a erosão (Quadro 3), por reduzir o efeito do impacto das gotas de chuva.

A interpretação do tamanho das partículas em relação à erosão deve ser feita considerando-se a presença de argila como agente cimentante. Dessa forma, de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), o solo arenoso, com grandes espaços porosos, pode absorver, durante uma chuva de baixa intensidade, toda a água, não havendo dano; entretanto, devido à baixa proporção de argila que atua como uma ligação entre as partículas grandes, pequena quantidade de enxurrada que escorre na

QUADRO 3 - Partículas de Vários Tamanhos, Processos mais Condizentes, Composição e Efeitos Principais Advindos dos Processos Erosivos

Partícula	Facilidade	Composição	Efeitos Principais
Argila	Transporte	Grão simples	São retirados do sistema junto com os nutrientes
Silte	Deslocamento e transporte	Grãos simples e agregados	São retirados do sistema junto com os nutrientes
Areia fina	Deslocamento e transporte	Grãos simples e agregados de argila e silte	São retirados do sistema junto com os nutrientes ou apenas retrabalhados
Areia grossa	Decomposição	Grãos simples e agregados de argila, silte e areia fina	Tendem a permanecer na superfície, dando-lhe alguma proteção
Cascalho, seixo e matação	Permanecem como resíduo	Pedaços de rochas ou de cristais	Permanecem na superfície, reduzindo a erosão

FONTE: Resende (1983).

sua superfície pode arrastar grande quantidade de solo. Já no solo argiloso, por causa dos menores espaços porosos, a penetração rápida da água é dificultada, favorecendo o escoamento superficial; contudo, a força de coesão das partículas é maior, o que faz aumentar a resistência à erosão. Portanto, segundo Viçosa (1979), citado por Resende (1985), o solo mais resistente à erosão é aquele que apresenta a melhor combinação das duas características antagonicas: permeabilidade e coerência entre as partículas.

De maneira geral, conforme Resende (1985), os solos que apresentam grande coerência entre as partículas, tendem a apresentar, predominantemente, uma erosão do tipo laminar, enquanto a erosão em sulcos torna-se mais comum nos solos com pouca coerência.

A coerência entre as partículas de argila é função do pedoambiente. Assim, em um pedoambiente úmido (paleo pedoambiente), a coesão entre as partículas de argila pode ocorrer de tal forma a originar uma massa compacta, a exemplo do que ocorre com a maioria dos Latossolos Amarelos. Por outro lado, se essa umidade for desuniforme, com ciclos de umedecimento e secagem, pode haver favorecimento da coerência de grãos menores, formando assim grãos maiores. Dessa forma, solos argilosos ou muito argilosos comportam-se como os de textura média ou arenosa. Há, no entanto, outra situação em que partículas menores são agrupadas em partículas maiores favorecendo a penetração de água. Estes agregados funcionam como se fossem falsos grãos de areia, com pouca coe-

rência entre os agregados, como acontece nos Latossolos Roxos. Uma outra condição que contribui para um agregamento semelhante é a ocorrência de altos teores de sódio, como nas regiões semi-áridas ou mais secas (Norte de Minas). Diversos Latossolos Vermelho-Amarelos argilosos ou muito argilosos comportam-se como se fossem de textura média e, muitas vezes, a análise textural de laboratório os classifica como textura média (a solução de NaOH favorece a floculação, ao invés da dispersão, devido ao sódio já existente nas partículas de solo).

Os materiais mais siltosos apresentam grande erodibilidade. Os maiores teores de silte estão associados a solos mais jovens ou às partes mais profundas do perfil.

Fase de vegetação e vegetação atual

A fase de vegetação, componente indispensável da classe de solo expressa nos levantamentos pedológicos, é um indicativo de muitas características do solo, tais como, profundidade efetiva, fertilidade natural, condições de drenagem/permeabilidade, clima, etc. Já a vegetação atual dá uma idéia do grau de depauperamento do solo pelo solo.

Comparando-se um solo sob Floresta e outro sob Cerrado, tem-se idéia das limitações químicas desses solos. Por outro lado, um solo sob Floresta Perenifolia e outro sob Caducifolia deixam evidentes características climáticas, impedimentos de aprofundamento de raízes (profundidade efetiva) imensamente importantes na definição do uso do solo. Portanto, um exame minucio-

so da vegetação natural de um solo pode favorecer a escolha das práticas de conservação e manejo que visam preservar os recursos desse solo.

Igualmente, a observação da vegetação atual mostra o grau de degradação de um dado solo. A retirada da vegetação original e sua substituição por outra, mais exigente em nutrientes e/ou água, causa, quando não manejada devidamente, o empobrecimento do solo.

Em muitas regiões, tal desgaste é facilmente observado. As forrageiras, como o capim-colônião, exigentes em nutrientes, são gradativamente substituídos pelas mais rústicas (como o capim-gordura, por exemplo), causando o empobrecimento do solo. Com isso, pode-se certificar que o solo está sendo usado de maneira incorreta, sugerindo necessidade de se modificarem as práticas adotadas. Dessa forma, numa área onde a vegetação implantada é exuberante e em outra onde ocorre substituição gradativa por outra mais rústica, as práticas de manejo e conservação do solo não devem ser as mesmas.

Relevo

A topografia do terreno, representada pelo comprimento da rampa, pela declividade e forma de declive, exerce influência sobre a erosão, uma vez que o tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem diretamente da velocidade de escoamento. Portanto, aumentando-se o comprimento da rampa, para uma declividade ou para um mesmo comprimento de rampa aumentando-se a declividade, há aumento das perdas de solo, conforme representado na Figura 2.

As perdas de solo, em geral, são mais pronunciadas por erosão que por lixiviação, principalmente as perdas de P, estando os solos acidentados mais sujeitos a elas (Fig. 2).

As perdas por lixiviação, por sua vez, são mais importantes nos solos planos e muito permeáveis como os Latossolos e as Areias Quartzosas (Resende et al., 1988).

Considerando-se o mesmo ambiente e declives variados, a erosão tem relação com o comprimento de rampa e declive, conforme demonstrado por Bertoni et al. (1975), o que pode ser visualizado na Figura 3.

O aspecto ou fator topográfico (LS) pode ser estimado, conforme proposto por Bertoni et al. (1959) e Bertoni (1975), cita-

dos por Resende (1985), Castro (1987) e Bertoni & Lombardi Neto (1990), conforme mostrado na Figura 3 e pelas expressões:

$$T = 0,145 \cdot D^{1,18}; T = 0,166 C^{1,63} \rightarrow$$

$$T = 0,018 D^{1,18} C^{1,63} \text{ (Castro, 1987)}$$

ou:

$$T = 0,145 \cdot D^{1,18}; T = 0,166 C^{1,63} \rightarrow$$

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18}$$

(Bertoni & Lombardi Neto, 1990), em que:

T = perdas de solo (kg/unidade de lar-

gura/unidade de comprimento);

D = grau de declive (em porcentagem);

C = comprimento de rampa do terreno (em metros), ou ainda a expressão;

$$LS = L/100 (1,36 + 0,975 S + 0,1385 S^2).$$

Bertoni (1972) citado por Castro (1987), mostra no Quadro 4 o efeito do comprimento da rampa nas perdas de solo e água, cujas médias são baseadas em uma chuva de 1.300mm e declives de 6,5 e 7,5%.

No Quadro 5, é mostrado o fator LS da

QUADRO 4 - Efeito do Comprimento de Rampa nas Perdas de Solo e Água por Erosão

Comprimento de Rampa (m)	1 ^{as}	2 ^{as}	3 ^{as}	4 ^{as}	Perdas Médias (t/ha)	
	25m	25m	25m	25m	Solo	Água
25	13,9	-	-	-	13,9	13,6
50	13,9	25,9	-	-	19,9	10,7
75	13,9	25,9	38,8	-	26,2	-
100	13,9	25,9	38,8	51,4	32,5	2,6

FONTE: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

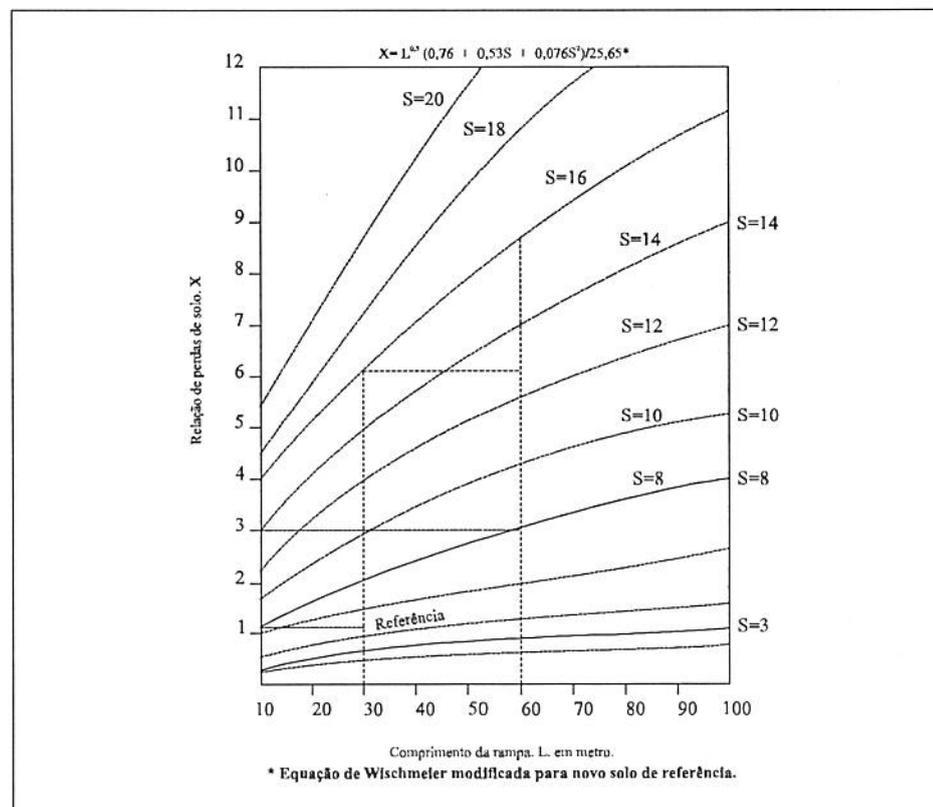


Figura 2 - Perdas por erosão do solo com declive, S, e comprimento de rampa, L, em relação ao solo de referência (S = 4,5% e L = 30m)

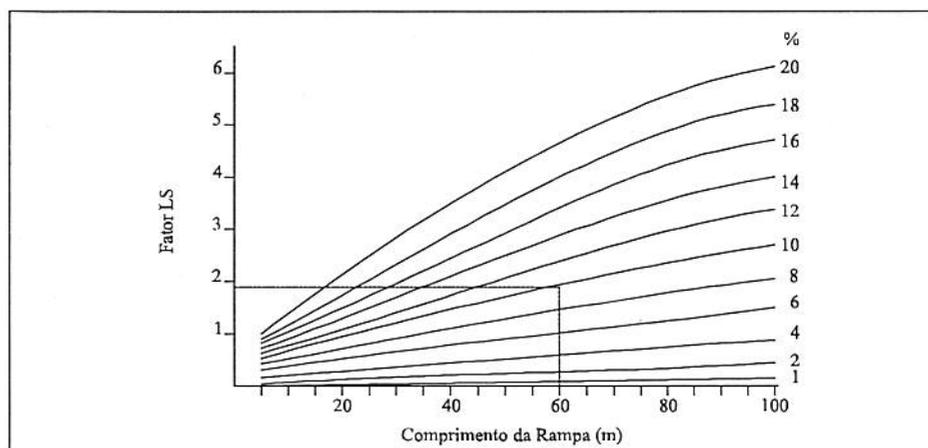


Figura 3 - Curvas do fator LS da equação de previsão de perdas de solo
 FONTE: Bertoni et al. (1975).

equação de previsão de perdas de solo para várias combinações de grau de declive e comprimento de rampa, obtidas pela equação de Bertoni & Lombardi Neto (1990).

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), referindo-se ao efeito do comprimento de rampa e do grau do declive, pressupõe-se tratar de declives uniformes em toda a sua extensão. O uso de gradiente médio pode, numa situação de declives convexos, subestimar e, em outras de declives côncavos, superestimar as perdas. Contudo, quando se tem um declive mais

acentuado na parte final da rampa, em relação à parte superior, o gradiente deve ser usado para representar o declive de todo o comprimento da rampa no cálculo do fator LS >.

Além do comprimento e grau de declive, a forma de encosta é importante no que se refere à erosão. A remoção de partículas e água ocorre de maneira diferente, conforme a forma da encosta, mostrada na Figura 4 e Quadro 6, de acordo com Resende (1985) e Resende & Almeida (1985).

A equação desenvolvida por

Wischmeier & Smith é uma ferramenta valiosa no planejamento conservacionista de uma área. Através dela, podem-se prever, com certa precisão, as perdas médias anuais de solo, para dadas condições específicas de declive, solo, sistemas de manejo e cultivo e outros fatores (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Dessa forma, constitui um guia importante para o planejamento do uso do solo, sem, contudo, causar seu depauperamento e/ou redução da sua capacidade produtiva.

A = RKLSCP em que:

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha);

R = fator chuva: índice de erosão pela chuva (MJ/ha).(mm/ha);

K = fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m (t/h/MJ/ha.mm/ha);

L = fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e grande delive;

S = fator grau de declive: relação de perdas de solo entre um declive qual-

QUADRO 5- Fator LS de Previsão de Perdas de Solo para Várias Combinações de Grau de Declive e Comprimento de Rampa

Declive %	Comprimento de Rampa (metros)													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	80	100
1	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,16	0,18
2	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,28	0,32	0,35	0,41	0,41
4	0,14	0,22	0,28	0,33	0,38	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,80	0,92
6	0,23	0,35	0,45	0,54	0,62	0,69	0,77	0,83	0,90	0,96	1,02	1,07	1,29	1,48
8	0,32	0,49	0,63	0,76	0,87	0,98	1,08	1,17	1,26	1,34	1,43	1,51	1,81	2,08
10	0,41	0,64	0,82	0,98	1,13	1,27	1,40	1,52	1,64	1,75	1,86	1,96	2,36	2,71
12	0,51	0,79	1,02	1,22	1,40	1,57	1,73	1,89	2,03	2,17	2,30	2,43	2,92	3,36
14	0,61	0,95	1,22	1,46	1,68	1,89	2,08	2,26	2,43	2,60	2,76	2,92	3,51	4,03
16	0,71	1,11	1,43	1,71	1,97	2,21	2,44	2,65	2,85	3,05	3,23	3,42	4,10	4,72
18	0,82	1,27	1,64	1,97	2,27	2,54	2,80	3,04	3,27	3,50	3,72	3,93	4,71	5,43
20	0,93	1,44	1,86	2,23	2,57	2,88	3,17	3,44	3,71	3,96	4,21	4,45	5,34	6,14

FONTE: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

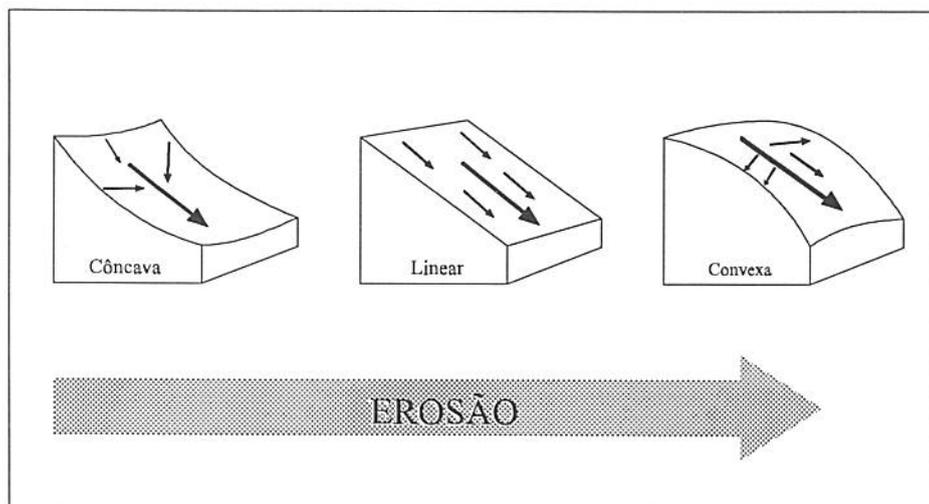


Figura 4 - Carreamento de terra, concentração de fluxo e velocidade de enxurrada em função da forma da encosta

FONTE: Resende (1985) e Resende & Almeida (1985).

QUADRO 6 - Relacionamento Geral entre as Pedoformas Côncavas e Convexas e Aspectos Ligados à Erosão

Côncava	Convexa
Convergência das águas.	Divergência das águas.
Erosão mais localizada; tendência à formação de sulcos e voçorocas.	Erosão mais uniforme e laminar.
Espessura do "Solum" tende a ser desigual.	Espessura do "Solum" tende a ser uniforme.
Continuação.	
Erosão e deposição.	Só erosão.
Sementes e nutrientes acumulam-se nas partes mais baixas.	Sementes e nutrientes retirados do sistema.
Sustabilidade maior é pela ausência de cobertura vegetal densa nas áreas de concentração de água.	Sustabilidade maior é pela concentração de água.

FONTE: Resende (1983).

quer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;
 C = fator uso e manejo; relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado;
 P = fator prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.
 Para eleição das práticas conservacio-

nistas, devem-se estimar, pela equação de Wischmeier & Smith, as perdas de solo, selecionando-se os valores R , K , L , S , C e P que se aplicam às condições da gleba em questão.

O valor R (fator chuva), que é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva de causar erosão em um área sem proteção, deve ser estimado através do mapa de isoerodentes do local em estudo. Normalmente estes mapas são feitos para o Estado ou para microrregiões do Estado. O mapa de isoerodentes contém linhas que ligam pontos de iguais potenciais de erosão. Essas linhas representam os valores

médios anuais de erosividade da chuva, e também o fator chuva na equação de perdas de solo. Os valores entre as linhas podem ser interpolados linearmente.

O valor K (erodibilidade do solo), que significa vulnerabilidade ou suscetibilidade do solo à erosão, que é a recíproca da sua resistência à erosão, pode ser estimado experimentalmente em parcelas unitárias, em que a erosão dos horizontes superficiais e subsuperficiais do solo da gleba estudada é avaliada.

O valor LS (comprimento e grau de declive), demonstrado na Figura 3 ou no Quadro 5, é obtido de acordo com o declive e o comprimento de rampa da área em estudo.

O fator C (uso e manejo estabelecidos), que é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado, pode ser obtido através de informações sobre as culturas e manejos utilizados para a região. Como auxiliar, devem estar disponíveis os valores médios anuais de um ano e no dia primeiro de julho do ano seguinte. Para isso, a área considerada deve ter distribuição uniforme do potencial de erosão das chuvas.

O valor P (práticas conservacionistas), que é a relação entre a intensidade esperada das perdas de solo com determinada prática conservacionista e aquela quando a cultura está plantada no sentido do declive (morro abaixo), deve ser obtido para cada prática usada e por um dado valor LS .

Para melhor entendimento da equação de perdas de solo e dos fatores que a influenciam, veja Bertoni & Lombardi Neto (1990).

Outras características

As características discutidas a seguir não são menos importantes que as anteriores, no entanto, são dependentes, na maioria dos casos, e vêm complementar uma análise mais apurada na escolha das práticas conservacionistas. Portanto, devem ser analisadas com a mesma profundidade.

Estrutura

As partículas de argila, silte e areia são arranjadas de maneira a formar agregados maiores que, vez por outra, quebram-se ao longo de linhas definidas, as linhas de fraqueza. Estes agregados, de vários tama-

nhos e formas, alteram muitas das propriedades que seriam dadas pela textura do solo em outras condições. Ao examinar a textura de solos com elevado teor de sódio, nas regiões de clima mais seco, observa-se, com certa facilidade, a agregação de partículas de argila formando microagregados que se soldam uns aos outros e passam a constituir agregados maiores. Neste caso, o comportamento de um solo muito argiloso assemelha-se a um de textura média. Em outras regiões, entretanto, tendo-se, ao invés do elevado teor de sódio, altos teores de óxidos Fe e Al, esta agregação pode dar à massa de solo um aspecto "poento", com permeabilidade muito alta, mesmo que o solo tenha cerca de 80% de argila. Portanto, os teores de óxidos Fe (hematita e goetita) e Al (gibbsite) são de grande importância por favorecerem a agregação.

Dessa forma, um exame detalhado da estrutura de um solo pode mudar a prática conservacionista a ser usada.

Erosividade

A erosividade é a capacidade da chuva de erodir o solo, sendo função de suas características físicas (Hudson, 1971). Segundo esse autor, a intensidade de chuva é o parâmetro pluviométrico que exerce maior influência sobre a erosão do solo, existindo, muitas vezes, uma correlação entre a quantidade de chuva e a quantidade de solo erodido. Contudo, uma mesma quantidade de chuva pode em diferentes ocasiões resultar em diferentes quantidades de perda de solo.

Muitos pesquisadores têm desenvolvido trabalhos sobre a redução nas perdas de solo e água pela erosão. Em tais trabalhos, o rompimento da condição de solo desnudo tem promovido consideráveis reduções na erosão, ou seja, com um aumento da percentagem de cobertura vegetal do solo, as perdas de solo e água diminuíram acentuadamente.

Conforme estudos realizados por Bertol et al. (1987), Lopes et al. (1987ab), Amado et al. (1989), uma cobertura do solo em torno de 20% proporcionou uma redução de aproximadamente 60% nas perdas de solo, em relação às perdas totais ocorridas no solo descoberto. Dados de Bertol et al.

(1987) mostram que as perdas de solo podem ser reduzidas em até 80% com uma cobertura de solo de 60%. Em um estudo em que os objetivos foram desenvolver e mostrar a potencialidade de uma representação matemática para a erosão dos solos pela chuva, Vilar (1989) propôs um modelo em que são quantificados quatro subprocessos componentes da erosão, segundo concepção de Ellison (1949), citado por Vilar (1989), a saber: a destacabilidade de partículas pelo impacto da gota; o transporte pela gota; a destacabilidade e o transporte pelo fluxo. De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), as gotas de chuva que golpeiam o solo contribuem para a erosão, desprendendo as partículas de solo no local que sofre o impacto; transportando por salpicamento as partículas desprendidas e imprimindo energia, em forma de turbulência, à água de superfície. A água que escorre na superfície de um terreno, principalmente nos minutos iniciais, exerce uma ação transportadora. O processo erosivo começa, quando as gotas de chuva embatem na superfície do solo e destroem os agregados, e termina com as três etapas seguintes: as partículas do solo se soltam; o material desprendido é transportado e esse material é depositado. Fica, portanto, evidente a influência positiva de práticas de manejo que reduzam ou eliminem o impacto direto das gotas nas partículas de solo e aumentem a infiltração.

Uso do solo

A erosão acelerada torna-se um aspecto muito crítico em função de que praticamente todos os nutrientes estarão ligados ao ciclo orgânico, considerando-se que a erosão causada pelas primeiras chuvas nas áreas declivosas e submetidas à queima intensificam o empobrecimento do sistema.

As perdas de solo são aumentadas com a redução da cobertura dele. Dessa forma, em áreas com solos suscetíveis à erosão, deve-se planejar o uso do solo de forma que sejam adotadas práticas corretas de controle em função da cultura a ser usada. Nas áreas acidentadas, deve-se evitar o uso de vegetação que favoreça o fluxo concentrado das águas pluviais, como as

estoloníferas, ou culturas que promovam pouca cobertura do solo.

Segundo Resende (1985), quanto ao uso do solo, cabe observar que:

- a) os solos distróficos acidentados não devem ser usados com pastagens que sofrem queimas periódicas;
- b) os solos eutróficos, mesmo acidentados, devem ser usados na produção de alimentos;
- c) os solos planos e muito permeáveis são os que menos perdem nutrientes e partículas por arrastamento superficial (erosão); os planos pouco permeáveis são os mais conservadores no que se refere à perda por lixiviação e tem perdas por erosão também reduzidas.

A cobertura vegetal é a proteção natural do solo contra a erosão, uma vez que impede que as gotas de chuva atinjam diretamente as superfícies do solo, reduzindo assim as perdas (Quadro 7).

Erodibilidade

Erodibilidade é o grau de facilidade com que um solo é erodido, portanto, depende de vários de seus atributos, como: textura, teor de matéria orgânica, estrutura, permeabilidade, declividade, comprimento de rampa e forma da encosta. Dessa forma, um solo com alta erodibilidade sofrerá mais erosão que um com baixa erodibilidade, se expostos a uma mesma chuva.

As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água, segundo Wischmeier & Smith (1965), citados por Bertoni & Lombardi Neto (1990), são aquelas que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água; e resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento. Assim sendo, são ressaltadas as importâncias da cobertura vegetal e das práticas conservacionistas no controle da erosão.

Cada um dos atributos do solo que influi na sua erodibilidade é de grande importância na suscetibilidade à erosão. Isto quer dizer que mesmo uma pequena variação em um dos atributos pode alterar o comportamento de um solo, tornando-o mais ou menos erodível. A interpretação

QUADRO 7- Efeito do Tipo de Uso do Solo sobre as Perdas por Erosão; Médias Ponderadas para Três Tipos de Solo do Estado de São Paulo

Tipo de Uso	Perdas de Solo (t/ha)	Água (% da chuva)
Mata	0,004	0,7
Pastagem	0,4	0,7
Cafézal	0,9	1,1
Algodão	26,6	7,2

FONTE: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

destes atributos é traduzida em índices de erodibilidade, para os quais muitos pesquisadores os separam em dois: aspecto topográfico, que é composto pela combinação do comprimento da rampa e declividade; e outras características constituídas dos demais atributos, quais sejam, teor de silte + areia fina, matéria orgânica, teor de areia, estrutura e permeabilidade.

Um solo mais erodível teria altos teores de matéria orgânica, estrutura muito pequena granular e permeabilidade muito lenta. Esse solo, em comparação com outros menos erodíveis, exige práticas conservacionistas associadas que sejam mais eficientes no controle da erosão. É imprescindível aumentar a taxa de infiltração e manter o solo coberto com vegetação ou restos de culturas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eleição de práticas conservacionistas não é tarefa das mais fáceis e não existem critérios estabelecidos para tal. Cada gleba a se trabalhar, por mais homogênea que pareça, pode comportar-se de maneira diferente, não sendo aconselhável simplesmente transferir tecnologia. A melhor regra é usar o "bom senso", após analisar minuciosamente cada propriedade e/ou característica do solo.

As considerações feitas a respeito das práticas conservacionistas do solo, não têm o objetivo de estabelecer um critério, mas sim levantar alguns pontos julgados relevantes na análise das medidas a serem adotadas. É oportuno ressaltar que outros critérios pedológicos podem e devem ser acrescentados na análise, sempre visando preservar os recursos naturais e o potencial produtivo dos solos sem, contudo, degradá-los.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO, T.J.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2, p. 251-257, maio/ago. 1989.
- BARUQUI, A.M.; FERNANDES, M.A. Práticas de conservação do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.55-69, ago. 1985.
- BARUQUI, F.M. *Inter-relações solo-pastagens nas Regiões Mata e Rio Doce do Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 1982. 119p. Tese Mestrado.
- BARUQUI, F.M.; RESENDE, M.; FIGUEIREDO, M.S. Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas (Zona da Mata e Rio Doce). *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.27-37, ago. 1985.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações de erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, n.2, p. 187-192, maio/ago. 1987.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Icone, 1990. Cap. 4: Recursos naturais de caráter renovável.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENNATI JÚNIOR, R. *Equações de perdas de solo*. Campinas: IAC, 1975. 25p. (IAC. Boletim Técnico, 21).
- CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. *Boletim Informativo* [Sociedade Brasileira de Ciência do Solo], Campinas, v.12, n.1, p. 11-33, 1987.
- CASTRO, O.M. de. Degradação do solo pela erosão. *Informe Agropecuário*, Belo Ho-

rizonte, v.13, n.147, p. 64-72, mar. 1987.

CRITÉRIOS para distinção de classes de solos e de fazes de unidades de mapeamento: normas em uso pelo-SNLCS. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. 67p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).

CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of oxisols from the Central Plateau of Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.48, n.2, p. 341-346, Mar./Apr. 1984.

DEFINIÇÃO e notação de horizontes e camadas de solo. 2.ed.rev.atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. 54p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

HUDSON, N. *Soil conservation*. Ithaca: Cornell University Press, 1971. 320p.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, n.2, p. 193-197, maio/ago. 1987a.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, n.1, p. 71-75, jan./abr. 1987b.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p. 3-18, ago. 1985.

RESENDE, M. *Bruno não calcico*: interpretação de um perfil. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1983. 165p. (Coleção Mossoroense, 218).

RESENDE, M. *Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil*. West Lafayette: Purdue University, 1976. 237p. PhD Thesis.

RESENDE, M.; ALMEIDA, J.R. de. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p. 38-54, ago. 1985.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. *Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações*. Brasília: Ministério da Educação/Lavras: ESAL/Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.

VILAR, O.M. Modelo matemático para a erosão do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.3, p.381-385, set./dez. 1989.

Tecnologias Disponíveis para Controle do Escoamento Superficial

Marcílio Vieira Martins¹
Victor Gonçalves Bahia²

INTRODUÇÃO

A erosão do solo agrícola é entendida como o arrastamento das camadas superficiais das áreas cultivadas para outros locais, através das águas das chuvas ou dos ventos.

Este é um problema que acompanha a agricultura desde a sua origem, e tem sido proporcional à inadequação dos métodos de exploração.

Para impedir a erosão ou, pelo menos reduzir sua importância, é necessário que o solo seja adequadamente manejado. Diversas práticas conservacionistas podem ser adotadas, desde que alertem para a importância do solo como componente do meio ambiente. Com essa ótica, ele influi em todo ciclo biológico e acarreta sérias conseqüências para a preservação do meio ambiente, quando utilizado de forma incorreta. Esta é a razão pela qual os princípios conservacionistas devem fazer parte da consciência pública, única forma de se preservar, em bases sólidas, solo e meio ambiente.

Existem várias técnicas para controlar o escoamento superficial das águas a saber: terraços, cordões em contorno, cordões de vegetação permanente, disposição racional dos carregadores, controle de voçorocas, etc., todas baseando-se no princípio de redução da concentração e da velocidade de escoamento superficial, o que favorece a sua infiltração e diminui a sua capacidade de transporte.

TERRAÇOS

Esta é uma prática conservacionista de caráter mecânico. Baseia-se, principalmente, no princípio de parcelamento do declive. Sua função é reduzir a concentração e a velocidade do escoamento superficial, dan-

do à água maior tempo para infiltração e limitando a sua capacidade de transportar partículas (Manejo..., 1983). O terraceamento quando bem planejado e bem construído, reduz as perdas de solo e água por erosão e previne a formação de sulcos e grotas, sendo mais eficiente quando utilizado em combinação com outras práticas, como o plantio em contorno, cobertura morta e culturas em faixas (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Terraços quanto à função

Quanto à função, os terraços podem ser construídos com o leito do canal em nível ou em desnível, dependendo do tipo de solo.

Terraços em nível

Os terraços em nível são recomendados para solos com boa permeabilidade no perfil, o que possibilita rápida infiltração de água nas camadas mais profundas (Bertolini et al., 1989). A função principal deste tipo de terraço é armazenar o excedente de enxurrada, para que este se infiltre lentamente no perfil do solo. A construção deste tipo de terraço é dependente do regime de chuvas da região, da topografia e do tipo de solo (Pereira, 1987b).

Terraços de drenagem ou em desnível

Os terraços em desnível têm por função retirar a enxurrada da área terraceada sem provocar erosão no leito do canal. Para que um terraço possa exercer tal função, o canal deverá ser construído com um desnível ou gradiente que poderá ser uniforme ou progressivo. Os terraços com gradiente progressivo são os mais recomendados. Com a declividade variando gradativamente ao longo do canal, a água vai aumentan-

do de velocidade. Isso ocorre de tal forma que, mesmo o canal possuindo uma mesma área de seção ao longo de todo o comprimento do terraço, ele terá maior capacidade de transporte, à medida que se caminha do início para o final do canal (Pereira, 1987b).

A velocidade da enxurrada no leito de um canal de terraço deverá ser menor ou igual à máxima velocidade permissível determinada para as condições hidráulicas de projeto estabelecidas para o referido canal.

Os terraços de drenagem ou em desnível são recomendados para solos com impedimentos à infiltração de água, principalmente no horizonte subsuperficial. Solos como os Podzólicos, com variação textural abrupta entre os horizontes A e B, que determina, também um gradiente de permeabilidade, necessitam da construção de terraços de drenagem. Solos rasos, como os Litólicos e os Cambissolos, também requerem a construção de terraços em desnível para o uso agrícola deles.

Na área terraceada com este tipo de terraço, há necessidade da presença de canais escoadores naturais ou artificiais.

Quanto à largura de base

Terraços de base larga

Os terraços de base larga são aqueles que possuem uma base de 6 a 12m (Bertoni & Lombardi Neto, 1985, Pereira, 1987b e Bertoni et al., 1989). A construção destes terraços é recomendada para áreas com declividade de 6 a 8%. Este tipo de terraço possui canais e camalhões tão suaves que é possível utilizar máquinas para plantio em toda a área, mesmo dentro do canal e sobre o camalhão (Pereira, 1987b).

¹Eng^o Agr^o, M. Sc. – Pesq./Dept^o Solos e Adubos/UNESP – Jaboticabal, SP – Doutorado/Solos e Nutrição de Plantas/Dept^o Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^o Agr^o, D. Sc. – Prof. Tit./Dept^o Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

Terraços de base média

Os terraços de base média são construídos em faixas de movimentação de terra com largura variando de 3 a 6m (Bertolini et al., 1989). Estes terraços são indicados para áreas com declives de 8 a 12%. O camalhão deste tipo de terraço pode ser cultivado, mas não é admitido o plantio dentro do canal (Pereira, 1987b). Segundo Bertolini et al. (1989), o uso deste tipo de terraço resulta numa perda de 2,5 a 3,5% do total da área terraceada.

Terraços de base estreita

Terraços com largura de base de 2 a 3m são denominados de terraços da base estreita. São recomendados para áreas de 12 a 18% de declividade. Neste tipo de terraço, não se pode cultivar no canal e nem sobre o camalhão (Pereira, 1987b).

Quanto ao processo de construção

Os terraços, quanto ao processo de construção, podem ser classificados como tipo Mangun e tipo Nichols.

Tipo Mangun

O terraço tipo Mangun é construído, normalmente, com arado fixo. Quando se executa a construção deste tipo de terraço, há o tombamento de cima para baixo e de baixo para cima, em conseqüência do qual há a formação de dois sulcos. Um dos sulcos é formado pelo lado de cima do camalhão e outro menor pelo lado de baixo, pois o solo é revolvido dos dois lados da linha nivelada básica. É recomendado para áreas com declives de até 8%.

Tipo Nichols

O terraço tipo Nichols é construído cortando-se a terra e movimentando-a sempre de cima para baixo (Bertolini et al., 1989). Assim, segundo Bertolini et al. (1989), o camalhão é formado com a terra da faixa superior, através de tombamentos sucessivos sempre para baixo. Estes terraços são construídos com arado reversível. Eles são recomendados para áreas com declives inferiores a 18%.

Quanto à forma do perfil do terraço

Segundo Pereira (1987b), os terraços quanto à forma do perfil podem ser classificados em terraços, terraços tipo patamar, murundum, banquetas individuais e terra-

ços tipo embutido.

Terraços

É a combinação de um canal com um camalhão ou dique de terra que tem por função interceptar o deflúvio ou escoamento superficial, forçando a absorção pelo solo ou a retirada do excesso de água de maneira mais lenta sem provocar erosão. Assim, cada terraço protege a faixa de terra adjacente de cota inferior. Pode ser construído com arados terraceadores, arados de discos, arados de aivecas, lâmina frontal ou mesmo com motoniveladora. Em pequenas propriedades, podem ser construídos com implementos puxados a tração animal ou mesmo com ferramentas manuais.

Para proteção de todo o terraço, o sistema deve começar no ponto mais alto antes que haja um grande acúmulo de água com velocidade e capacidade erosiva. Deve ser combinado com práticas vegetativas e sistemas de manejo que proporcionem proteção superficial, amenizando o impacto das gotas da chuva.

A eficiência dos terraços no controle à erosão vai depender da declividade do solo e das funções a ele atribuídas. No caso de terraço de deságüe, vai depender do tipo de transporte e do excesso de água, se superficial ou subterrâneo. Recomenda-se utilizar terraços com declividades no máximo até 20%. Acima desse valor, deve-se utilizar terraço tipo patamares ou banquetas individuais.

Terraços tipo patamar

É um tipo de construção utilizada em áreas com declividades acima de 20%, onde se pretende utilizar culturas anuais, em que os custos compensem o investimento. Exige muita movimentação de terra com cortes e aterros em elevadas proporções. Consiste em construir patamares em forma de escada, de tal forma que a superfície do terreno fique levemente inclinada no sentido contrário à declividade original, para que a água possa ficar sendo lentamente absorvida pelo solo. Os taludes deverão ser recobertos com vegetação rasteira que não seja invasora, de forma a manter-se estável. Dado o grande volume de terra em jogo, torna-se difícil raspar a camada superficial do solo para esparramá-la de volta após a construção dos patamares, mas seria ideal

que isso fosse feito. Como exige profundos cortes, torna-se impraticável este tipo de construção, se a camada subsuperficial for impermeável, porque a água estagnada no patamar deverá ser absorvida pelo solo. Caso contrário, surge a possibilidade de escorrer talude abaixo, que, por ser constituído de aterro, compromete toda a obra.

Murundum

É o termo utilizado para construções chamadas comumente de "terraços" constituídos unicamente de um camalhão de avantajadas proporções. É construído, normalmente, com tratores que possuem lâmina frontal, raspando-se a camada superficial do solo (horizonte A, normalmente mais fértil) e amontoando-a para formar o camalhão. Tem sido observado que os usuários deste tipo de construção no estado de São Paulo, principalmente as usinas de cana-de-açúcar, não se preocupam com o dimensionamento adequado. Para facilitar a movimentação de máquinas e caminhões, na área agrícola, os murunduns são construídos com espaçamentos maiores do que os recomendados para um terraceamento comum e tenta-se fazer, erroneamente, uma compensação, aumentando a dimensão do camalhão para segurar maior volume de água. É comum, também, ouvir dos técnicos que assim procedem, que a utilização da torta de filtro na área raspada recupera rapidamente o prejuízo causado ao solo pela raspagem. Essa esperada recuperação realmente não acontece num intervalo de tempo relativamente curto. A "aparente" recuperação só é observada em solos com um horizonte superficial profundo, de tal forma que a referida raspagem não interfira nas características do perfil e no seu potencial de fertilidade.

Em solos bastante intemperizados, de baixa fertilidade, como é o caso dos Latossolos, a capacidade de troca de cátions (CTC) é extremamente dependente do teor de matéria orgânica e uma raspagem do horizonte superficial é muito prejudicial.

Banquetas individuais

Também conhecidas por terraço tipo patamar descontínuo, as banquetas individuais são construídas em áreas bastante declivosas para utilização com culturas perenes, tais como, café, árvores frutíferas

ras, etc. São semelhantes aos patamares, só que a movimentação de terra é feita apenas no local em que se vai cultivar. Sua construção é efetuada com ferramentas manuais, como enxada e enxadão, porque são construídas em áreas com declividade bastante acentuada, sendo impraticável o uso de máquinas. Inicialmente, retira-se toda a camada superior mais fértil e esta é amontoada ao lado da área onde vai ser construída a banqueta. Em seguida, faz-se o corte no barranco e aproveita-se a terra retirada no corte para fazer o aterro. Da mesma forma que o patamar, acerta-se a superfície da plataforma com ligeira declividade no sentido inverso ao da declividade original do terreno. Vegeta-se com gramínea a parte de aterro para melhor estabilidade e, finalmente, espalha-se a terra raspada da superfície para melhorar a fertilidade da banqueta.

Terraços tipo embutido

É um tipo de terraço bastante difundido em áreas de cana-de-açúcar. É construído de forma semelhante aos murunduns, mas a terra é amontoada a montante, de maneira que se tenha um camalhão com declive suave a montante e uma declividade acentuada a jusante. Visto de cima, assemelha-se a uma veneziana deitada.

Quanto ao alinhamento

Terraços não-paralelos

Os terraços não-paralelos são os mais comuns, pois são aqueles locados sobre as linhas niveladas básicas. Devido às irregularidades do terreno, os terraços construídos sobre as linhas niveladas básicas não são paralelos. O paralelismo só ocorre no caso de a área não apresentar irregularidades.

Terraços paralelos

A área na qual os terraços serão locados é sistematizada. Para tal intuito, cortes e aterros são realizados no local. Assim, quando os terraços são locados, estes ficam paralelos. A grande vantagem deste tipo de terraço é que ele reduz o número de linhas mortas, economiza tempo no preparo, cultivo e colheita e, ainda, diminui os prejuízos relativos à destruição de plantas devido à manobra dos

maquinários (Pereira, 1987b).

CORDÃO DE CONTORNO

O cordão de contorno é uma prática mecânica constituída de um camalhão, em nível, em áreas cultivadas, principalmente com culturas perenes, e que não possuam práticas de controle da erosão do solo. Quando o cordão atinge uma planta, ele é desviado para contorná-la e volta para a posição em nível após efetuado o contorno (Pereira, 1987a). Esse contorno em volta da planta produz um embaciamento local, onde as águas das chuvas são armazenadas para posterior absorção pelo solo.

CORDÕES DE VEGETAÇÃO PERMANENTE OU BARREIRAS VIVAS OU FAIXAS DE RETENÇÃO

Os cordões de vegetação permanente são fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas num determinado espaçamento horizontal e sempre em nível (Bertoni & Lombardi Neto, 1985). Sobre as linhas niveladas básicas, são plantadas algumas linhas de plantas consideradas protetoras do solo como a cana-de-açúcar, erva-cidreira e outras, num espaçamento menor do que o convencional, formando uma faixa mais densa do que a cultura comercial que está sendo explorada na área (Pereira, 1987a). Essas faixas, então, atuam como uma barreira à enxurrada promovendo a deposição de sedimentos nas faixas adjacentes da cultura comercial. Com a deposição de sedimentos ano após ano, nessa faixa que é permanente, há uma tendência de a área tornar-se menos declivosa, adquirindo o aspecto de uma veneziana deitada (Pereira, 1987a).

Na área coberta pela faixa de retenção, não há o impacto direto das gotas d'água da chuva, o que propicia melhores condições para a infiltração de água no solo. As faixas de retenção também parcelam o declive, diminuindo os efeitos do escoamento superficial. Com isto, as faixas de retenção controlam o processo de erosão do solo.

Os cordões de vegetação deverão ter de 2 a 3m de largura. A vegetação a ser utilizada na composição da faixa de retenção, deverá ter algum valor econômico. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1985),

a vegetação deverá, ainda, ter crescimento rápido, cerrado e denso, além de durabilidade, mas não deverá possuir caráter invasor para as áreas adjacentes, nem fornecer abrigo para pragas e doenças às culturas principais.

MANEJO FÍSICO DE PASTAGENS

Na formação ou reforma de uma pastagem, a aptidão agrícola ou a capacidade de uso do solo deve ser determinada. Uma vez sendo a área apta para o uso com pastagens, inicia-se o seu manejo.

Em uma pastagem bem manejada, a adoção de práticas conservacionistas como o preparo do solo em nível (aração e gradagem), a construção de terraços, a calagem e a aplicação de fertilizantes são muito importantes. Cabe lembrar que a calagem e a aplicação de fertilizantes são consideradas práticas conservacionistas complementares, ou seja, elas indiretamente contribuem para o controle da erosão, pois favorecem um melhor desenvolvimento vegetal.

Deve existir numa pastagem adequada localização de cercas, cochos e bebedouros, para minimizar o deslocamento morro abaixo dos animais na área de pastos. Com estas alternativas, pode-se evitar o pastoreio excessivo, mantendo-se a pastagem em condições de oferecer ao solo proteção contra a erosão. A capacidade de suporte dos pastos deve ser considerada. O consumo em matéria seca tem sido considerado ao redor de 2,5% do peso vivo animal.

A divisão das áreas de pastagens em piquetes também é uma importante medida de manejo a ser adotada pelo pecuarista. Os piquetes deverão ser quadrados, com dimensões de 10 a 20ha, mas outras dimensões são possíveis em função da produção de forragem e do número de cabeças do rebanho. O período de ocupação dos piquetes, pelos animais, normalmente, ocorre em torno de sete a dez dias e o retorno ao mesmo piquete em torno de 20 a 25 dias.

É conhecido que cada espécie de planta oferece diferente cobertura do solo. Capins que possuem o sistema de muda na forma de estolão, oferecem melhor proteção ao solo (pangola, braquiária, pensacola, estrela africana e com algumas leguminosas como trevos, desmodium, siratro, etc.). Já

os capins do tipo ereto, como o colônião, não oferecem boa proteção ao solo contra a chuva. Eles devem ser utilizados apenas em locais com declives suaves.

Para o manejo das pastagens visando controlar a erosão, alguns pontos devem ser considerados:

- a) utilizar sementes ao invés de mudas, na formação ou na reforma de uma pastagem;
- b) realizar adubação e calagem das áreas de pastagens anualmente com base na análise do solo;
- c) dividir as áreas de pastagens, numa propriedade rural, em piquetes, nos quais deverá haver bebedouros e cochos, para que os animais se desloquem pouco na área;
- d) adotar o sistema rotativo de pastoreio;
- e) não utilizar o fogo na reforma da pastagem.

Áreas com bosques sombreados são recomendadas para a proteção dos animais em dias frios e quentes. Os quebra-ventos também podem ser utilizados para a proteção contra o frio. Nos locais mais íngremes, beiras de represas, riachos, rios e voçorocas, os reflorestamentos com espécies frutíferas e florísticas permitem o repovoamento da fauna silvestre, o que tem um reflexo direto na preservação da qualidade ambiental.

ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS

A estrada pode ser conceituada, segundo Politano et al. (1989), como uma faixa do terreno com características geométricas especiais, sistematizadas e com piso preparado, que serve como via de circulação de veículos. A função de uma estrada é garantir o intercâmbio entre as diversas atividades humanas, como as sociais, culturais e políticas. Uma estrada deve então possibilitar o deslocamento seguro, rápido e confortável dos veículos, das pessoas e dos animais.

Diversos materiais, como argila, areia, saibro, cascalho, pedregulho e piçarra, podem ser utilizados na construção das estradas rurais ou vicinais de terra. O termo saibro refere-se a material granular composto por areia e silte proveniente da alteração de rochas; já piçarra refere-se a material grosseiro formado por fragmentos de rocha alterada ou fraturada

(Santos et al., 1988).

Uma estrada de terra deve apresentar boa capacidade de suporte, rolamento e aderência. A capacidade de suporte é função de características relacionadas com a maior ou menor resistência do leito da estrada à deformação. As deformações mais típicas são: ondulações e rodeiros. Quanto ao rolamento, uma boa pista não deve apresentar buracos e/ou materiais soltos que interfiram na comodidade e segurança do tráfego (Santos et al., 1988). Uma pista também não deve permitir a patinação dos veículos. Materiais mais grosseiros como cascalhos e areia podem proporcionar boas condições de atrito e de aderência numa pista. Um cuidado, no entanto, deverá existir com relação à utilização destes materiais, qual seja, o uso de um aglutinante para unir os cascalhos e a areia. A argila é o aglutinante mais indicado. Assim, após o revestimento da pista com esta mistura, é recomendável a execução da sua compactação.

O leito das estradas rurais deve ser mantido próximo ou mais elevado que o nível das áreas circunvizinhas. As operações de patrolagem sistemáticas são condenáveis, pois, com as raspagens constantes, tem-se como consequência a remoção da camada de solo mais resistente e compactado, além da exposição das camadas menos resistentes do perfil deste solo. Tem-se, ainda, de forma praticamente irreversível, uma estrada encaixada, o que inviabiliza a drenagem do leito da estrada e a implantação de sistemas de drenagem (Santos et al., 1988). Assim, fica clara a necessidade de um bom sistema de drenagem para as estruturas rurais. Os sistemas de drenagem aplicados às estradas vicinais de terra têm por objetivos, segundo Santos et al. (1988):

- a) diminuir a quantidade de água conduzida através da estrada, por meio de obras, tais como canaletas, cristas em cortes, saídas laterais (sangras) bueiros, passagens abertas, etc.;
- b) proteger a pista de rolamento, para impedir que as águas corram diretamente sobre ela. Este objetivo é normalmente cumprido com o abaulamento transversal da pista e concomitante proteção das laterais.

Outra atitude que deve ser evitada, é o

encascalhamento da pista, visto que é de pouca eficiência, baixa durabilidade e dispendioso. Assim, o revestimento primário da pista assume importância considerável na construção de uma estrada. A espessura da camada de revestimento deve ter de 10 a 20cm. O material para sua composição deve ser composto por areia, cascalhos e argila, na proporção em volume de 1 de argila para 2,5 de material grosseiro (Santos et al., 1988). Para o revestimento da pista, é necessária a execução de operações de sistematização ou regularização, compactação e escarificação do leito da estrada, distribuição da mistura, umedecimento ou secagem, no caso de o material já estar úmido devido às chuvas. O solo deve ser compactado num teor ótimo de umidade. A compactação deve ser executada com um rolo, passando em torno de oito vezes no leito da estrada, no sentido da sua borda para o seu centro.

Há uma outra operação de revestimento do leito chamada agulhamento. O agulhamento é uma operação de cravamento de material grosseiro, por compactação, num subleito argiloso ou numa camada argilosa sobre o subleito (Santos et al., 1988). Os materiais utilizados para o agulhamento são pedregulhos, cascalhos e piçarras com dimensões superiores a 2,5cm. Em termos técnicos, têm eficiência e durabilidade menores que o revestimento primário comentado anteriormente. Normalmente, só são utilizados em locais onde o revestimento primário for ineficiente como camada protetora do leito da estrada. Para a sua execução, há necessidade de regularização da pista, escarificação do subleito, lançamento e espalhamento de materiais grosseiros e aglutinantes, revolvimento dos materiais, umedecimento ou secagem e compactação.

Segundo Santos et al. (1988), os problemas mais comuns em estradas de terra são: falta de capacidade de suporte do subleito; deficiência da superfície de rolagem; deficiência do sistema de drenagem; ondulações, rodeiros (deformações na pista pelos pneus dos veículos), atoleiros, areiões de espigão e de baixada (locais de sedimentação); excesso de pó; afloramento rochoso; pista molhada ou seca derrapante; costelas de vaca; segregação lateral; erosões.

As ondulações, rodeiros e atoleiros têm

por origem a falta de capacidade de suporte da pista ou a de sistemas de drenagem. Em solos arenosos nos espigões, há acúmulo de areia, o que dificulta o tráfego dos veículos. Já nos trechos de baixada, a erosão deposita areia, dificultando, também, o tráfego dos veículos. A produção de pó no leito de uma estrada é consequência do uso de materiais de granulometria muito pequena, o que ocasiona dificuldade de visibilidade e diminui a vida útil dos motores automotivos. A exposição de material rochoso torna a pista bastante irregular, diminuindo a segurança do tráfego ou mesmo impedindo a passagem dos veículos. As pistas derrapantes, quando molhadas, são consequência da ausência de um bom sistema de drenagem. Já quando secas, tornam-se derrapantes e a grande causa disto é o encascalhamento. As costelas de vacas são ondulações transversais originadas por um acúmulo de material grosseiro, devido a um encascalhamento do leito da estrada. Quando o material grosseiro de qualquer dimensão, sem um ligante, é lançado pelas rodas de um veículo para a lateral da pista, ocorre o que se denomina segregação lateral. Já a formação de buracos ocorre por um processo contínuo de remoção de remoção e expulsão de material sólido pelas rodas de um veículo, principalmente nas depressões do leito da estrada onde há um acúmulo de enxurrada. A erosão nas estradas ocorre, principalmente, pelo seu uso como canal escoadouro, locação errônea, excessiva patrolagem do leito da estrada e falta de sistemas adequados de drenagem.

Construções de estradas

Uma estrada rural pode ser construída com um declive no sentido transversal, com um canal coletor lateral, como representado na Figura 1. O declive da estrada permite que a enxurrada deságüe num canal sem danificá-lo.

Estrada convexa ou abaulada

Este tipo de estrada possui dois canais laterais coletores. O leito da estrada é abaulado num nível mais elevado que o dos canais coletores (Fig. 2). Assim, a enxurrada escoar transversalmente ao sentido longitudinal da estrada e deságua nos canais coletores (Ganassin, 1984).

Estrada com deságüe

É uma estrada com o leito elevado, que não permite que a enxurrada deságüe (Fig. 3). O deságüe ocorre em canais de terraços de absorção ou em caixas sucessivas laterais (Ganassin, 1984).

É importante salientar que os canais coletores, canais de terraços e as caixas sucessivas laterais devem ser adequadamente dimensionadas. Maiores detalhes sobre o dimensionamento de canais e caixas laterais podem ser obtidos em Ganassin (1984), Bertoni & Lombardi Neto (1985) e Pereira (1987a).

Posicionamento de estradas e carreadores

As estradas principais deverão ser locadas preferencialmente nos divisores de água, ou acompanhando as linhas niveladas básicas. Os carreadores, também, devem ser locados acompanhando as linhas básicas. No caso de estradas locadas acompanhando as linhas niveladas, nas partes inferiores da encosta, estas devem estar

protegidas do escoamento superficial da parte superior por um terraço. O terraço subsequente ao de proteção da estrada deverá estar adequadamente dimensionado, para receber a enxurrada produzida na estrada e na área agrícola a montante do seu canal ou camalhão.

MANEJO DE VOÇOROCAS

As voçorocas são erosões hídricas na forma de sulcos avantajados, os quais não podem ser cruzados por máquinas agrícolas (Pereira, 1987a e Lepschi, 1991). Segundo Pereira (1987a), elas são originadas por diversos processos tais como: desenvolvimento de erosão em sulcos, quedas d'água, deslizamentos e movimentos de massas de solo devido à erosão subsuperficial e desbarrancamentos.

Segundo Ireland (1900), citado por Bertoni & Lombardi Neto (1985), as voçorocas são profundas quando têm mais de 5m de profundidade; médias, quando têm de 1 a 5m; e pequenas, quando possu-



Figura 1 - Estrada com leito inclinado para a margem superior

FONTE: Ganassin (1984).

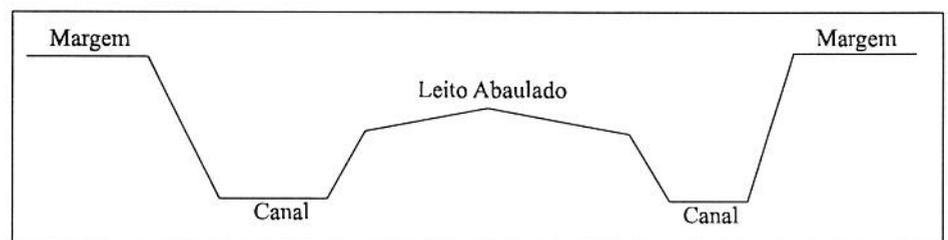


Figura 2 - Estrada com leito abaulado

FONTE: Ganassin (1984).

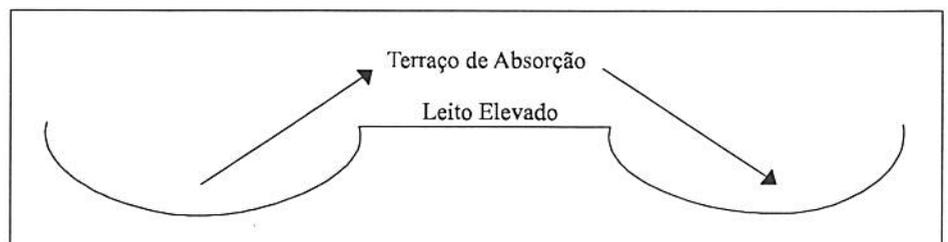


Figura 3 - Estrada com deságüe em terraços de absorção

FONTE: Ganassin (1994).

em menos de 1m. Já em função da área da bacia, elas são consideradas pequenas, quando a área de drenagem é menor que 2ha; médias, quando de 2 a 20ha; e grandes, quando maiores que 20ha (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

O manejo visando o controle das voçorocas deve ter os seguintes objetivos (Bertoni & Lombardi Neto, 1985 e Pereira, 1987a):

- interceptar a enxurrada na cabeceira da voçoroca;
- reter a enxurrada na área de drenagem para ser absorvida pelo solo;
- eliminar voçorocas com operações de cortes e aterros dos seus taludes;
- revegetar a área da voçoroca (fundo, margens e taludes);
- construir dissipadoras de energia ou para armazenamento da enxurrada;
- excluir gado nas suas margens e leito utilizando cercas divisórias laterais;
- controlar a sedimentação das voçorocas;
- eleva o nível do lençol freático com paliçadas de bambu;
- transformar a voçoroca num açude, após estudo das condições mineralógicas, geológicas e pedológicas, visando fornecer água para áreas de pastagens, irrigação, pulverização ou piscicultura.

Na elaboração de um planejamento de controle de voçorocas, alguns pontos fundamentais devem ser considerados:

- disciplinamento das águas superficiais;
- disciplinamento das águas subterrâneas;
- estabilização dos taludes da voçoroca.

O primeiro passo para disciplinar a água das chuvas e do esgoto urbano que chega até uma voçoroca, é desviá-la da cabeceira desta. Isto pode ser feito por meio de canais divergentes ou de terraços em desnível até outros canais divergentes e/ou escoadouros naturais ou artificiais. Nestes canais, a energia da enxurrada e/ou esgotos é dissipada.

Estruturas de captação e condução das águas superficiais são necessárias para o disciplinamento das águas da enxurrada e/ou esgotos. Tais estruturas podem ser ca-

nais de concreto armado ou de alvenaria, gabiões, barragem de pedra, barragem de arame, barragem de tocos de árvores ou de bambus, canais escavados no solo com proteção vegetal ou tubulações de concreto ou aço. A função destas estruturas é le-

var a enxurrada e/ou esgoto para galerias ou escoadouros naturais. Bertoni & Lombardi Neto (1985) relataram que estas estruturas mecânicas são utilizadas com as seguintes finalidades: controle da voçoroca, armazenamento de água; prevenção

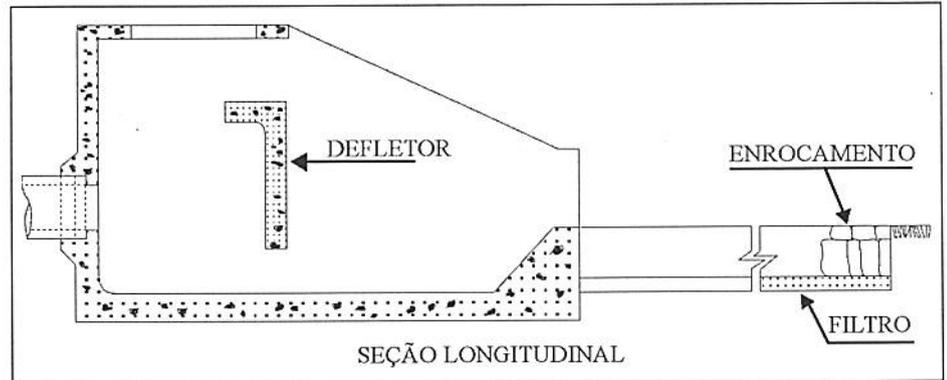


Figura 4 - Dissipador de energia tipo bacia de impacto
FONTE: Pontes (1980), citado por Controle... (1989).

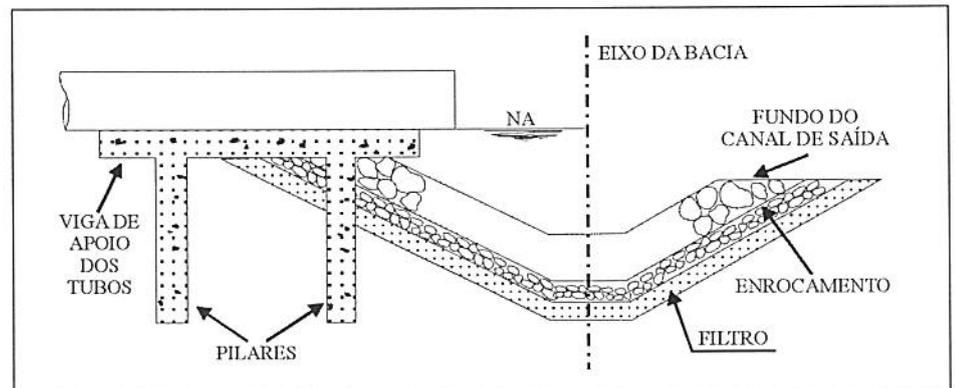


Figura 5 - Dissipador de energia tipo bacia de mergulho
FONTE: Pontes (1980), citado por Controle... (1989).

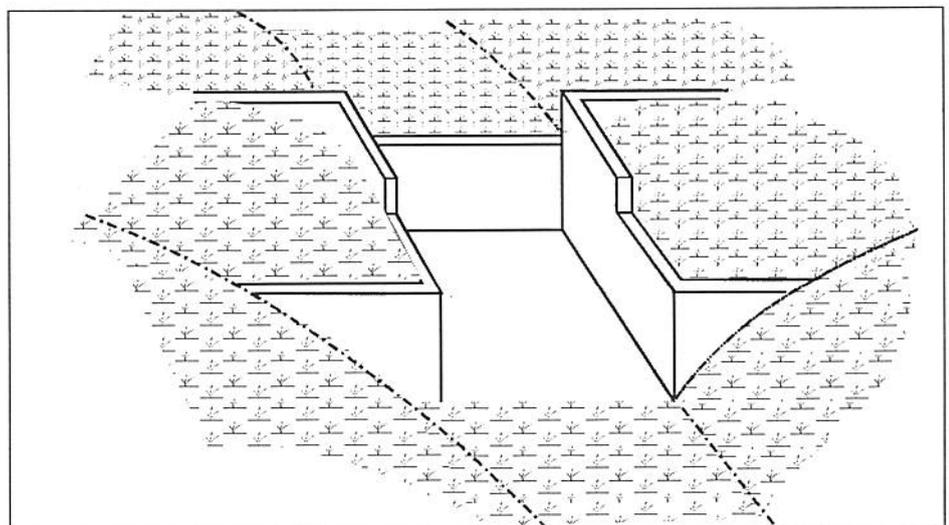


Figura 6 - Dissipador de energia tipo vertedor de queda
FONTE: OEA (1972), citado por Controle... (1989).

de enchentes; controle da velocidade do escoamento da enxurrada em canais escoadouros; controle de sedimentos; irrigação; drenagem; proteção de praias, barrancos de córregos e rios.

Existem estruturas para dissipação e controle da energia das águas superficiais, cuja função é diminuir a energia da enxurrada nos pontos de descarga. Dentre as estruturas dissipadoras de energia passíveis de serem utilizadas no manejo de voçorocas, temos (Controle..., 1989):

a) bacias de impacto: são normalmente indicadas para vazões de 11,0m³/s e velocidades de escoamento inferiores a 9,0m/s. A disposição de energia ocorre pelo impacto da enxurrada num defletor vertical suspenso e por torvelinhos que se formam, os quais causam perda de energia (Fig. 4);

b) bacias de mergulho: as águas descarregadas pelo emissário escavam o terreno até atingirem uma profundidade estável. A profundidade da bacia, ponto crucial para o seu dimensionamento, é dependente da vazão máxima do afluente, do diâmetro do conduto e do diâmetro dos blocos de encoramento para revestimento do fundo e dos taludes (Fig. 5);

c) vertedores: são estruturas construídas em locais de barramento da água escoada no interior da voçoroca, tendo como principal função a condução controlada da água em excesso. Destacam-se entre os mais comuns o vertedor de queda (Fig. 6) e o de tubulação.

OPERAÇÕES DE PREPARO E SEMEADURA EM NÍVEL

Este tipo de prática de controle da erosão pode ser locada, no campo, com um nível de precisão, com um nível de borraça, com um trapézio ou com um nível de pedreiro. Um ponto inicial é escolhido, preferencialmente na parte mais alta do terreno, e os demais pontos que estejam na mesma altitude do primeiro, são localizados com um dos referidos aparelhos. Com a localização destes pontos, loca-se uma curva em nível. Cada curva de nível locada é denominada de linha nivelada básica. As linhas niveladas básicas são locadas num espaçamento previamente determinado, em

função das características da área como: regime de precipitação, relevo, tipo, uso e manejo do solo.

A realização de operações de preparo e/ou de semeadura, em nível, é o primeiro passo na implantação de um sistema de práticas conservacionistas. É também o ponto de partida para que as demais práticas conservacionistas adotadas na área possam minimizar as perdas de solo por erosão. A disposição das plantas em nível intercepta a enxurrada com maior eficiência, que as dispostas no sentido morro abaixo. Os trabalhos de aração, plantio e tratos culturais são facilitados, se o preparo do solo for realizado em nível. A eficiência das máquinas e animais tracionando implementos aumenta, e como consequência há menor gasto de tempo e combustível, para a realização dos trabalhos mencionados anteriormente.

As operações agrícolas em nível possuem maior eficiência para declives de 3 a 8% (Pereira, 1987a). É, também, uma prática que deve sempre estar associada a outras práticas, visto que a sua eficiência em reduzir a erosão é de apenas 50% (Pereira, 1987a). Deve ser ressaltado que as operações agrícolas, quando realizadas em nível, proporcionam o parcelamento do declive. As linhas de plantas e os sulcos efetuados pelos implementos de cultivo, constituem uma barreira física ao livre escoamento superficial da enxurrada, o que favorece a infiltração de água no solo (Pereira, 1987a).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTOLINI, D.; GALETI, P.A.; DRUGOWICH, M.I. Tipos e formas de terraços. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, 1989, Campinas. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.79-98.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.
- CONTROLE da erosão: bases conceituais e técnicas – diretrizes para o planejamento urbano e regional – orientações para o controle de voçorocas urbanas. São Paulo: DAEE/IPT, 1989. 92p.
- GANASSIN, L. *Projeto de alargamento, melhoria e manutenção de estradas municipais rurais*. Curitiba: ACARPA, 1984. 10p.
- LEPSCH, I.F. *Manual para levantamento uti-*

litário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação. 2. imp. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

MANEJO e conservação do solo e da água: informações técnicas. Brasília: MA/SNPA/SRN/CCSA, 1983. 66p.

PEREIRA, V.P. de. *Práticas conservacionistas*. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1987a. p.2.1-2.24.

PEREIRA, V.P. de. *Terraceamento*. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1987b. p.3.1-3.57.

POLITANO, W.; LOPES, L.R.; AMARAL, C. *O papel das estradas na economia rural*. São Paulo: Nobel, 1989. 78p.

SANTOS, A.R. dos; PASTORE, E.L.; AUGUSTO JÚNIOR, F.; CUNHA, M.A. *Estradas vicinais de terra: manual técnico para a conservação e recuperação*. São Paulo: IPT, 1988. 125p.

**Veja na próxima edição do
INFORME AGROPECUÁRIO:**

CAPIM-ELEFANTE

- Cultivares de capim-elefante para o estado de Minas Gerais.
- Cerca elétrica para pastejo intensivo.
- Genética e melhoramento de capim-elefante e sua utilização para produção de leite.

LEIA E ASSINE O I.A.

Hidráulica dos Terraços

Antônio Marciano da Silva¹

INTRODUÇÃO

Os terraços constituem-se em estruturas hidráulicas que visam a auxiliar a conservação dos recursos naturais, solo, água, e, por conseqüência, vegetação, contra o efeito erosivo das águas pluviais, principalmente quando da ocorrência das chuvas intensas que originam o escoamento superficial (enxurrada).

O elemento ativo ocasionador da erosão é a água da chuva, havendo, pois, necessidade de se caracterizarem as condições de chuva, da qual se pretende proteger para conservar os recursos naturais mencionados.

AÇÃO DOS TERRAÇOS

A atuação dos terraços na conservação do solo ocorre pela interceptação do escoamento superficial que se forma nas encostas dos terrenos, reduzindo, assim, o comprimento da rampa e, conseqüentemente, o poder erosivo da água. Após a interceptação da água, o terraço poderá promover o seu escoamento, caso possua declividade (terraços de drenagem), ou retê-la temporariamente, até que ela se infiltre no solo (terraço em nível ou de retenção).

Sob o aspecto de conservação do solo, os dois tipos de terraço podem, se bem dimensionados, propiciar os mesmos resultados. Porém, sob o aspecto de conservação da água, deve-se dar preferência ao terraço em nível, pois ele possibilita a infiltração da água no solo, fazendo com que haja um aumento da água armazenada nele e até a recarga do lençol freático, o que, em termos finais, significa redução dos picos das vazões de enchentes e elevação das vazões de seca, ou seja, uma regularização natural das vazões.

Tradicionalmente, porém, a escolha de um ou de outro, está basicamente definida pelo tipo de solo. Assim é que, para solos com B textural, não se recomendam os terraços em nível, devido à baixa capacidade de infiltração destes solos.

Hidraulicamente, os dois tipos de terraço têm comportamentos distintos. O ter-

raço em declive funciona como um canal e o em nível, como um reservatório. Assim, aquele deve ser dimensionado de forma a dar vazão a todo o escoamento superficial, simultaneamente à sua ocorrência. Já o terraço em nível deve ter uma seção que seja suficiente para armazenar o volume de água gerado pelo escoamento superficial, para ser infiltrado, segundo a capacidade de infiltração do solo, no máximo até a ocorrência de uma nova precipitação.

Em função deste comportamento distinto, a caracterização da situação crítica quanto à chuva, ou seja, a chamada chuva de projeto, será diferenciada para os dois tipos de terraço.

CHUVAS INTENSAS

Chuva intensa é toda chuva cuja lâmina precipitada (ou intensidade média de precipitação) supera um valor mínimo, o qual é função do tempo de duração da chuva, como caracterizado pelo Gráfico 1, traçado com dados apresentados por Wilken (1978).

Observa-se que a intensidade média de precipitação decresce com o aumento do tempo de duração, ao passo que a lâmina precipitada aumenta. O Gráfico 1 relaciona apenas intensidade com duração, sem mencionar frequência. Há de se considerar ainda que tanto a intensidade quanto a lâmina precipitada dependem também da frequência com que os valores ocorrem. Os valo-

res mais elevados de precipitação ocorrem com frequência menor. Em Hidrologia, a forma mais usual de expressar a frequência, é através do tempo de retorno ou de recorrência (TR), o qual, para valores máximos, é definido como sendo o intervalo de tempo médio em anos, necessário para que determinado evento tenha seu valor igualado ou superado em pelo menos uma vez. A dependência da intensidade de precipitação com a duração e a frequência da chuva pode ser expressa por um modelo matemático geral, do tipo:

$$I_{m,m} = \frac{C * TR^m}{(t_d + t_0)^n}$$

Para a cidade de Lavras, MG, Silva (1992) obteve:

$$I_{m,m} = \frac{250 * TR^{0,14}}{t^{0,44}} \quad (p/t < 2h)$$

Sendo: $I_{m,m}$ em (mm/h) e t em (min), e

$$I_{m,m} = \frac{43,95 * TR^{0,14}}{t^{0,77}} \quad (6 < t < 24h)$$

Sendo: $I_{m,m}$ em (mm/h) e t em (h).

Para Lavras, têm-se as informações para as chuvas de um a cinco dias e TR de dois, cinco e dez anos, conforme se mostra no Gráfico 2.

ESCOLHA DA CHUVA DE PROJETO

Já se demonstrou que a intensida-

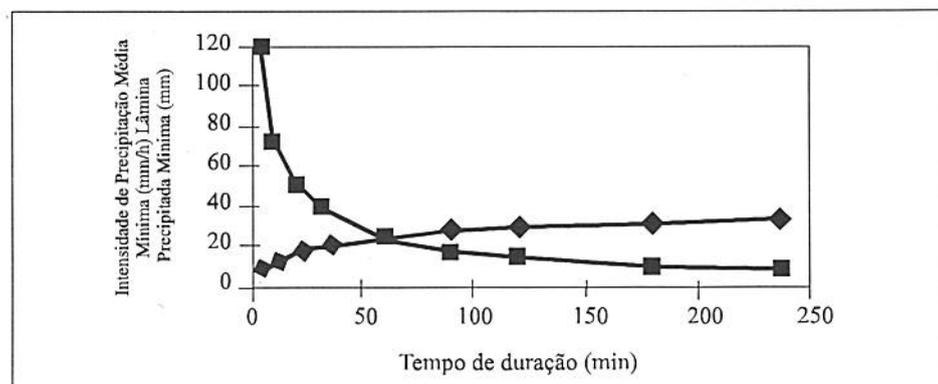


Gráfico 1 - Valores mínimos de intensidade de precipitação e lâmina precipitada característicos de chuvas intensas

¹Eng^a Agr^a, D.Sc. - Prof. Tit./Dep^{ta} de Engenharia/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras-MG.

de de precipitação ou a lâmina precipitada dependem da frequência e da duração da chuva:

- frequência: em geral, para terraço, adota-se TR = 2, 5 ou 10 anos.
- duração: o critério para fixação da duração da chuva depende do tipo de terraço.

Terraço em declive ou de drenagem

Neste caso, a duração da chuva deve ser igual ao tempo de concentração da área, o qual é definido como o tempo necessário para que toda a área de captação de água pluvial esteja contribuindo simultaneamente para a vazão de saída do terraço, ou seja, que contribui para drenagem é a mesma que promove a captação. Necessário se faz determinar o tempo de concentração da área.

Os métodos de estimativa do tempo de concentração (t_c) são os que se seguem:

- fórmulas:

$$\text{- Kirpich: } t_c = (0,87 * L^3 / H)^{0,385}$$

sendo: t_c em (h); L o comprimento do talvegue principal da área, em (km); H o desnível entre as extremidades do talvegue em (m).

- Equação de Bransby-Williams:

$$t_c = (L / 1,5 * D) * (A^2 / I)^{0,5}$$

sendo: t_c - tempo de concentração (h)

- L - distância até a seção de controle (km)
- D - diâmetro de um círculo cuja área seja a mesma da bacia (km)
- A - área da bacia (km²)
- I - declividade média da bacia (%)

- com base no tempo de escoamento superficial - neste caso, o tempo de concentração será a soma de dois tempos:

- tempo para o escoamento superficial atingir o terraço (t_r) o qual é função do comprimento da rampa (espaço entre dois terraços consecutivos) e da velocidade do escoamento superficial, que é dependente da declividade (I) e da cobertura vegetal, como se pode verificar pela equação a seguir, proposta pelo Soil Conservation Service (SCS) dos Estados Unidos.

$$V = K * I^{0,5}$$

sendo: V = m/s; I = m/m e K = coeficiente que é função do tipo de cobertura do solo, como descrito a seguir:

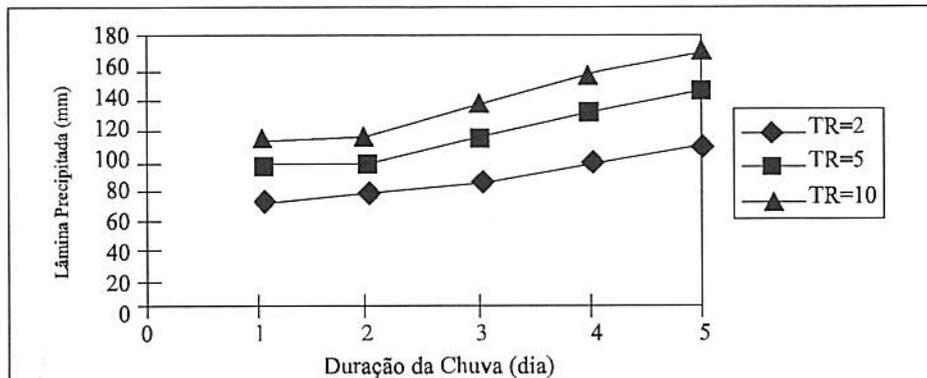


Gráfico 2 - Lâmina precipitada (mm) para diferentes tempos de duração (dia) e de retorno (TR) em anos, para Lavras, MG

- floresta com grande depósito vegetal na superfície do solo. Forrageiras:

$$K = 1,50;$$

- solo não-explorado. Cultivo mínimo ou nulo. Cultivo em faixas. Reflorestamento: k = 1,50;

- pastagens de baixo porte: k = 2,10;

- terreno cultivado. Ruas retilíneas: k = 2,70;

- solo nu. Formação de aluvião em leque: k = 3,00;

- canais com vegetação: k = 4,50;

- área pavimentada. Pequenas voçorocas ou sulcos de erosão: k = 6,00.

- tempo de escoamento dentro do terraço até a seção de efluência no canal escoadouro (t_t) que é função do seu comprimento e da velocidade do escoamento ao longo de sua extensão. A velocidade de escoamento depende da declividade, da rugosidade e da geometria (raio hidráulico) do canal. Em geral, deve estar compreendida dentro dos limites de 0,3 a 0,7 m/s (terraços sem vegetação), para se evitar a deposição de material transportado em suspensão ou a erosão do próprio terraço.

Exemplo: supondo um terraço que protege uma área cultivada em ruas de plantas retilíneas, cuja rampa possui 5% de declividade, com terraços espaçados de 20m, tendo um comprimento de 500m, tem-se:

- cálculo da velocidade e do tempo de escoamento superficial

$$V = 2,7(I)^{0,5} \rightarrow V = 2,7 * (0,05)^{0,5} \rightarrow V = 0,6 \text{ m/s}$$

logo, o tempo de escoamento superficial será: $t_r = 20/06 = 33\text{s}$

- cálculo do tempo de escoamento ao

longo do terraço (t_t)

Admitindo V = 0,5m/s

$$t = 500/0,5 \rightarrow t = 1000 \text{ s; logo,}$$

$$t_c = t_r + t_t = 33 + 1000 = 1033\text{s} = 17,20 \text{ min.}$$

Assim, para este caso, o tempo de duração da chuva será 17 minutos. Considerando a equação de chuvas intensas proposta para Lavras, obtêm-se as estimativas da chuva de projeto:

$$p/\text{TR} = 5 \text{ anos} \rightarrow I = 89,4 \text{ mm/h}$$

$$p/\text{TR} = 10 \text{ anos} \rightarrow I = 98,5 \text{ mm/h}$$

Terraço em nível ou de retenção

Neste caso, o tempo de duração da chuva deve ser tal que permita infiltrar a lâmina precipitada até o final do tempo, ou seja, a ocorrência de uma chuva posterior deve-se verificar na situação em que o terraço esteja totalmente vazio.

Esta condição é alcançada considerando-se dois fatores, a parcela de lâmina precipitada que se escoou até o terraço e a própria capacidade de infiltração do solo no terraço. Neste último, sofre uma redução significativa ao longo do tempo pelo processo de colmatação provocado pela decantação das partículas transportadas em suspensão.

No estado do Paraná, por exemplo, tem sido adotada uma lâmina de 140mm para dimensionamento do terraço tipo Murrundum.

Estimativa da parcela da chuva que escoou

Da precipitação (P) ocorrida, parte infiltra-se no solo e parte escorre sobre o solo, sendo esta última denominada pelos hidrólogos de precipitação efetiva (P_e), assim entendida como aquela capaz de for-

mar o escoamento superficial. A sua estimativa se faz com base no coeficiente de escoamento superficial (C), o qual pode ser encontrado no Quadro 1, em função do tipo de solo, cobertura vegetal e declividade do terreno.

$$\text{Logo, } P_c = P * C$$

QUADRO 1 - Valores do Coeficiente de Escoamento Superficial (enxurrada)

Classe de Declividade	Coefficiente de Enxurrada (C)
- Ondulada (5 a 10%) com culturas anuais com pastagens com florestas	0,60 0,36 0,18
- Montanhosa (10 a 30%) com culturas anuais com pastagens com florestas	0,72 0,42 0,21

DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO TERRAÇO EM NÍVEL

A seção transversal do terraço deve ser dimensionada de forma que o mesmo seja capaz de armazenar o volume de água escoado. Ela deve assim ser de preferência maior, por questão de segurança. A Figura 1 mostra o esquema proposto.

O volume escoado (V_E) pode ser calculado por:

$$V_E = P * C * D * L$$

No caso do comprimento L ser unitário, o volume escoado por unidade de comprimento, resulta:

$$V_E = P * C * D$$

O volume de armazenamento (V_A) resulta do produto da área de armazenamento

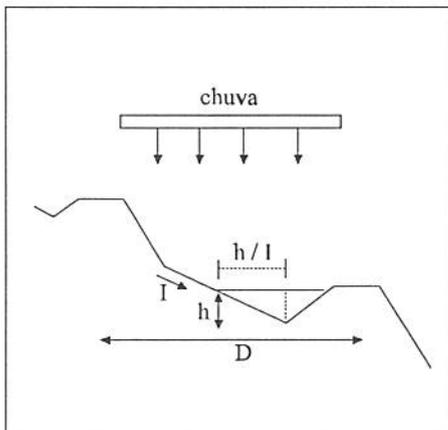


Figura 1 - Esquema do terraço tipo retenção

(A) pelo comprimento (L) do terraço:

$$V_A = A * L$$

para comprimento L, unitário, resulta:

$$V_A = A$$

Conforme se afirmou, deve-se ter:

$$V_A > V_E, \text{ ou seja, } A > P * C * D$$

A área de armazenamento ou de retenção (A) pode ser obtida por:

$$A = (h * h / I) = h^2 / 2I$$

logo,

$$h^2 / 2I > P * C * D = P * C * D$$

$$h \geq (P * C * D * 2I)^{0,5}$$

Exemplo: para o caso do Paraná:

$$h \geq (0,28 DI)^{0,5}$$

$$\text{Dados: } I = 10\% \quad D = 20\text{m}$$

$$h = (0,28 * 20 * 0,1)^{0,5} \rightarrow h = 0,75\text{m}$$

Para Lavras:

$$P = 110\text{mm} \quad C = 0,4 \quad I = 10\%$$

$$h \geq (0,11 * 0,4 * 20 * 2 * 0,1)^{1/2} \rightarrow h \geq 0,4\text{m}$$

DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE TERRAÇO EM DECLIVE

Como já comentado, o dimensionamento se faz como o de um conduto livre, ou canal; para tanto, devem-se utilizar das equações da continuidade e da resistência.

- equação da continuidade

$$Q = A * V$$

A - área da seção molhada; V - velocidade média do escoamento

- equação da resistência

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * I^{1/2}$$

sendo:

n - coeficiente de rugosidade de Manning (tabelado)

R - raio hidráulico ($R = A/P$)

I - declividade do canal (m/m)

P - perímetro molhado

O Quadro 2 apresenta os valores do coeficiente de rugosidade de Manning (n)

Os valores ou impostos de I são determinados de forma diferenciada, conforme o caso. Assim é que, para o caso de terraços, estes devem ser condizente com o tipo de solo. Solos de textura grossa podem ter $I < 0,3\%$; solos de textura média $I < 0,5\%$; e os de textura fina $I < 0,6\%$.

Para o caso do canal escoadouro e/ou de diversão, ela deve ser limitada pelas velocidades admissíveis, que são variáveis de acordo com o tipo de cobertura e o tipo de solo, conforme apresentado nos Quadros 3 e 4.

QUADRO 2 - Valores do Coeficiente de Manning

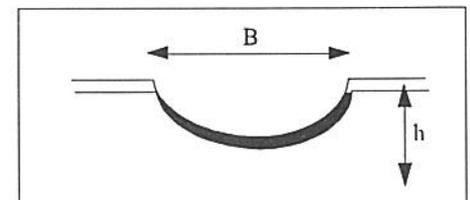
Natureza do material	n
Concreto bem-acabado	0,010
Concreto com acabamento grosso	0,016
Alvenaria de tijolo	0,013 a 0,018
Terras com sedimentos finos	0,016
Terras com sedimentos médios	0,017 a 0,027
Terras com sedimentos grossos	0,030
Vegetação	
- Grama em boas condições	0,030
- Vegetação densa rasteira	0,035
- Vegetação densa arbusto	0,050 a 0,0800

QUADRO 3 - Velocidade Permissível nos Canais Escoadouros em Função do Revestimento Vegetal

Revestimento Vegetal do Canal Escoadouro	Velocidade Máxima Permissível (m/s)
Gramado	2,0 - 2,5
Capins	1,5 - 2,0
Leguminosas	1,0 - 1,5

- equações para as seções transversais mais usuais

a) seção parabolóide

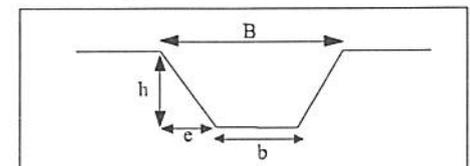


$$A = \frac{2}{n} * B * h; \quad a = 1,5 * A/h$$

$$P = B + \frac{8 * h^2}{3 * B}$$

$$R = \frac{B^2 * h^2}{1,5 * B^2 + 4 * h^2}$$

b) seção trapezoidal



- Inclinação dos taludes (m)

$$m = e/h$$

- Área da seção (A)

$$A = b \cdot h + m \cdot h^2$$

- Perímetro molhado (P)

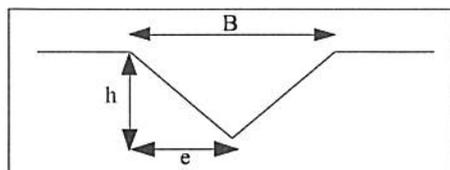
$$P = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{0,5}$$

- Raio hidráulico (R)

$$R = (b \cdot h + m \cdot h^2) / [b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{0,5}]$$

$$B = b + 2 \cdot m \cdot h$$

c) seção triangular



- Inclinação do talude (m):

$$m = e/h$$

- Área da seção (A)

$$A = m \cdot h^2$$

- Perímetro molhado (P)

$$P = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{0,5}$$

- Raio hidráulico (R)

$$R = (m \cdot h) / [2 \cdot (1 + m^2)^{0,5}]$$

$$B = 2 \cdot m \cdot h$$

Estimativa da vazão para terraços em declive

A vazão (Q) na seção de saída do terraço pode ser estimada pela equação racional,

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

onde:

Q - vazão (m³/s)

C - coeficiente de escoamento superficial ou de enxurrada obtido em tabela em função do solo, do declive

e da cobertura vegetal

I - intensidade de precipitação, p/TR e t_d conhecidos (mm/h)

A - área de captação da chuva (ha)

Exemplo de cálculo de vazão, para as condições do terraço em que se estimou a intensidade de chuva:

$$\text{Área: } 20 \cdot 500 = 1 \text{ ha}$$

$$C = 0,4$$

$$I = 98,5 \text{ mm/h}$$

Dimensionamento propriamente dito

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{0,5}$$

Elementos conhecidos:

Q - Método racional

I - declividade

n - rugosidade

m - pode ser fixado

Elementos desconhecidos

A e R, ou seja, os elementos geométricos da seção do terraço.

Resolução:

Primeira alternativa: - fixar V

$Q = A \cdot V \rightarrow A = Q/V$; obtém-se assim o valor numérico de A que é função de b e h.

Da equação da resistência, obtém-se o valor numérico de R, que também é função de b e h, portanto têm-se duas equações com duas incógnitas, situação passível de solução.

Segunda alternativa: - por tentativas

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{0,5}$$

$$A \cdot R^{2/3} = \frac{n \cdot Q}{I^{0,5}}$$

Como os valores de n, Q e I são conhecidos, obtém-se o valor numérico de $A \cdot R^{2/3}$. Logo, fixa-se b ou h e atribuem-se valores ao outro até convergir para o valor de $A \cdot R^{2/3}$.

Exemplo:

Se $Q = 0,109 \text{ m}^3/\text{s}$; $n = 0,025$;

$I = 0,3\%$ e sendo a seção parabolóide,

Primeira alternativa: - fixando o valor de V

$$V = 0,6 \text{ m/s}$$

$$Q = A \cdot V \quad A = \frac{0,109}{0,6} = 0,1817 \text{ m}^2$$

$$A = 2/3 \cdot B \cdot h \rightarrow B = 0,272 \text{ h}$$

$$V = (R^{2/3} \cdot I^{0,5})/n \rightarrow R = (n \cdot V / I^{0,5})^{3/2} \rightarrow R = 0,1433$$

$$h^4 - 0,1296h + 0,02786 = 0 \rightarrow h = 0,40 \text{ m e } B = 0,68 \text{ m}$$

Segunda alternativa: - por tentativas

$$AR^{2/3} = (n \cdot Q / I^{0,5}) = 0,04975$$

Seção parabolóide: fixando-se o valor de h e atribuindo-se o de B

h	B	A	R	AR ^{2/3}	V(m/s)
0,35	1,8	0,187	0,1546	0,05375	0,63
0,35	0,76	0,177	0,149	0,04972	0,615
0,40	0,70	0,187	0,143	0,0509	0,60

Seção triangular - supondo $m = 1,5$; fixando-se o valor de h e atribuindo-se o de B

h	B	A	R	AR ^{2/3}	V(m/s)
0,40	1,20	0,24	0,166	0,072	0,66
0,35	1,05	0,1837	0,1456	0,0508	0,606

Para maior segurança, recomenda-se dar uma margem de 10% sobre os valores encontrados ou aumentar em 10 cm a altura resultante para o terraço.

QUADRO 4 - Velocidade Permissível nos Canais Escadouros em Função da Textura do Solo e Condições de Conservação do Revestimento do Canal

Velocidade Permissível Enxurrada no Canal do Terraço de Diversão				
Textura do Solo	Velocidade Permissível m/s			
	Canal sem Vegetação	Vegetação do Canal		
		Pobre	Regular	Boa
Areno-limoso	-	-	-	-
Areno-barrento	0,45	0,45	0,75	1,05
Limo-argiloso-barrento	-	-	-	-
Areno-argiloso-barrento	0,60	0,75	1,05	1,35
Argiloso	0,75	0,90	1,35	1,65

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SILVA, A.M. da. Estudo básico do potencial hidro-climático para fins agrícolas. Lavras: UFLA, 1992. 50p. Relatório Final Projeto de Pesquisa-CNPq - Proc. n° 402364/91-0.
- WILKEN, P.S. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 478p.

Utilização de Fotografias Aéreas no Levantamento do Meio Físico, Visando o Planejamento Conservacionista

Luciane da S. C. Rostagno¹
Victor Gonçalves Bahla²

INTRODUÇÃO

As fotografias aéreas são indispensáveis para o reconhecimento da superfície terrestre. Isto porque proporcionam uma visão de conjunto, um conhecimento das inter-relações entre os elementos físicos da paisagem. Outras vantagens da fotointerpretação são: redução do tempo de trabalho; diminuição do custo e maior precisão no traçado dos limites. No que se refere aos trabalhos de levantamento dos recursos naturais, as fotos aéreas possibilitam uma ampla correlação entre os elementos do meio físico e o solo. Isto se observa "com base na hipótese de que solos semelhantes aparecem nas fotografias aéreas com padrões semelhantes e solos diferentes aparecem com padrões diferentes", de acordo com Frost (1960), citado por Vettorazzi (1985).

Uma das formas mais eficientes na distinção entre unidades de solo é a interpretação da rede de drenagem, mas não esquecendo das feições geomorfológicas. Tendo uma visão de cada elemento físico, como: vegetação, solo, drenagem, relevo e geologia, de uma região, é bem mais fácil entender suas inter-relações, que refletem a paisagem atual e possibilitam um desenvolvimento mais racional.

Este trabalho tem por objetivos ressaltar a importância da utilização da foto aérea no campo das ciências; abordar alguns pontos fundamentais para o entendimento da fotointerpretação; verificar a sua importância nos levantamentos de solos e por consequência no planejamento conservacionista.

FOTOGRAFIA AÉREA

A fotografia aérea é a imagem obtida

devido à reflexão da luz, por intermédio de câmaras fotográficas especiais acopladas numa plataforma suspensa (avião, balão, etc.). É ainda um sistema de detecção passivo, uma vez que não interfere na paisagem. Como o objeto é fotografado através de um sistema de lentes, a fotografia aérea é uma projeção central, e apresenta distorções radiais centrais que podem chegar, nas extremidades, a uma deformação de até 1cm. Estas distorções impossibilitam a utilização de medições direta nas fotografias aéreas, razão pela qual já existem aparelhos que corrigem este problema técnico. Quando se aplicam os métodos fotogramétricos nas fotos aéreas, elas podem ser utilizadas para fazer mapas topográficos e planimétricos.

Fotogrametria

Segundo Marchetti & Garcia (1977), fotogrametria "pode ser definida como a ciência e a arte de se obterem medidas dignas de confiança por meio de fotografias". Ela é utilizada com maior frequência para a elaboração de mapas plani-altimétricos a partir de fotos aéreas verticais.

A fotogrametria é dividida de acordo com o tipo de fotografias usadas ou com a maneira como são utilizadas:

- fotogrametria terrestre ou estereofotogrametria – neste caso as fotografias são tomadas de estações terrestres, com o eixo ótico da câmara na horizontal. Para isto, são utilizados teodolitos em combinação com a máquina fotográfica (fototeodolito) e terrágrafo, nome do restituidor usado. A desvantagem deste tipo de fotografia em comparação com a aérea é a presença de ângulo morto, ou seja, pontos que não são regis-

trados, devido às ondulações do terreno;

- fotogrametria aérea ou aerofotogrametria – aqui a estação de tomada das fotos é aérea, o que faz com que o ângulo morto desapareça. Esta técnica tornou-se mais utilizada para fins de mapeamento, uma vez que todas as dificuldades de acesso são ultrapassadas. Neste caso, os restituidores são chamados universais. A aerofotogrametria ou fotogrametria, como também é conhecida, é subdividida em função de as fotografias aéreas serem verticais ou oblíquas (inclinadas).

Vantagens e desvantagens quanto ao uso de fotografias aéreas verticais ou oblíquas

Disperati (1991) aponta as seguintes vantagens das fotografias aéreas verticais ou oblíquas.

Vantagens da vertical:

- sua escala é aproximadamente constante;
- é mais fácil para medir direção (ângulo);
- introduzindo-se na fotografia uma rede de coordenadas geográficas e informações colocadas às margens, ela pode exercer a função de um mapa;
- é mais fácil de ser interpretada, pois não há objetos que impeçam a observação dos demais;
- a observação estereoscópica é mais efetiva.

Vantagens da oblíqua:

- tendo a mesma altura de vôo e a mesma lente, essa fotografia abrange uma área muito maior;

¹Geógrafa – Mestranda/Solos e Nutrição de Plantas/Dept^a Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^a Agr^a, D.Sc. – Prof. Tit./Dept^a Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

- b) mesmo com cobertura de nuvens, há condição para realizar o recobrimento;
- c) sua interpretação é o mais natural, o que faz com que os objetos sejam mais facilmente reconhecidos;
- d) possibilita a visualização de objetos até certo ponto incobertos por outros.

Segundo Carre (1975), citado por Disperati (1991), as fotografias oblíquas são muito utilizadas, devido: à facilidade de obtenção; ao aspecto agradável e familiar da imagem e ao aumento da superfície do terreno coberto, o que resulta em um menor número de fotografias para recobrir uma área.

Do ponto de vista das desvantagens, é importante ressaltar que as fotografias aéreas verticais apresentam uma pequena variação da escala. Esta variação se deve ao relevo. Pela fórmula $1/E=f/Hv$, considera-se a superfície terrestre, pois a altura de vôo (Hv) é variável. Assim, objetos situados sobre planos com diferentes cotas serão reproduzidos em escalas fotográficas diferentes. Logo, os objetos mais próximos da câmara terão tamanho maior e os mais afastados terão tamanho menor. Já na carta topográfica (nos mapas), a escala permanece constante. Outro fator que altera a escala é o desvio lateral sofrido pelo avião com relação à linha de vôo, em função da ação do vento. A oscilação da asa faz com que o eixo ótico da câmara saia da posição vertical. Para que as fotos tenham um mínimo de inclinação, faz-se necessário que o avião tenha uma boa estabilidade. É importante dizer que quanto mais elevado o avião, maior é a sua estabilidade. Este desvio lateral está restrito a valores menores que 1%, graças aos atuais aparelhos de bordo.

A correção da escala pode ser feita determinando-se um objeto bem definido na foto, como uma barragem, uma ponte, etc., e conferindo sua medida no campo. Outra forma de correção é através da ortofotografia.

Ortofotografia

A ortofotografia é praticamente uma aerofoto comum, porém obtida dentro de um sistema de projeção ortogonal. Com isso, podem-se fazer medidas sobre o ortofoto, uma vez que a projeção central foi transformada em ortogonal, através dos ortorrestituidores.

Operações feitas através de fotografias aéreas

Algumas operações podem ser efetuadas a partir das fotografias aéreas, como determinação de escala, medidas de altura e elaboração de mapas planimétricos e topográficos.

Determinação de escala

A escala é uma relação existente entre uma distância medida no terreno e a sua correspondente no mapa ou na fotografia. Há uma dificuldade de se estabelecer uma escala precisa para uma fotografia aérea, porque ela não será a mesma em toda a foto, como já foi visto, devido à diferença da altura dos objetos fotografados. A escala do plano de referência, ou seja, a escala média de uma fotografia aérea é dada por: $S = f/H$, em que:

S = escala do plano de referência;

f = distância focal; e

H = altura de vôo.

Sendo que f e H são sempre expressos na mesma unidade.

Ou a escala aproximada é: $S_m = f/H-hm$, em que:

S_m = escala média; e

hm = média das elevações da superfície terrestre.

Outro método para se determinar a escala, é quando se tem conhecimento da distância entre dois pontos sobre a fotografia (df) e a mesma distância no terreno (dt), assim: $E_a = df/dt$. Pode-se ainda determinar a escala, quando se compara a distância de um objeto específico em uma carta, com o mesmo objeto na fotografia, pela fórmula: $E_f/E_c = df/dc$, em que:

E_c = escala da carta;

dc = distância na carta.

Medidas de altura

Baseada em fotografias aéreas, a medida de alturas pode ser feita:

- a) devido ao deslocamento dos objetos;
- b) através das sombras;
- c) através do uso da barra de paralaxe.

Como o uso da barra de paralaxe é o mais utilizado, faz-se necessário tecer alguns comentários. Ela tem por finalidade medir a distância entre os pontos e “pode ser usada com o estereoscópio de bolso e com o de espelho” (Marchetti & Garcia, 1977). De acordo com a Figura 1, a barra é constituída essencialmente por um micrômetro em forma de barra que pode, às vezes, ser solidário ao estereoscópio. Na barra, são fixadas duas placas pequenas de vidro (A_1 e A_2), contendo cada uma no centro um ponto chamado “ponto flutuante ou marca de medição”. Uma das placas é solidária com a barra, enquanto a outra pode mover-se na direção do eixo longitudinal, quando se gira um parafuso denominado micrométrico (B); pode-se, dessa maneira, variar a distância entre as placas de medição. O curso do parafuso é normalmente de 35mm. O eixo guia traz as divisões em milímetros (C), enquanto o parafuso micrométrico possui divisões com intervalo de 0,05mm (D), permitindo fazer estimativas até da ordem de um centésimo de milímetro. Cada giro completo do parafuso corresponde a um intervalo de curso de 1mm” (Marchetti & Garcia, 1977).

Elaboração de mapas planimétricos e topográficos

Por meio de triangulação radial, podem-se elaborar mapas planimétricos, com foto-

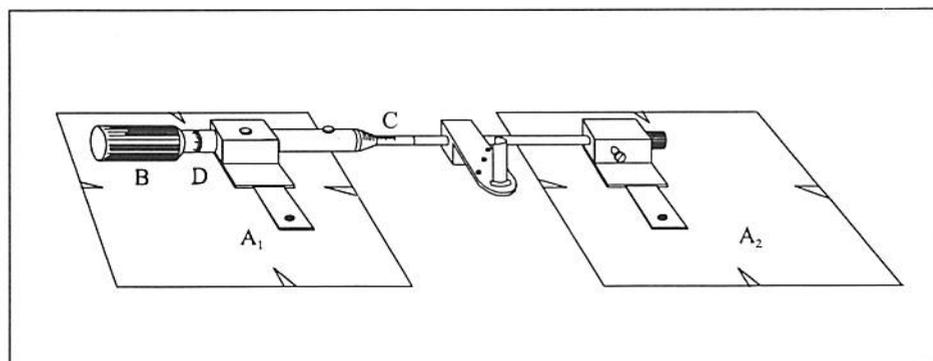


Figura 1 – Barra de paralaxe

FONTE: Marchetti & Garcia (1977).

Nota: A_1 e A_2 - Chapas de vidro; B - Parafuso micrométrico; C - Divisões em milímetros; D - Divisões com intervalo de 0,05mm.

grafias verticais ou utilizando restituidores para obtenção de mapas altimétricos usados para mapeamento pedológico. Esses mapas são os que dão a posição horizontal exata dos objetos, enquanto os topográficos dão também a elevação dos objetos. Quando se têm na área bons pontos de apoio, pode-se, por meio de fotografias aéreas, confeccionar um mapa topográfico.

Restituição

Este recurso é utilizado, quando se pretende, através dos restituidores, estabelecer a posição correta, em um mapa, do que foi fotografado, mas tendo como finalidade corrigir os deslocamentos de imagem, que são causados por inclinações; relevo; compensação da escala geral; determinação da orientação real das imagens e correlação da área do mapa ao sistema de coordenadas geográficas (Marchetti & Garcia, 1977). Logo, os restituidores são os aparelhos que "transformam" as fotografias em cartas e determinam a ângulo de inclinação da foto.

Câmara clara

Este tipo de câmara atualiza os mapas de forma prática e econômica. É muito importante para o fotointérprete, uma vez que permite projetar a imagem de uma fotografia aérea vertical, atual, sobre um mapa e com isto atualizá-lo.

Projeções

Os principais tipos de projeção são: a central ou cônica e a ortogonal.

- a) projeção central ou cônica – os raios passam por um sistema central, que é o centro perspectivo (O). Como exemplo, têm-se as fotografias aéreas, nas quais a lente das câmaras representa os centros de perspectiva e o filme, o plano dos objetos fotografados;
- b) projeção ortogonal – todos os raios são projetados paralelamente entre si, formando ângulos retos com o plano de projeção. Como exemplo, temos as cartas e plantas topográficas.

FOTOINTERPRETAÇÃO

"Fotointerpretação é a arte de examinar as imagens dos objetos nas fotografias e

de deduzir a sua significação" (Marchetti & Garcia, 1977). Ela é fundamental para auxiliar os trabalhos de campo, mas não para substituí-los. Quando se realiza um levantamento de solos, a fotointerpretação usada previamente faz com que se economizem tempo e dinheiro. Essa é uma técnica muito aplicada em que se tem entretanto, limitação de acesso, por questão física, política e/ou financeira.

A chave da fotointerpretação é importante para a identificação dos objetos através de suas características fotográficas. Elas se baseiam em descrições e ilustrações típicas dos objetos. Principalmente no caso daqueles elaborados pelo homem, como campos de cultivo, estrada, área urbana, etc., as identificações são mais fáceis, pois os referidos objetos possuem contornos bem definidos e uniformes. Já a paisagem passa a ser interpretada, com facilidade, a partir da experiência de campo do fotointérprete.

Há distinção na forma de se trabalhar com a fotografia aérea:

- a) fotoleitura – é a identificação geral dos objetos. "É a forma mais simples de avaliar uma fotografia aérea, pois apenas descreve qualitativamente o que se observa" (Oliveira, 1994), como escola, estrada de ferro, importantes cursos d'água e classificação das principais formas de relevo;
- b) fotoanálise – esta forma compreende a fotoleitura e mais uma avaliação semiquantitativa, ou seja, atribui alguma característica ao objeto identificado. "O processo da fotoanálise é de grande valor no fornecimento de muitos dados básicos, principalmente aqueles susceptíveis de classificação" (Oliveira, 1994);
- c) fotointerpretação – compreende a fotoleitura e a fotoanálise, mas ainda envolve aspectos quantitativos; utilização de estereoscópio; maior detalhamento dos objetos observados e avaliação dedutiva e indutiva dos elementos fotografados, através da experiência de campo e prática do fotointérprete.

Crítérios de fotointerpretação

São diversos os elementos de reconhecimento que servem de apoio para a

fotointerpretação, como descritos a seguir.

Tonalidade fotográfica

É a variação do cinza, devido à quantidade de luz refletida por um objeto, registrada numa fotografia preto e branco. A tonalidade depende de fatores meteorológicos e do material fotográfico. Estando perfeita estas condições, ela irá refletir as características do meio físico, como:

- a) teor de umidade do solo;
- b) teor de matéria orgânica;
- c) tipo de vegetação;
- d) textura e estrutura do solo;
- e) geologia.

Em função da capacidade de um corpo absorver (mais ou menos) e refletir (mais ou menos) a luz, ele será registrado com tonalidades diferentes, ou seja, os objetos que fornecem mais luz possuem tonalidade mais clara. Dando como exemplo, solos argilosos e solos com maior teor de matéria orgânica, geralmente, possuem um maior poder de reter água. Na fotografia aérea, portanto, eles aparecerão mais escuros, o que torna fácil a sua delimitação. É importante ressaltar que, normalmente, o solo é mascarado por algum tipo de cobertura vegetal, logo a tonalidade é o melhor indicativo para a vegetação do que para o solo.

Textura fotográfica

É possível que objetos tenham a mesma tonalidade. No caso de ela ser diferente, o que vai distingui-los são os aspectos geométricos e a textura. Essa é reproduzida pelo conjunto de unidades muito pequenas para serem identificadas individualmente, o que depende da escala. Os tipos de textura podem variar em função das condições da vegetação e dos aspectos sazonais. Este é um critério bastante subjetivo e muito próprio no estudo da vegetação, mas que permite interferências sobre o solo e a geologia da região estudada.

Tamanho dos objetos

Esse critério varia segundo a escala, pois, quanto menor a ela for, menor será sua utilidade para a fotointerpretação. A escala é importante ainda, porque com a área e/ou volume facilita-se a identificação. Pode-se deduzir uma área, quando comparada a um objeto de área conhecida.

Cor

No caso das fotografias em preto e bran-

co em comparação com as coloridas, se, por um lado, há a vantagem econômica, por outro há a desvantagem da identificação de um menor número de detalhes. Isto porque o olho humano é capaz de distinguir 200 tons diferentes de cinza, enquanto que é capaz de distinguir 2000 combinações de cores. A desvantagem das fotos coloridas é a limitação da altitude de vôo, que por sua vez restringe a escala, pois as altas altitudes possibilitam a interferência de névoa e essa mascara as nuances das cores.

Forma dos objetos

Esse critério também depende muito da escala, que, se for muito pequena, será pouco utilizada. Como elemento de reconhecimento, a forma pode ser considerada uma expressão topográfica ou um contorno. Segundo Marchetti & Garcia (1977), as formas de erosão podem fornecer informações sobre a classe textural, a permeabilidade, a profundidade, a estratificação de camadas e outros atributos do perfil. As formas regulares são indicadoras de aspectos artificiais e as irregulares são indicadoras de aspectos naturais. "Solos de textura grosseira apresentam no geral sulcos de secção transversal em forma de V e gradientes longitudinais curtos e abruptos. Solos de textura média apresentam sulcos de perfil transversal em forma de V bem aberto, fundo plano, raso e com gradiente longitudinal suave e uniforme. Solos argilosos mostram sulcos com secções transversais em forma de U bem aberto e gradientes longitudinais suaves" (Marchetti & Garcia, 1977).

Sombras

Facilita o reconhecimento por proporcionar uma visão do perfil do objeto. Através da sombra, pode-se determinar a altura de objetos, mas a projeção tem que ser em uma superfície plana. A sombra pode produzir o efeito pseudoscópico, ou seja, a inversão do relevo (esse tema será abordado no tópico específico sobre estereoscopia).

Relação com aspectos do ambiente

Muitas vezes a interpretação é alcançada através da associação com elementos afins que apresentam evidências e resultam em informações objetivas. "O bom senso é o melhor guia para o uso deste fator, como meio de identificação" (Oliveira, 1994).

Por exemplo, em termos geológicos, as falhas podem-se apresentar como um deslocamento pronunciado de tipos de rochas reconhecíveis.

Vegetação e uso da terra

A vegetação natural de mata é indicativo de solos mais profundos e de boa fertilidade natural, mas essas condições vão-se modificando, à medida que a vegetação passa pelos cerrados e pelos campos limpos, predominante em solos arenosos. No caso das terras cultivadas, nos solos mais profundos e bem drenados, verifica-se a presença de pomares e nos solos hidromórficos há presença de hortaliças e arroz.

Padrão

Refere-se ao arranjo espacial das feições naturais, ou seja, dos elementos físicos, como geologia, relevo, vegetação, drenagem, etc. "Para a fotointerpretação, o padrão refere-se à visão plana bidimensional dos elementos fotográficos. Quando os elementos de reconhecimento do padrão tornam-se muito pequenos (fotos de escala pequena), passam a constituir uma textura fotográfica" (Marchetti & Garcia, 1977). Os padrões de drenagem são muito utilizados na fotointerpretação e representam os caminhos de convergência das águas de superfície e de subsuperfície, e recebem influência do tipo de solo, relevo, vegetação, litologia e estrutura das rochas. Extraído de Oliveira (1994) e Christofolletti (1980), seguem-se os mais importantes modelos de drenagem:

- a) dendrítica ou arborescente - os tributários distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno, e unem-se formando ângulos que não chegam a ser retos. Mas, quando estes ângulos retos aparecem nesse padrão, deve-se atribuir a fenômenos tectônicos; esse padrão é semelhante ao desenho dos ramos de uma árvore. São rios inseqüentes e não possuem controle determinado, pois se desenvolvem sobre rochas sedimentares de resistência uniforme ou em estruturas sedimentares horizontais. O material pode ser rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas. É típico de clima tropical e subtropical;
- b) retangular - há formação de ângulo reto no curso principal e nos tributários. Rede condicionada a sistemas de fa-

lhas ou pelo sistema de juntas ou de diáclases, ou seja, um notável controle estrutural. Sua ocorrência típica se dá em rochas sedimentares de estratos dobrados, em que alternam estratos de diferentes graus erosivos, ou está relacionada à composição diferente das camadas horizontais ou homoclinais. Esse padrão é uma modificação da drenagem treliça;

- c) radial - característico de topografia de forma circular ou oval, de onde os cursos d'água irradiam a partir de uma área central. Freqüente em áreas com estruturas dômicas e vulcões. Ela pode-se desenvolver sobre os mais variados embasamentos e estruturas;
- d) anelar - formado de uma série de cursos d'água de forma circular ou semi-circular. Ocorre normalmente associada a estruturas dômicas profundamente entalhadas, em estruturas com camadas duras e frágeis, sendo que a drenagem acomoda-se aos afloramentos das rochas menos resistentes. Esse padrão se difere do radial pelo fato de os tributários serem mais longos e de forma circular;
- e) paralela - série de cursos d'água que drenam mais ou menos paralelos entre si. Este tipo de drenagem normalmente é associado a regiões regularmente inclinadas e de grande extensão. Localiza-se em áreas onde há presença de vertentes com declividade acentuada ou onde existem controles estruturais que motivam a ocorrência de espaçamento regular;
- f) treliça - ocorrem afluentes alongados e retilíneos, paralelos entre si e o curso principal. Os cursos tributários secundários chegam aos principais, formando ângulos retos. Este padrão desenvolve-se principalmente onde há níveis de litologias diferentes aflorando paralelamente entre si, ou onde há falhas paralelas afetando as camadas. Sua ocorrência típica se dá em rochas sedimentares de estratos dobrados. O controle estrutural sobre esse padrão é muito acentuado, devido à desigual resistência das camadas inclinadas, aflorando em faixas estreitas e paralelas. É encontrado em estruturas sedimentares homoclinais, em estruturas falhadas e nas cristas anticlinais. Pode-

se também desenvolver em áreas de glaciação.

Recobrimento fotográfico

Segundo Oliveira (1994), para obter a estereoscopia, visão tridimensional, há necessidade do recobrimento fotográfico. Esse ocorre em dois sentidos: recobrimento lateral e longitudinal (Fig. 2).

- recobrimento lateral – compreende uma sobreposição de 30% das fotografias, entre duas linhas de vôo;
- recobrimento longitudinal – uma fotografia vertical deve recobrir a anterior em 60%, no sentido da mesma linha de vôo.

Estereoscopia

De acordo com Marchetti & Garcia (1977), estereoscopia “. . . é a ciência e a arte que permitem a visão estereoscópica (terceira dimensão) e o estudo dos modelos que tornam possíveis esses efeitos”. Ela proporciona, ao fotointérprete, um maior número de informações. Quanto mais acidentado o terreno, mais fácil será a análise através do estereoscópio. No caso da fotografia comum, ela é uma reprodução da visão monocular, que, possibilita ver a forma, a cor e o tamanho. A profundidade, porém, só é percebida através da visão binocular. Na visão estereoscópica (Fig. 3), a capacidade de perceber a profundidade é variável em função da distância interpupilar de cada pessoa. A profundidade é obtida pela observação de um mesmo objeto em posições diferentes, pois cada olho irá ob-

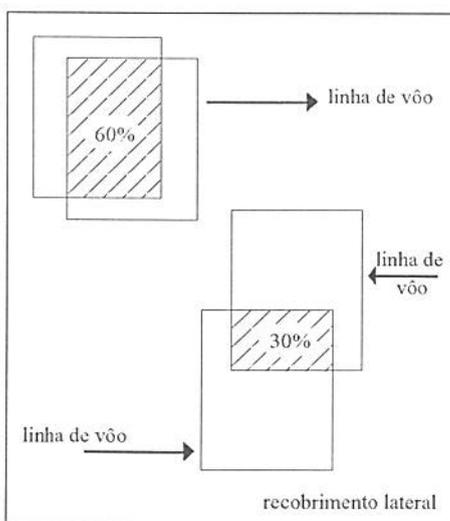


Figura 2 – Recobrimento fotográfico
FONTE: Marchetti & Garcia (1977).

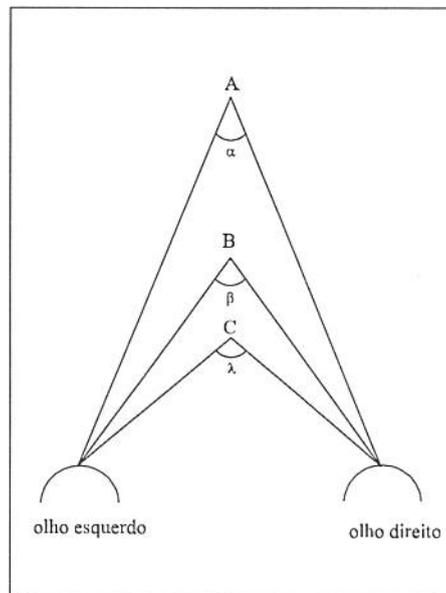


Figura 3 – Visão estereoscópica
FONTE: Marchetti & Garcia (1977).

servar uma imagem do mesmo objeto. As duas imagens se fundem no cérebro. Cada jogo de duas fotografias aéreas que possuam essas características é chamado estereopar.

Pseudo-estereoscopia

Pseudo-estereoscopia é a inversão do relevo, no plano vertical. Isto ocorre quando a foto que deveria ser observada pelo olho direito, é observada pelo esquerdo. Para que esse efeito seja evitado, é necessário orientar a sombra da fotografia sempre para o fotointérprete.

O estereoscópio, instrumento usado no estudo tridimensional das fotografias aéreas, está agrupado em:

- estereoscópio de lente ou de bolso – é um par de lentes positivas sustentada por uma armação simples de metal, de maneira a manter os olhos trabalhando independentemente e suas linhas de visão aproximadamente paralelas. O melhor estereoscópio, deste grupo, é o que permite a regulação da distância focal. As maiores vantagens dos estereoscópios de bolso são: a sua facilidade de transporte de manutenção e a sua simplicidade de manuseio, mas ele apresenta a desvantagem de ter um campo limitado para se trabalhar. Ele reproduz uma imagem ampliada de duas a três vezes, o que se chama de exagero vertical (tema abordado logo a seguir). A distância

entre os pontos conjugados deve ser igual ou menor que a distância focal do observador;

- estereoscópio de espelho ou de reflexão – permite uma observação mais cômoda, uma vez que se mexe muito menos com o par de fotografias e permite uma visão quase total do modelo estereoscópico. Os pontos conjugados ficam a uma distância de 21 a 24cm (Bittencourt, 1975).

Exagero vertical

Segundo Oliveira (1994), o modelo tridimensional, através da estereoscopia, não é uma reprodução fiel do terreno. Isto porque o relevo aparece bem mais acentuado do que na natureza. A escala vertical do modelo é maior que a escala horizontal. No eixo X (horizontal) a reprodução é fiel, já no eixo Y (vertical) há um exagero de até três vezes. Esse exagero dá um maior detalhamento (contraste) entre as feições geomorfológicas, ou seja, permite que pontos de pequena diferença de altura sejam cotados com maior facilidade. Para evitar erros, não se deve esquecer do exagero vertical, quando se trabalha com declividade.

FOTOINTERPRETAÇÃO APLICADA A SOLOS

A fotografia aérea, como já foi visto, é fundamental para o estudo dos recursos naturais. No caso de solos, a sua utilização também é importante, para identificar domínios diferentes; marcar com grande precisão os limites e realizar representações cartográficas.

Os solos podem ser estudados através de índices numéricos: quando esses índices forem semelhantes, pode-se esperar os mesmos tipos de solos ou, ainda, através dos elementos de reconhecimento. Este estudo vai depender do fotointérprete, pois é descritivo e um pouco subjetivo.

No índice numérico, a rede de drenagem é o principal elemento de reconhecimento. O padrão de drenagem é em grande parte função da relação infiltração/deflúvio. Essa relação está muito ligada às características do solo, sem esquecer das influências do clima, da vegetação, do relevo. Segundo Marchetti & Garcia, (1977), “Solos relativamente arenosos, devido à textura grosseira, favorecem a infiltração em detrimento do deflúvio, mostrando um padrão

um pouco denso. Solos relativamente argilosos oferecem maior resistência à infiltração, favorecendo o deflúvio e criando um padrão de drenagem mais denso”.

Seguindo a hierarquização proposta por Horton (1945), os drenos de ordens inferiores fornecem informações sobre o substrato ou solo sob os quais se instalam, e essas informações podem ser extraídas pela fotointerpretação. Já os rios de ordens maiores fornecem informações sobre o controle estrutural. Caso o controle não seja expressivo, os drenos maiores representarão a espessura e a natureza do material.

Horton (1945) definiu os seguintes índices no estudo da rede de drenagem:

- a) densidade de drenagem (Dd) – é a relação entre o comprimento total dos drenos da sub-bacia e a área dela, portanto: $Dd = \Sigma L/A$,

onde:

Dd = densidade de drenagem (km/km²),

ΣL = comprimento total dos drenos (km),

A = área (km²).

Segundo Oliveira (1994), de acordo com Horton (1945) valores altos de Dd podem indicar:

- solos pouco permeáveis e a possível presença de materiais argilosos;
- presença de vegetação menos densa, ou mesmo ausência;
- rochas pouco resistentes;
- relevo mais movimentado.

- b) frequência de rios (Fr) – é a relação entre o número total de rios da rede de drenagem e a área da sub-bacia, portanto: $Fr = N/A$,

onde:

Fr = frequência de rios (tributários/km²),

N = número de tributários,

A = área (km²).

- c) razão de textura (T) – é a relação entre o número total de drenos e o perímetro da sub-bacia. Essa razão foi determinada por Smith (1950) e foi adaptada para a fotografia aérea por França (1968).

portanto: $T = N/P$,

onde:

T = razão de textura (drenos/km de perímetros);

N = número total de drenos;

P = perímetro da sub-bacia (km).

Fotopedologia

A parte da fotointerpretação que se dedica ao estudo dos solos, denomina-se fotopedologia. De acordo com Amaral & Audi (1975), a maior utilização da fotografia aérea no campo da pedologia se dá nos levantamentos de solos. Neste caso, a foto aérea serve como base cartográfica preliminar, que auxilia o roteiro dos trabalhos de campo e possibilita a separação das unidades de solo diretamente sobre as fotografias. A vantagem maior da foto aérea é a precisão no traçado dos limites dos diferentes solos, o que permite grande rendimento.

As fotografias aéreas não permitem a visualização do perfil, mas sim da superfície estudada, do conjunto dos elementos da paisagem que são de grande importância para o estudo de solos. Logo, elas são mais uma ferramenta de trabalho para a pedologia. O que a fotografia permite, com facilidade, é a diferenciação entre as unidades de solo, separando cada uma das demais por aspectos distintos extraídos da fotointerpretação.

Método de fotointerpretação para solos

Os três mais importantes métodos de fotointerpretação, citados por Amaral & Audi (1975), são os que se seguem:

- a) análise dos padrões – o princípio deste método é descrito por Frost (1960): “havendo entendido o ambiente original dos solos a serem estudados, o intérprete divide as unidades principais da paisagem em unidades menores e examina os elementos padrões locais com estereoscópio. Cada elemento padrão sugere certas condições de solo que podem ser estudadas independentemente. Se todas as deduções são concordantes, os solos podem ser identificados e descritos com razoável exatidão”. Este método requer muito conhecimento de geomorfologia;
- b) análise dos elementos – Buringh (1960) desenvolveu a análise da fotografia aérea com base nos elementos individuais e parte do princípio de que a maioria das características da superfície da terra está relacionada, em maior ou em menor grau, com o solo. Este

método proporciona uma série de mapas, que constitui o mapa de fotointerpretação para o levantamento de solos. Uma categoria de acordo com o relacionamento com o solo foi sugerida por Vink (1963), mas não cabe detalhá-la no presente trabalho;

- c) análise fisiográfica – estudado por Buringh (1960), este método depende de um grande conhecimento de geomorfologia, dos processos de erosão e de sedimentação e sua relação com solos. O processo de sedimentação pode ser: aluvial, marinho, lacustre, eólico, glacial e vulcânico. O processo de erosão pode ser: hídrico, eólico, glacial e químico.

Em qualquer um dos métodos, realiza-se a análise dos fatores ou elementos relacionados com o solo ou com suas condições. Então são considerados os “critérios de fotointerpretação para solos”. Esses são comuns aos três métodos, modificando-se um pouco a maneira de considerá-los.

Os principais critérios, em ordem de importância, são: relevo, rede de drenagem, aspectos erosivos, vegetação natural, uso atual, tonalidade e textura fotográfica. A vegetação natural é um bom critério, mas fica restrito às áreas onde resta esta vegetação. O uso atual não funciona como um bom critério, porque a fertilidade pode ser modificada e um solo com boa produção pode não representar solo de boa fertilidade natural. Como a rede de drenagem, a vegetação, a textura fotográfica e a tonalidade foram abordadas em tópicos anteriores, serão considerados aqui apenas o relevo e os aspectos erosivos.

Relevo

É o critério mais importante, devido ao destaque na análise estereoscópica. Sendo o relevo um dos fatores de formação do solo, admite-se que ao variá-lo haja diferença nos solos, o que não significa, entretanto, que variando o solo tem que haver variação do relevo. Em um mesmo relevo pode haver solos diferentes em função dos demais fatores de formação destes. Em levantamentos exploratórios, o relevo pode ser estudado de maneira geral, e nos levantamentos detalhados de maneira mais minuciosa. O estudo do relevo parte de uma visão do conjunto para posterior

detalhamento, ou seja, diferenciação das particularidades.

Aspectos erosivos

Este critério está relacionado à drenagem, pois estuda as formas e dimensões das feições produzidas pela erosão, que só é possível através da ação da água, e de importância para a fotopedologia. Isto porque a água, ao atingir a superfície, é responsável pela desagregação das partículas do solo. Posteriormente, há o transporte e sedimentação do material. Os aspectos erosivos oferecem muitas informações sobre a textura do solo e vão depender da declividade do canal, do volume e velocidade da água e da natureza do material. Em materiais argilosos, com o empacotamento de argila, o entalhamento em profundidade é difícil e o lateral é facilitado. O transporte, por sua vez, é facilitado devido à menor massa, mas, em função da agregação, a erosão é mais difícil.

Os materiais arenosos são mais pesados e de difícil transporte, porém, devido à falta de agregação, a erosão é mais fácil. A ação da água, em declive suficiente, tende a desagregar no fundo e transportar, atacando pouco lateralmente.

O silte é de fácil transporte e fácil desagregação. O entalhamento nesses materiais é profundo e o ataque lateral mais intenso.

LEVANTAMENTO E PLANEJAMENTO CONSERVACIONISTA

Segundo Lepsch (1975), "um levantamento de solos é efetuado com o exame e identificação dos solos no campo, o estabelecimento de seus limites geográficos, a representação em um mapa dos solos, a descrição dos solos mostrados no mapa e sua interpretação de acordo com as várias finalidades a que se possa destinar".

O levantamento pode ser feito em diversas categorias, em função da finalidade com que vai ser utilizado e das condições da área.

As categorias podem ser:

- a) levantamentos detalhados;
- b) levantamentos de reconhecimento;
- c) levantamentos de reconhecimento detalhado;
- d) levantamentos exploratórios;
- e) levantamentos esquemáticos e generalizados.

As principais prioridades de um levantamento de solos, segundo Lepsch (1975), são: determinar as características dos solos; classificar os solos em unidades definidas de um sistema uniforme de classificação, de acordo com nomenclatura padronizada; estabelecer e locar seus limites mostrando sua distribuição e arranjo em mapas; e prever e determinar a adaptabilidade dos solos para diferentes aplicações.

O levantamento de solos pode ser realizado e/ou utilizado tanto para fins científicos como para fins práticos. No primeiro caso, ele é útil para diversos campos da ciência, como: agronomia, geografia, geologia, etc; para a escolha de solos para a instalação de experimentos agrônomicos; para estudos de problemas de gênese de solo. No segundo caso, o levantamento possui maior aplicação e para que isto ocorra ele deve conter a carta de solos, a caracterização das unidades de mapeamento e a interpretação para uso imediato em problemas de agricultura. Por exemplo: nas práticas agrícolas, a interpretação de levantamentos de solos pode ser feita por intermédio de textos explicativos contidos nos relatórios, como por intermédio de mapas interpretativos. Esses agrupam ou separam as unidades de mapeamento de acordo com as características ligadas às finalidades para as quais são executados. Alguns exemplos de mapas interpretativos: adaptabilidade a certos tipos de cultura e práticas necessárias ao controle da erosão.

Visando um relacionamento harmonioso, entre o agricultor e o solo, é fundamental o Planejamento Conservacionista. Para a sua realização, necessita-se, segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990): "um levantamento das características condicionadoras da capacidade de uso do solo, uma vez que a utilização racional terá que levar em conta a potencialidade de exploração de cada gleba". Qualquer técnica de conservação do solo deve considerar a sua capacidade de uso, para que não haja diminuição de produtividade devido à erosão. O levantamento bem elaborado, contendo um grande número de informações sobre o solo, facilitará e proporcionará boas condições para o planejamento e um correto manejo do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.Z. do; AUDI, R. Fotopedologia. In: MONIZ, A.C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p.429-442.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. p.213-245.
- BITTENCOURT, I. Elementos de aerofotogrametria. In: MONIZ, A.C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 409-427.
- BURRINGH, P. The application of areal photographs in soil surveys. In: MANUAL of photographic interpretation. Falls Church: American Society of Photogrammetry, 1960. p.633-666.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980. 187p.
- DISPERATI, A.A. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato**. Curitiba: UFPR, 1991. p.40-45, 50-81.
- FRANÇA, G.V. de. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da Região de Piracicaba**. Piracicaba: ESALQ, 1968. 151p. Tese Doutorado.
- FROST, R.E. Photointerpretation of soils. In: MANUAL of photographic interpretation. Falls Church: American Society of Photogrammetry, 1960. p.343-402.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, Rochester, v.56, n.3, p.275-370, 1945.
- LEPSCH, I.F. Levantamento de solos. In: MONIZ, A.C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p.369-375.
- MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.L. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1977. 257p.
- OLIVEIRA, A. **Fotointerpretação e fotogrametria**. Lavras: ESALQ, 1994. 91p. Apostila elaborada para o curso de Fotointerpretação Aplicada a Solos.
- SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, New Haven, v.248, p.655-688, 1950.
- VETTORAZZI, C.A. **Fotointerpretação de bacias hidrográficas e redes de drenagem em cinco solos da região do rio Ribeira de Iguape no estado de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ, 1985. p.1-29. Tese Mestrado.
- VINK, A. **Aerial photographs and the soil sciences**. Paris: UNESCO, 1963.

Compactação do Solo Devido à Mecanização Florestal: Causas, Efeitos e Práticas de Controle

Cristiane Valéria de Oliveira¹
Victor Gonçalves Bahia²
Miralda Bueno de Paula³

INTRODUÇÃO

A exploração florestal no Brasil iniciou-se logo após a descoberta do país, em 1500. O extrativismo do pau-brasil, essência usada na indústria de tinturaria, tornou-se a primeira atividade comercial na colônia.

Ao longo do tempo, a descoberta de outras espécies de valor comercial e também a necessidade de novas fronteiras para a agricultura e a pecuária fizeram com que a destruição das florestas brasileiras aumentasse em larga escala.

Houve, então, incentivos governamentais, com o objetivo de reflorestar áreas desmatadas, aumentando assim a produção de madeira no país. No entanto, a crise energética, gerada pelo alto custo do petróleo e seus derivados, aumentou a demanda de madeira por causa de sua utilidade como fonte alternativa e renovável para a geração de energia (Volpato, 1991).

Atualmente, o desenvolvimento da atividade florestal vem aumentando a importância econômica desse setor para o país, sendo que esta atividade contribui com 4% na formação do Produto Interno Bruto (PIB), gerando para a balança comercial mais de 1 bilhão de dólares, além de empregar 3,5% da população economicamente ativa no meio rural.

Até poucos anos, a exploração florestal era baseada na existência de mão-de-obra abundante e barata. Entretanto, há, atualmente, uma crescente dificuldade na obtenção de mão-de-obra, causada principalmente pelo êxodo rural, o que aumentou a utilização de maquinaria na explora-

ção florestal (Salmeron, 1980). Segundo o mesmo autor, o tráfego de máquinas pesadas, necessárias à exploração florestal, pode provocar alterações nas condições físicas do solo, causando a compactação.

Compactação é o ato ou ação de forçar a agregação das partículas do solo e, por sua vez, reduzir o volume por elas ocupado. Ela pode ser descrita em termos da tensão aplicada no solo e das mudanças resultantes nas condições dele. As mudanças que ocorrem nas propriedades físicas do solo incluem: aumento na densidade natural do solo, decréscimo no volume de macroporos, infiltração e movimento interno de água mais lentos, aeração mais pobre e maior resistência mecânica do solo ao crescimento de raízes (Wolkowski, 1990 e Lal, 1991).

A intensidade da compactação do solo vai depender da pressão exercida pelos pontos de apoio dos veículos, de seus equipamentos, do número de vezes que os caminhos são atravessados e da textura e agregação do solo (Scople et al., 1992).

O conhecimento da compactação do solo e da sua relação com o sistema de exploração florestal é um aspecto importante para o manejo adequado das condições físicas do solo, a fim de aumentar a produção e a produtividade de madeira.

CAUSAS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Na mecanização agrícola e florestal, os índices de compactação são relacionados com os esforços provocados na superfície, mas outros fatores também exercem in-

fluência neles, como a percentagem de argila e o teor de umidade do solo (Cintra et al., 1983).

Solos argilosos são mais sujeitos à compactação, pelo fato de as argilas promoverem o fenômeno da plasticidade ao substrato, aumentando a coesão entre as partículas. Com relação à água, quanto maior o teor de umidade do solo (próximo ou na capacidade de campo), mais severa é a compactação, pois nestas tensões os solos têm baixa resistência à erosão e são muito susceptíveis à compactação (Baver, 1972).

Os solos florestais podem ser compactados por animais em pastejo e também pelas raízes das árvores, porém mais significativos são os efeitos da mecanização, ocasionados por veículos usados no manejo de florestas. O problema da compactação do solo em florestas difere daquele em solos agrícolas por causa da natureza das culturas, em particular o tamanho, o peso e o ciclo das plantas. As raízes persistentes e aplicam forças mecânicas por longos períodos, comparados com aqueles das plantas anuais. A derrubada e a manipulação de grandes árvores impõem cargas excepcionais aos solos. As máquinas empregadas na colheita, em geral, são muito pesadas e, combinadas com a movimentação e levantamento de toras, exercem grandes pressões no solo. Além disso, na preparação do solo, etapa inicial para a implantação de um povoamento florestal, podem-se alterar em grau elevado suas condições físicas (Mendonça Filho, 1986 e Scople et al., 1992).

¹Eng^a Agr^a, Mestranda/Solos e Nutrição de Plantas/Dept^o Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^a Agr^a, D.Sc. – Prof. Tit. /Dept^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

³Eng^a Agr^a, M.Sc. - Doutoranda em Fitotecnia – Pesq. CRSM/EPAMIG - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

Compactação sob as rodas dos veículos

A distribuição de pressão no solo sob as rodas dos veículos de acordo com Seixas (1988) dependerá:

- do peso do veículo, que determinará o total da força exercida;
- do tamanho da área de contato entre a roda e o solo, que determinará a quantidade de pressão exercida;
- da distribuição da força da área de contato;
- do conteúdo de umidade e da densidade do solo.

Compactação por implementos de preparo do solo

Quando as arações e gradagens são feitas sempre na mesma profundidade, principalmente em solos argilosos, podem originar as soleiras ou "pé-de-grade". Tais superfícies compactadas pela ação dos implementos, reduzem a permeabilidade do solo à água e restringem o desenvolvimento do sistema radicular às profundidades de ação dos implementos.

Se o problema torna-se mais grave, há necessidade de quebrar esta camada compactada, normalmente com o uso de subsolador. No entanto, o problema pode continuar ocorrendo com tal implemento, o que acaba apenas transferindo-o para camadas mais profundas (Seixas, 1988).

EFEITOS DA COMPACTAÇÃO

Desenvolvimento de plantas

A compactação aumenta a resistência à penetração de raízes. Quando elas não podem explorar o volume do solo, os nutrientes tornam-se de difícil acesso, pois, além de diminuir a massa radicular, a compactação age sobre as propriedades físicas do solo, as quais são de grande importância nos processos de transporte no solo, particularmente no movimento de água e de solutos (Wiersun, 1958).

Como a compactação faz com que as raízes cresçam mais no sentido horizontal que no vertical, em função da camada de impedimento, há maior concentração de

raízes próximo à superfície. No caso de estresse hídrico, os sintomas de falta de água ocorrem mais rapidamente (Goss et al., 1984).

Observa-se também que, além de se concentrar acima da camada compactada, as raízes também podem-se apresentar com alterações morfológicas, ou seja, curtas, grossas e escamosas. Tais características são próprias de raízes que crescem em ambiente redutor, pois a compactação pode causar encharcamento do solo, por causa da drenagem deficiente (Alston & Shierlaw, 1984).

Aeração

A aeração do solo depende primariamente dos macroporos que drenam a água rapidamente após uma chuva ou irrigação. Um solo perfeitamente aerado tem uma concentração aproximada de 20% de oxigênio. Como a compactação diminui a proporção de macroporos e aumenta a de microporos, para uma dada pressão, maior quantidade de poros estará ocupada com água, reduzindo assim o espaço poroso responsável pela difusão de O_2 e outros gases. O oxigênio é necessário à respiração das raízes e produz energia para a absorção de nutrientes. Para a maior parte das plantas, há um comprometimento do crescimento, quando a concentração de oxigênio do solo é menor que 10%. A compactação unida à alta taxa de precipitação diminui muito a concentração de oxigênio no solo (Asady & Smucker, 1989 e Bridge & Rixon, 1976).

Disponibilidade de nutrientes

O movimento de íons para as raízes é comandado por uma combinação de interceptação de raízes, fluxo de massa e difusão. A compactação, como já mencionado, aumenta a resistência do solo à penetração das raízes, o que diminui a disponibilidade de nutrientes, devido à menor área explorada pelas raízes. Com relação ao fluxo de massa, a compactação diminui a infiltração de água no solo, o que conseqüentemente diminui a quantidade de água absorvida pelas raízes, causando assim uma menor absorção de nutrientes através deste processo. No entanto, com o aumen-

to da densidade aparente do solo, a difusão também aumenta até atingir um máximo e depois decresce. Esse aumento deve-se a uma maior aproximação entre as partículas do solo e as raízes, o que diminui a distância que o íon deve percorrer até alcançar a raiz. Entretanto, mesmo causando esse aumento na difusão, pelo fato de diminuir a proliferação das raízes, a compactação do solo diminui a disponibilidade de todos os nutrientes para as plantas (Wolkowski, 1990).

Infiltração

Infiltração é o processo em que a água penetra no solo através de sua superfície. A compactação do solo influencia a infiltração pela alteração no tamanho e continuidade dos poros, causando uma drenagem interna deficiente e também reduzindo o movimento de água para as raízes, dois fatores que retardam o crescimento das plantas. Dependendo do tipo de solo, um pequeno aumento da densidade aparente do solo causado pela compactação, pode diminuir a taxa de infiltração em até 80%. A infiltração da água é provavelmente a característica do solo que melhor indica a ocorrência de um processo de degradação das características físicas dele (Cintra et al., 1983).

Erosão

O grau de erosividade de um solo é definido pela susceptibilidade que ele apresenta à erosão hídrica, em função de suas características como textura, mineralogia, estrutura, teor de matéria orgânica, infiltração etc. O fato de a compactação do solo diminuir a taxa de infiltração e também modificar a sua estrutura faz com que o solo se torne mais susceptível à erosão. A diminuição da infiltração da água no solo aumenta o escoamento superficial (run-off) e, conseqüentemente, aumenta a erosividade pela chuva por causa da maior quantidade de água que fica sobre o solo (Goss et al., 1984).

PRÁTICAS DE CONTROLE DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Para prevenção e melhoria das condições dos solos submetidos à compactação

em áreas florestais, existem técnicas culturais e mecânicas em que a viabilidade é função de cada situação.

Práticas culturais

Normalmente, admite-se que ciclos naturais de esfriamento/aquecimento e umedecimento/secagem são suficientes para diminuir os efeitos da compactação dos solos. No entanto, tal técnica exige grande disponibilidade de tempo, pois o local não deve ser trabalhado por um longo período. Atualmente, um processo que vem aumentando de importância, por causa do baixo custo, é a utilização de espécies de plantas que possuem o sistema radicular com capacidade de penetração em solos compactados, melhorando, assim, sua estrutura e aumentando seu teor de matéria orgânica. Outras práticas culturais que podem melhorar as condições de solos compactados, são a rotação de culturas, com aproveitamento de restos culturais, e a adubação orgânica.

Alguns trabalhos têm sido feitos com o objetivo de verificar a utilização de fertilizantes como um meio de controlar a compactação. Alguns autores demonstraram que, se houver a necessidade de subsolagem e se for feita uma adubação em profundidade, esta pode levar a um aumento da profundidade efetiva do solo, e a presença de raízes em maiores profundidades pode melhorar a estrutura do solo, combatendo assim a compactação. Há, no entanto, algumas dúvidas sobre se o custo de tal prática é compensável (Wolkowski, 1990).

Práticas mecânicas e controle de tráfego

O controle de tráfego é mais uma medida de prevenção do que de combate à compactação. Controlar o tráfego significa restringir a movimentação de veículos pesados a uma menor área, diminuindo os efeitos no desenvolvimento das culturas, ou mesmo, desenvolvendo máquinas que realizem várias operações ao mesmo tempo, o que vem diminuir, assim, a movimentação de equipamento pesado sobre o solo. Outra medida de controle é restringir o tráfego a épocas em que o solo se encontre

mais resistente à compactação, ou seja, quando ele estiver mais seco (Scople et al., 1992 e Mendonça Filho, 1986).

As práticas mecânicas para a recuperação de solos compactados são lavra, escarificação, gradagem, plantio direto, tratamentos culturais e, atualmente, por causa da alta degradação do solo, a subsolagem assumiu papel importante na descompactação do solo.

A subsolagem é uma técnica cara que consiste numa penetração do solo até camadas mais profundas. O objetivo é o mesmo de outras práticas mecânicas, ou seja, diminuir a resistência do solo à penetração de raízes e aumentar a infiltração de água. A subsolagem deve ser feita na época certa, para evitar que o subsolador forme uma camada compactada logo abaixo de seu raio de ação, camada esta conhecida como "pé-de-grade". Há vários tipos de subsoladores, como o de haste reta e semi-parabólica. A utilização de cada um depende de cada situação (Seixas, 1988). Segundo este mesmo autor, a utilização de determinada prática de combate à compactação depende do grau de compactação no qual o solo se encontra, da disponibilidade de recursos e do tempo.

A escolha entre as práticas deve partir de um profissional responsável, que possua conhecimento sobre a área de trabalho e conheça as possibilidades que nela se encaixam.

CONCLUSÕES

A compactação de solos florestais e o efeito na produtividade dependem da interação complexa de vários fatores, tais como, clima, características das árvores, propriedades do solo e práticas de manejo. O conhecimento destas interações e a realização de trabalhos que visem à prevenção e/ou combate à compactação são necessários para manter e melhorar a exploração florestal no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSTON, A.M.; SHIERLAW, J. Effects of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. *Plant and Soil*, The Hague, v.77, p.15-28, 1984.

- ASADY, G.H.; SMUCKER, A.J.M. Compaction and root modifications of soil aeration. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.53, n.1, p.251-254, Jan./Feb. 1989.
- BAVER, L.D. *Soil physics*. 4.ed. New York: John Wiley, 1972. 498p.
- BRIDGE, B.J.; RIXON, A.J. Oxygen uptake and respiratory quotient of field soil cores in relation to their air-filled pore space. *The Journal of Soil Science*, Oxford, v.27, p.279-286, 1976.
- CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J.; SCOPE, I. Caracterização do impedimento mecânico em um Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.3, p.323-327, set./dez. 1983.
- GOSS, M.J.; EHLERS, W.; BOONE, F.R.; HOWSE, K.R. Effects of soil management practice on soil physical conditions affecting root growth. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.30, p.131-140, 1984.
- LAL, R. Tillage and agricultural sustainability. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.20, p.133-146, 1991.
- MENDONÇA FILHO, W.F. Aspectos atuais da exploração florestal no Brasil: sistemas e mecanização. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1986, Recife. *Anais...* São Paulo: SBF, 120-127, 1986.
- SALMERON, A. *A mecanização da exploração florestal*. Piracicaba: IPEF, 1980. 10p. (IPF. Circular Técnica, 88).
- SCOPE, I.; ROCHA, H.O. de; MALINOVSKI, J.R. Riscos de compactação do solo na produção florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7, 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR-FUPEF, 1992. p.172-193.
- SEIXAS, F. *Compactação do solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle*. Piracicaba: IPEF, 1988. 9p. (IPF. Circular Técnica, 163).
- VOLPATO, C.E.S. *Otimização da produtividade e do custo de extração florestal com guincho-arrastador*. Viçosa: UFV, 1991. 106p. Tese Mestrado.
- WIERSUM, L.K. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant and Soil*, The Hague, v.9, p.75-85, 1958.
- WOLKOWSKI, R.P. Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability and crop growth: a review. *J. Prod. Agric.*, v.3, n.4, p. 460-469, 1990.

Manejo Visando à Conservação e Recuperação de Solos Altamente Susceptíveis à Erosão sob os Aspectos Físicos, Químicos e Biológicos

María Inês Nogueira Alvarenga¹
Daniela Abreu da Silveira²
Renato Ribeiro Passos¹
Victor Gonçalves Bahia³

INTRODUÇÃO

A história da erosão natural é muito antiga. Iniciou-se com as primeiras chuvas sobre a terra e continuou através dos tempos, num perfeito equilíbrio entre os processos de formação e desgaste do solo, o que modelou a paisagem atual. Enquanto a erosão geológica (natural) ocorre lentamente e de forma quase que imperceptível e pode ser considerada benéfica, sob o ponto de vista de sua importância na formação dos solos um outro processo, a erosão acelerada, tem contribuído para a degradação de grandes áreas e, em alguns casos, produzido efeitos catastróficos para o ambiente.

Esse processo degradativo aconteceu na medida em que a terra foi ficando mais populosa, o que aumentou em muito a necessidade de produzir alimentos. Em decorrência disso, as formações vegetais naturais foram aos poucos sendo substituídas gradualmente e de forma crescente por campos de cultivo agrícola e/ou pastagens, até chegar à situação crítica atual, consequência da destruição das matas e do uso indevido do fogo e do solo. Estes fatores permitiram que a chuva caísse sobre áreas desprotegidas e as enxurradas levassem grande parte da camada superficial do solo onde, na maioria dos casos, encontra-se todo o potencial produtivo (fertilidade, matéria orgânica, banco de sementes, microbiota).

SOLOS ALTAMENTE SUSCEPTÍVEIS À EROSIÃO

A avaliação da capacidade produtiva do solo, bem como a manutenção e o me-

lhoramento desta só têm efeito, quando o solo é considerado como parte do ecossistema.

Considerando que a erosão causa perda diferenciada de solo em função de sua variabilidade, as taxas de perda vão depender de sua susceptibilidade a essa erosão. Dessa forma, os solos podem ser mais ou menos susceptíveis à erosão, dependendo da ótica de observação, ou seja, do ponto de vista de sua pedogênese (fatores intrínsecos) ou do ponto de vista do manejo adotado (fatores extrínsecos). Dentre os fatores intrínsecos do solo que têm influência marcante sobre a erosão, destacam-se: pedoforma, textura, estrutura, teor de matéria orgânica, profundidade do solum, material de origem, em relação aos fatores extrínsecos citam-se, principalmente, classes de capacidade de uso, técnicas de preparo e cultivo do solo.

No que se refere às evidências de erosão, a paisagem de uma região pode apresentar um quadro contrastante. Entre as atividades do homem, aquelas podem ser consideradas como a expressão da topografia geral de uma região, que vem sendo esculpida ao longo dos anos, sob a ação dos processos erosivos (Resende, 1985). Portanto, no que diz respeito à erosão natural, a velocidade de formação dos solos é equilibrada com a velocidade de destruição, de tal forma que, no processo de formação do solo, os agentes formadores agem em harmonia com a natureza, ou seja, a taxa de pedogênese equivale à taxa de erosão natural. Considera-se, assim, que a pedogênese e a erosão são fenômenos antagônicos e necessários para a desenvolvimento dos solos, ocorrendo em toda

a superfície terrestre, mesmo sob vegetação exuberante.

De acordo com Resende (1985), nos lugares de declive mais acentuado, não só a erosão, mesmo que natural, é mais acentuada, como também, a pedogênese o é, devido à presença de minerais primários facilmente intemperizáveis bem próximos à superfície, local de intensa atividade biológica. Assim, a manutenção de uma camada de terra nessas áreas íngremes fica na dependência de uma erosão igualmente acelerada. Por outro lado, em solos com declives mais suaves, após uma taxa de pedogênese muito acentuada, é provável que todos os minerais primários facilmente intemperizáveis tenham desaparecido, tendo-se um solo profundo com taxa de pedogênese muito baixa, mas também com muito pouca erosão (Fig. 1). De acordo ainda com o mesmo autor, os fundos da grota (côncava) tendem a apresentar uma erosão mais desigual do que as elevações em forma de meia laranja (convexa), como pode ser observado na Figura 2. Somando-se a esses aspectos, em relação à textura, a erosão é maior nos solos mais arenosos, o que, entretanto, nem sempre ocorre, principalmente quando estes são muito permeáveis.

Ainda no que diz respeito aos fatores intrínsecos do solo, observa-se que os solos com horizonte A e B profundos (solum) são mais resistentes à erosão e que, considerando dois solos com solum de mesma profundidade, quanto mais profundo o horizonte C, mais susceptível o solo é ao voçorocamento. Também o substrato que origina o solo tem efeito marcante nas características deste. Via de regra, possui vegetação mais exuberante originada de

¹Eng^a Agr^a, M. Sc. – Doutorando em Fitotecnia/Dep^{de} de Agricultura/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^a Agr^a, Mestranda/Solos e Nutrição de Plantas/Dep^{de} Ciência do Solo/UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

³Eng^a Agr^a, D. Sc. – Prof. Tit. /Dep^{de} Ciência do Solo /UFLA – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

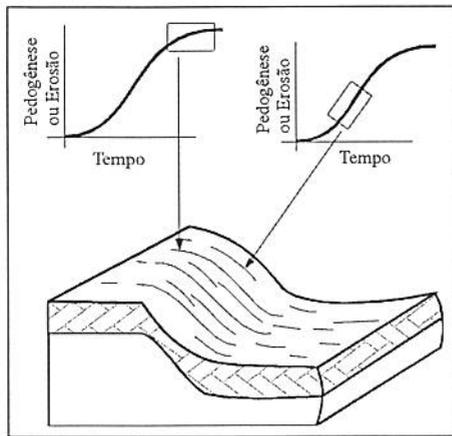


Figura 1 - As transformações, pedogênese e erosão são maiores nos solos mais acidentados

FONTE: Resende (1985).

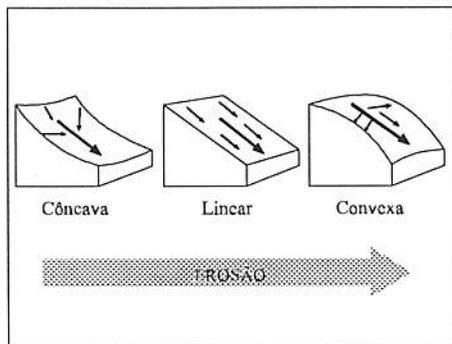


Figura 2 - Carreamento de terra é menor na encosta côncava e maior na convexa

FONTE: Resende (1985).

substrato rico que, conseqüentemente, vai influenciar no potencial erosivo. A estrutura do solo (agregação) é a responsável pela sua porosidade (infiltração e reserva de água do solo), de forma que todos os agentes agregantes (matéria orgânica) têm efeito direto nas propriedades físicas do solo e, portanto, influenciam o processo erosivo.

Segundo Cox & Jackson (1948), o termo solos leves é comumente usado para se referir a solos arenosos que são facilmente trabalhados, enquanto que solos pesados, argilosos, são difíceis de arar e preparar. Entre esses extremos, há uma ampla variedade de solos que possuem conteúdos variáveis de matéria orgânica, o que reflete em sua capacidade de reter água. Segundo esses autores, 100 libras de solo arenoso saturado retêm 25 libras de água; solo areno-argiloso retém 40 libras; solo muito-argiloso, 50 libras e o húmus retém 170 libras de água. Ressalta-se ainda que capacidade de agregação dos

solos aumenta no mesmo sentido em que aumentam os teores de argila e matéria orgânica.

Outros fatores que influenciam a erosão do solo, dizem respeito aos fatores extrínsecos a ele, ou seja, ao manejo inadequado do solo, o que significa uso do solo fora da sua classe de capacidade.

Segundo Lepsch (1991), o uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à agricultura correta. Deve-se, portanto, empregar cada parcela de terra de acordo com sua capacidade de sustentação e produtividade econômica, de forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem, para seu melhor uso e benefício, procurando ao mesmo tempo preservá-los para as gerações futuras.

A aptidão agrícola das terras é feita com base nas informações pertinentes às características do ecossistema; e nas propriedades físicas, químicas e morfológicas das diferentes classes de solos, visando aferir o grau de desvio de determinadas qualidades básicas das terras (Baruqui et al., 1985). Conforme Curi (1993), "a aptidão agrícola das terras é a adaptabilidade que as mesmas têm para um tipo específico de utilização agrícola, pressupondo-se um ou mais distintos níveis de manejo".

Sempre que um solo passa a ser manejado para qualquer finalidade, ocorrem desequilíbrios nas relações solo-clima-vegetação, promovendo a instabilidade do sistema. Dessa forma, considera-se que o conhecimento do equilíbrio do sistema solo-clima-vegetação, aumenta a capacidade de previsão sobre os sistemas de manejo através do tempo e permite, assim, a redução dos riscos de degradação do solo e das conseqüências daí advindas (Manejo..., 1983).

Para fins desta revisão, que tem por objetivo o manejo dos solos, visando a conservação e recuperação daqueles altamente susceptíveis à erosão, e com base no que já foi discutido, considera-se que, mesmo quando o solo não é altamente susceptível à erosão, devido a fatores intrínsecos à sua constituição, o manejo inadequado ou sua utilização além de sua capacidade de uso, pode torná-lo altamente susceptível a ela.

Através do conhecimento das características que influenciam a susceptibilidade à erosão, e da distribuição da ocorrência dos solos mais erodíveis numa determinada região, torna-se possível a escolha de práticas conservacionistas que visem au-

mentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo.

MECANISMOS DE EROÇÃO DO SOLO

Foi decisivo para os estudos de erosão o conceito de que esta é um processo mecânico, cuja energia necessária vem em grande parte do impacto da queda da gota de chuva e do declive do solo. Segundo Motta (1981), a erosão hídrica desenvolve-se basicamente através de dois processos distintos: a redução dos agregados do solo a finas partículas e o seu transporte para locais distantes. De acordo com Bahia et al. (1992), no seu aspecto físico, a erosão hídrica é simplesmente a realização no desprendimento de uma quantidade do material de solo e no seu transporte. O processo de erosão inicia-se a partir do momento em que as gotas de chuva atingem a superfície do solo e destroem os agregados, e finaliza com as três etapas seguintes (Projeto..., 1986, Bertoni & Lombardi Neto, 1990 e Bahia et al., 1992):

- as partículas do solo se soltam;
- o material desprendido é transportado;
- esse material é depositado.

Pode-se então considerar que os mecanismos do processo de erosão hídrica são o impacto das gotas de chuva, a degradação do solo e o transporte e a deposição do material individualizado (partículas desagregadas).

Pelo que já foi exposto, considera-se então que o impacto das gotas de chuva sobre o solo desprotegido, e o início do processo e que a queda dos pingos de chuva coloca as partículas do solo em suspensão, deixando a água turva primeiramente pela quebra dos agregados ou pela separação das partículas da massa do solo. Esta água turva é o resultado da obstrução dos poros, devido ao impacto contínuo das gotas que compactam e provocam um selamento do solo, formando uma crosta que reduz a infiltração. Segundo Baruqui (1981), ao considerar que o impacto das gotas de chuva transporta o material desprendido por salpicamento das gotas, conclui-se também que ele imprime energia na forma de turbulência à água de superfície. Em síntese, o encrostamento e/ou selamento da superfície do solo diminui a quantidade de água que penetra no solo, formando, assim, a enxurrada, que ocorre, portanto, quando a intensidade da chuva que cai é maior que a velocidade de infiltra-

ção dela no solo.

A evidência de que a erosão já se instalou, pode ser observada pela turbidez das águas de enxurrada. De acordo com Baver et al. (1972), uma vez que o solo já esteja desagregado pelo impacto das gotas de chuva, começa a outra fase do processo erosivo, que é a fase de transporte.

Considerando que a água que escorre superficialmente, é o principal agente de transporte de partículas do solo, a capacidade de transporte imprimida pelas gotas que caem na superfície, varia com o tamanho delas e com a velocidade de seu impacto. Portanto, o volume da enxurrada depende da razão infiltração/precipitação, do tempo de duração das chuvas, da posição do solo na paisagem e do comprimento de rampa (Bahia et al., 1992) e pode ser ilustrado, na Figura 3.

A velocidade da enxurrada relaciona-se, principalmente, com a declividade, comprimento de rampa e rugosidade da superfície. Quanto maior a velocidade, maior a capacidade de transportar sedimentos.

A última etapa do processo erosivo é a deposição do material transportado, que tem implicações em vários aspectos do ambiente e é responsável pelo assoreamento das partes baixas da paisagem, notadamente várzeas e fundos de lagos, e assoreamento dos cursos d'água em geral. Atualmente, tem-se observado uma preocupação crescente, em especial, no que diz respeito à vida útil dos grandes reservatórios de água, que são fonte de energia elétrica para o país, tendo em vista que tais empreendimentos custam à nação grandes somas de divisas.

Os materiais do solo depositados pelo movimento da água são geralmente selecionados por peso. As partículas menores e mais leves são transportadas a maiores distâncias e vão-se depositar, nas várzeas, açudes, cursos d'água etc., enquanto que as partículas maiores e mais pesadas são depositadas primeiramente nos vales e depressões do terreno (Manejo..., 1983 e Bahia et al., 1992).

Para Almeida (1981), a deposição de sedimentos grosseiros ou partículas finas originárias de rochas pobres, nos terrenos de aluviões, irá promover sua inutilização do ponto de vista agrícola, caso em que o assoreamento é maléfico. Se, no entanto, o material transportado for constituído de partículas de textura e teor de nutrientes que poderão concorrer para a fertilização das terras baixas, o assoreamento passa a

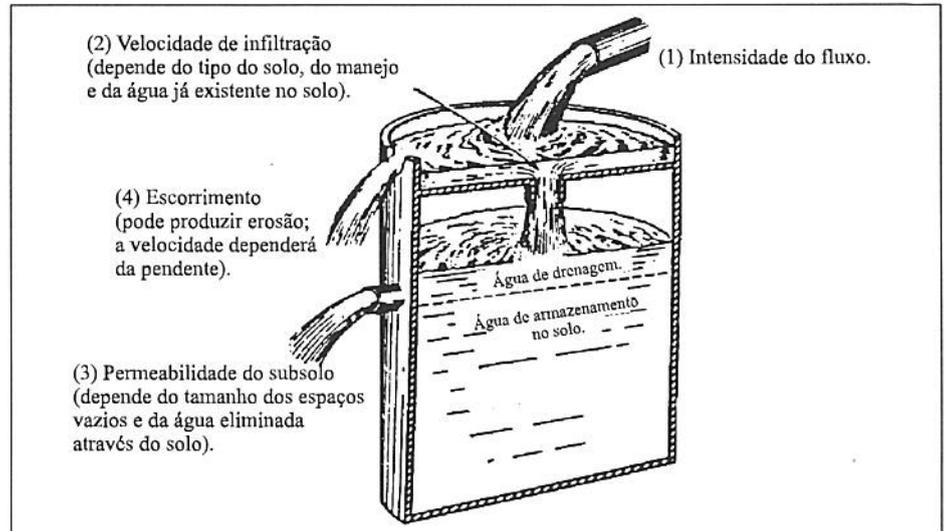


Figura 3 - Diagrama dos fatores determinantes na quantidade de água de chuva que escorre e que pode produzir erosão

FONTE: Worthen & Aldrich (1967).

ser benéfico. Outros sedimentos continuam sua trajetória e são lançados nas correntes fluviais. Eles são depositados às margens dos rios, por ocasião das cheias, e poderão ser benéficos ou maléficos, como mencionado anteriormente. Outros poderão ser depositados na própria calha do rio e contribuem para a redução da seção de escoamento deste, podendo, assim, causar problemas à navegação ou mesmo transbordamento e inundações catastróficas.

Cabe ainda lembrar que os erros cometidos no continente vão-se somando e refletem-se nas nossas regiões costeiras, que, muitas vezes, causam enormes prejuízos para ecossistemas como os mangues, por exemplo, que, apesar de bastante frágeis, são ricos em espécies que são fonte de renda para muitos, além de lançarem enormes quantidades de sedimentos no mar, comprometendo em muito a biodiversidade dessas áreas.

Até o presente momento, um bom plano de aproveitamento da terra só tem sido feito depois que o ambiente já foi gravemente prejudicado pelo homem. De acordo com Leopold citado por Odum (1971), "o homem não parece estar em condições de compreender um sistema que não tenha sido criado por ele mesmo e, por conseguinte, ao que parece, terá de destruí-lo parcialmente, e reconstituí-lo, antes que compreenda as limitações de uso".

Considerando esses aspectos e as técnicas de manejo já comprovadamente eficientes, é que se sugere a sua adoção, para

fins de recuperação e conservação de sistemas altamente susceptíveis à erosão.

PERDAS DE NUTRIENTES POR EROSÃO

Com base na estimativa de que o Brasil perde anualmente quinhentos milhões de toneladas de terra por erosão, e supondo-se que nossas terras tenham em média 0,10% de nitrogênio (N), 0,15% de fósforo (P₂O₅) e 1,50 de potássio (K₂O), o montante de perdas destes nutrientes seria de mais de oito milhões de toneladas. Além disso, quando os nutrientes são erodidos do solo, não somente a produção das culturas é diminuída, como também a sua qualidade é afetada (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Algumas classes de solo são problemáticas no que se refere às perdas de nutrientes por erosão. Os Podzólicos com transição abrupta de textura entre os horizontes A e B tendem a sofrer perdas mais drásticas de nutrientes com pequeno aumento na declividade. Os Cambissolos, a exemplo dos Podzólicos, por apresentarem altos teores de silte, pequena espessura do solum, pobreza química acentuada, e quando localizados em áreas de relevo acidentado, constituem-se em sistemas muito instáveis. Outros exemplos de classes de solo susceptíveis à erosão, porém de ocorrência muito restrita, são: Regossolos – principalmente os arenosos, situados em relevo mais declivoso; Solonetz-Solodizado – os quais, pela compactação e lenta permeabilidade do horizonte B, causadas

pelos elevados percentagens de sódio, podem sofrer erosão com facilidade, mesmo situando-se em áreas de pequena declividade (Resende et al., 1988 e Oliveira et al., 1992).

A pouca profundidade efetiva e a presença de horizonte B nátrico ou horizonte do tipo duripan, pelas suas características altamente favoráveis aos processos erosivos, condicionam os solos a uma classe de alto risco de susceptibilidade à erosão, podendo, mesmo em condições de relevo plano, causar a perda total dos horizontes superficiais ou proporcionar o aparecimento de voçorocas (Amaral Filho, 1992). A erosão constitui-se, portanto, numa das principais causas da diminuição da fertilidade do solo.

A intensidade da perda de nutrientes do solo, causada pela erosão, é mais séria do que a motivada pela extração das culturas (Quadro 1). Grohmann & Catani (1949) encontraram que a camada de terra erodida era cerca de duas vezes mais rica que o solo original, para os seguintes nutrientes: nitrogênio, potássio, cálcio e matéria orgânica; e cerca de três vezes mais rica em fósforo, sendo que, na enxurrada, o elemento encontrado em maior proporção foi o cálcio. Resck et al. (1980), ao estudarem a intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo, verificaram perdas consideráveis dos elementos, sendo o cálcio perdido em maior quantidade, seguido de magnésio, potássio, alumínio e fósforo. As perdas de matéria orgânica constatadas em cerca de 410 kg/ha, representaram uma perda de 0,9% da matéria orgânica existente no solo.

tivo aquelas áreas nas quais, o potencial produtivo ainda não foi subtraído no seu todo; e que o manejo para recuperação visa aquelas áreas em que, o uso inadequado tornou-as improdutivas, de tal maneira que sua conservação não faz sentido da forma em que se encontram, sendo necessário antes recuperá-las e, posteriormente, conservá-las.

Manejo visando a conservação dos solos

Considerando, então, áreas que podem ser conservadas ou que se prestam à conservação, todas aquelas em que o uso não causou, em termos de erosão, grandes perdas de material (viçorocamentos e/ou desbarrancamentos), essas áreas devem ser manejadas, levando-se em conta todas as práticas conservacionistas, notadamente, aquelas que têm o uso mais restrito, apesar de poderem ser usadas para a exploração mecanizada (Lepsch, 1991).

As práticas de manejo que visam a conservação dos solos sob os aspectos físicos, são muitas vezes coincidentes com aquelas que visam a conservação dos solos sob os aspectos químicos e biológicos. Portanto, em primeiro lugar, deve-se pensar nas técnicas de manejo que evitam a desagregação do solo, que é o ponto inicial do processo erosivo, o que, basicamente, vem constituir o controle preventivo da erosão. De acordo com Manejo... (1983), a técnica consiste basicamente na implantação de práticas conservacionistas através do manejo adequado do solo e das culturas, de forma a impedir o impacto das gotas de chuva diretamente sobre a superfície do solo. Dentre as diversas alternativas, destacam-se: implantação das culturas, segundo a capacidade de uso do solo; preservação de matas nativas e/ou reflorestamentos; manutenção do stand ideal de plantas, rotação de culturas e consórcio, cobertura morta, adubação verde e quebra-ventos.

Num estágio seguinte, deve-se pensar em técnicas que facilitem a infiltração da água no solo, ou seja, técnicas que melhorem a estrutura do solo e evitem a compactação. Citam-se entre essas técnicas o manejo da matéria orgânica; o plantio direto; a subsolagem; a rotação e consórcio de culturas.

Por último, deve-se pensar nas técnicas de manejo que visem a diminuição da velocidade de escoamento da água e, con-

seqüentemente, impeçam o carreamento de material do solo. Além das técnicas citadas nos casos anteriores, acrescentam-se as práticas mecânicas de controle de erosão.

Manejo visando a recuperação dos solos

Quando se fala em recuperar solos, consideram-se aquelas áreas em que o mau uso e/ou o uso delas como áreas de empréstimo colocou-as em um estado de degradação tal, que a fixação da vegetação é muito lenta e muitas vezes impedida, devido ao acelerado processo erosivo a que estão sujeitas. Assim, a sua reutilização fica na dependência de uma reabilitação e/ou recuperação prévia.

Podem-se definir essa reabilitação como o conjunto de atividades que tem por objetivo recompor a paisagem e, conseqüentemente, diminuir o impacto ambiental.

Esta recuperação deve obedecer a um plano previamente estabelecido, que irá criar condições para o uso racional da área. Segundo Dias (1983), o sistema de reabilitação é específico para cada local e deve levar em consideração fatores diversos como localização, clima, topografia, estabilidade do terreno (solo e subsolo), controle da água, condições do solo e vegetação.

O termo recuperação engloba todas as atividades que permitam o desenvolvimento de vegetação ou qualquer outra utilização racional do local alterado (Fontes, 1991). Nesse caso, um aspecto fundamental é o conhecimento do solo ou substrato, em que essa recuperação tem que ser conduzida. Os procedimentos específicos na recuperação de áreas degradadas dependem, essencialmente, das propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo ou do substrato, que deverá apresentar condições para o desenvolvimento das plantas.

Dentre os vários tipos de áreas degradadas, maiores atenções devem ser dadas àquelas originadas pela retirada da cobertura vegetal (principalmente florestal), tanto para a exploração da floresta em si, como para outros usos, tais como, agricultura intensiva, pastagens, mineração e urbanização. Para tanto, é importante abordar o processo básico da degradação das terras e enfatizar os caminhos da recuperação. Conforme Jesus (1992), a visão holística para a interpretação das causas da degradação ambiental e as opções de recupera-

QUADRO 1 – Nutrientes Perdidos pela Erosão e Retirados pelo Algodoeiro

Formas	Erosão (kg/ha)	Algodoeiro (kg/ha)
Matéria orgânica	780	-
Nitrogênio	46,5	13,5
Fósforo	8,0	4,5
Potássio	12,3	6,5
Cálcio	90,2	1,9

FONTE: Grohmann & Catani (1949).

PRÁTICAS DE MANEJO PARA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE SOLOS SOB OS ASPECTOS FÍSICOS

Para fins de desenvolvimento de racionamento, considera-se neste trabalho que o manejo para conservação tem como obje-

ção, considerando as necessidades sociais, econômicas e ecológicas, são o primeiro passo para se atingir o sucesso na recuperação de áreas degradadas.

Segundo Martos et al. (1992), as medidas adotadas para a reabilitação de um solo poderão assumir caráter de restauração, ou seja, reprodução das condições exatas do local antes de se praticar determinada intervenção. A idéia de recuperação está associada aos trabalhos a serem realizados em uma área degradada, e objetiva restabelecer as condições ambientais, tornando-as semelhantes às condições anteriores à alteração. Por sua vez, reabilitação está relacionada à idéia do uso e ocupação do solo, de forma compatível com as condições estéticas circunvizinhas.

Na maioria das vezes, as condições de restauração do solo não são viáveis, visto que uma grande quantidade de material já não se encontra à disposição (voçorocas, áreas de empréstimo, mineração, etc.). Resulta daí a opção de se tomarem medidas de recuperação e reabilitação da área degradada. Acrescente-se ainda que, muitas vezes, tem-se uma indefinição quanto ao futuro uso e ocupação da área, o que torna as medidas de recuperação mais apropriadas.

Nos casos de áreas de empréstimo, mineração ou grandes voçorocas, a recuperação e/ou reabilitação das áreas é bastante onerosa, devendo, na medida do possível, ser acompanhada de planejamento baseado nas características do solo.

A seguir, será feita uma proposta de seqüência de atividades a serem implementadas em áreas degradadas, baseada em experiências locais em áreas de empréstimo, como no caso do convênio UFLA/CEMIG/FAEPE, segundo Davide (1993); e também para a recuperação de áreas mineradas, segundo Moraes (1990), Dias (1983) e Martos et al. (1992).

Independentemente do fim a que se destina a área, a primeira preocupação deve ser no sentido de dar condições para o desenvolvimento de uma nova cobertura vegetal, com espécies de ocorrência local. Na medida do possível, deve-se tentar recompor a paisagem local nos aspectos relativos ao relevo e drenagem.

Decapamento e armazenamento da camada superficial do solo

A camada superficial do solo (horizonte A), de aproximadamente 30cm de espessura, e o horizonte B (profundidade variá-

vel) não se prestam como material de empréstimo, devido à elevada porcentagem de matéria orgânica e, normalmente, por estarem recobrimo o mineral, rocha ou substrato de interesse. Deve-se, então, retirar essas camadas e armazená-las separadamente em local protegido dos efeitos da erosão, de tal forma que elas sejam distribuídas em camadas por ocasião da recuperação, numa tentativa de recompor o perfil original do solo.

O armazenamento dessa camada superficial não deve exceder 2,0m de altura, no sentido de evitar a sua fermentação, o que provoca a morte dos microorganismos.

Terraplenagem

Após o término da lavra ou da retirada de material de empréstimo, são feitos os serviços de terraplenagem, para que se obtenha a remoldagem do terreno, preparando-o para a fase posterior, de plantio. Este processo visa as melhorias estéticas da paisagem, eliminando-se os efeitos do relevo conturbado, resultante da lavra.

Dois tipos de topografia podem ser usados: terraços ou declives suavizados. O critério de opção fica na dependência da declividade do terreno e de seu uso futuro.

Sistema de drenagem da área

Uma parte da rede de drenagem é construída antes da decapagem, para atender o período de extração do material de interesse. Posteriormente à retirada desse material, a outra parte da rede de drenagem é construída, visando atender à recuperação final da área.

Para estabelecer a rede de drenagem, são adotadas diversas práticas, como a seguir:

- a) conservatório para retenção de sedimentos;
- b) canal coletor de degraus;
- c) caixas de passagem;
- d) canaletas longitudinais.

Este sistema é adotado em solo-cimento e exerce papel fundamental no controle dos processos erosivos e na retenção de sedimentos carregados pelas águas pluviais, uma vez que impede que a rede hidrográfica seja atingida.

Recobrimento da área com a camada fértil do solo e descompactação

Esta operação pode anteceder os trabalhos de drenagem, quando for possível executá-la na estação seca. A espessura

desta camada é variável em função da disponibilidade de material do solo, condições locais e vegetação a ser utilizada. A distribuição é feita com trator de esteiras e, manualmente nos taludes.

Após o recobrimento da área, deve ser realizada uma subsolagem, para romper as camadas compactadas do subsolo. Para isso, usam-se os subsoladores convencionais que atingem 50cm de profundidade, ou, se necessário, equipamentos mais pesados.

Preparo da área para plantio

O preparo das áreas para o plantio é efetuado com a correção da acidez do solo, utilizando, de preferência, calcário dolomítico e fazendo-se aplicação de fertilizantes fosfatados. Estes insumos deverão ser aplicados nas áreas a serem recuperadas, segundo as recomendações baseadas nas análises do solo, e sua incorporação deve ser feita por ocasião da subsolagem das áreas. A adubação da cova para o plantio consiste de uma mistura de esterco de curral curtido, adubo formulado, calcário e terra.

No caso de não se ter material para recobrir o solo, e baseados na experiência do convênio UFLA/CEMIG/FAEPE, recomenda-se o preparo da área (substrato de Latossolo) com uma subsolagem de 50 a 60cm de profundidade e o sulcamento e abertura de covas. A adubação deve ser feita na cova com 150g de calcário dolomítico, 10l de esterco de curral, 100g de superfosfato simples, 200g de fosfato natural e 20g de cloreto de potássio. Esse material deverá ser bem misturado com um pouco de terra no fundo da cova antes do plantio.

No segundo ano, recomenda-se fazer uma adubação de cobertura com nitrogênio.

Em áreas de Cambissolo, com cobertura vegetal pouco diversificada e muito reduzida, é indicada a calagem a lanço seguida de incorporação através de gradagem leve (grade aberta) antes da subsolagem. A quantidade de calcário será determinada pela análise do solo de cada área, mas estima-se que 3,0t/ha sejam suficientes.

Revegetação

No que se refere ao revestimento vegetal de locais degradados, essa atividade possui interfaces significativas, que diminuem substancialmente os impactos provocados pela degradação sobre os recur-

os hídricos, edáficos e visuais da área. É importante acrescentar, entretanto, que a própria degradação dificulta esse revestimento. Normalmente, os processos de degradação eliminam a vegetação original do local. Além disso, a topografia e o solo estão de tal modo conturbados, que qualquer tentativa de restabelecimento da cobertura vegetal deve ser precedida de um preparo da área, a fim de controlar a ação das enxurradas (Jesus, 1992).

Na escolha de espécies para o restabelecimento artificial da vegetação, os seguintes critérios específicos devem ser observados: influência da planta sobre a fertilidade do solo; utilidade da planta como abrigo e alimento para a fauna; efeito estético e plantação de vegetação de vários estratos, como por exemplo, herbáceas + arbóreas, gramíneas + arbóreas, ou arbóreas + arbustivas, etc. (Jesus, 1992 e Martos et al., 1992).

Para a recuperação de áreas degradadas, devem-se considerar os conceitos de sucessão ecológica. Segundo Martos et al. (1992), a tendência da sucessão é no sentido da simplicidade para a complexidade da organização e dominância das formas de vida cada vez mais elevadas e variadas. Se a sucessão tem início numa área não-ocupada anteriormente por uma comunidade, portanto, num substrato desprovido de biota, tanto de origem recente quanto remanescente, o processo tem o nome de sucessão primária. Mas, quando a sucessão desenvolve-se numa área onde a biota foi alterada, mas não se encontra totalmente ausente, o processo recebe o nome de sucessão secundária.

A maior dificuldade na recuperação de superfícies degradadas é a modificação radical do ambiente que havia anteriormente. De modo que, da restauração ao simples abandono, esta recuperação exige uma escala de níveis, cujos custos são proporcionais. Porém, a modificação radical pode também tornar-se um fator positivo, se partirmos do princípio de que a restauração não é, nesse caso, via de regra, a melhor solução. Uma vez que haja total alteração do meio, sua nova moldagem pode ter por base as necessidades e exigências específicas da população próxima ou do manejo da macro-paisagem (Jesus, 1992).

No caso de degradação, em que o meio é alterado e o solo e a vegetação removidos, a utilização de conceitos como sucessão primária ou secundária não é a mais adequada, quando se planeja a recupera-

ção, pois podem ser usados elementos conceituais inerentes aos dois termos.

Propõe-se, então, o conceito sucessão dirigida, em que o ambiente é manejado antropicamente com a finalidade do estabelecimento de um clímax vegetal que reproduza com relativa semelhança o que existia historicamente na área modificada. Pode-se exemplificar esse conceito de sucessão com o estabelecimento de vegetação ciliar numa área minerada que estava ocupada por agricultura (pastagens, ou silvicultura, etc.), mas que historicamente era ocupada originalmente por vegetação ciliar. Nesse caso, ter-se-ia a sucessão dirigida total ou integral. Se essa área minerada se encontrasse adjacente à vegetação original, ter-se-ia então a sucessão dirigida parcial.

Como citado anteriormente, há remoção do solo e da cobertura vegetal, o que faz com que o terreno encontre-se desprovido de matéria orgânica e da camada fértil do solo, apresentando substratos rochosos com vários níveis de alteração e poucas condições físico-químicas de receber cobertura vegetal. Dessa forma, o local deverá receber uma camada de solo fértil e/ou ser sulcado e coveado para receber a cobertura vegetal.

Feito o recobrimento do terreno, deverá ser providenciada a implantação de espécies forrageiras, espécies pioneiras arbóreas e também espécies nativas arbustivas e arbóreas da região trabalhada.

De acordo com a experiência local (convênio UFLA/CEMIG/FAEPE), segundo trabalho de revegetação na área de empréstimo da Usina Hidrelétrica de Camargos (Itutinga-MG), o modelo adotado de implantação de florestas mistas não pretende ser único e apenas destina-se a dar a partida para o início do processo de formação da floresta. A colonização inicia-se com espécies forrageiras que apresentam crescimento rápido (madeira mole ou branca), representando 50% do total plantado. Estas espécies necessitam crescer a pleno sol e têm como papel fundamental preparar o ambiente para possibilitar o crescimento das espécies secundárias e clímax (madeira de boa qualidade). As espécies do grupo ecológico das secundárias correspondem a 40% do total das espécies, sendo 30% composto de secundárias iniciais e 10% de secundárias tardias. Os 10% restantes são representados pelas espécies do grupo ecológico das clímax (Quadro 2).

No campo, as mudas são dispostas em quincôncio, sendo que, cada muda de espécie secundária ou clímax se posicionará no centro de um quadrado composto por quatro mudas de espécies pioneiras, observando o espaçamento indicado, como no esquema apresentado, na Figura 4.

Espécies recomendadas

As espécies aqui recomendadas têm por base a experiência do convênio UFLA/CEMIG/FAEPE (Davide, 1993), de acordo com estudos fitossociológicos realizados na região de Lavras-MG. A recomendação baseia-se também em dados de crescimento de 6.000 plantas, de 78 espécies utilizadas nos plantios experimentais de Camargos (Itutinga-MG).

A combinação das espécies a serem utilizadas, de acordo com o grupo ecológico a que pertencem, deve-se constituir de 50% de espécies pioneiras, 30% de secundárias iniciais, 10% de secundárias tardias e 10% de clímax. De forma que, considerando então 1ha plantado no espaçamento de 3,0m x 1,5m, a ele corresponderá um total de 2.222 plantas, distribuídas, conforme o Quadro 2.

A partir da revegetação, deve-se então fazer a manutenção periódica das áreas recuperadas, evitando a competição excessiva entre as espécies plantadas e sementes. Recomenda-se então o coroamento das mudas, a manutenção da rede de drenagem e, caso haja necessidade, a adubação e a calagem periódicas.

QUADRO 2 - Distribuição das Espécies por Grupos Ecológicos em Número de Mudanças por Hectare

Grupo Ecológico	Espécie	Número de Mudanças
Pioneiras (50%)	Candiúva (35%)	778
	Capixingui (10%)	222
	Jurubeba-de-árvore (5%)	111
Secundárias Iniciais (30%)	Cianomomo	95
	Casca de arroz	95
	Bracatinga	95
	Angico amarelo	95
	Guapuruvu	95
	Fedegoso	95
Secundárias Tardias (10%)	Cássia verrugosa	95
	Angico vermelho	111
Clímax (10%)	Jacarandá mineiro	111
	Peroba rosa (2,5%)	56
	Jatobá (2,5%)	56
	Óleo balsamo (2,5%)	56
	Ipê (2,5%)	56

FONTE: Davide (1993).

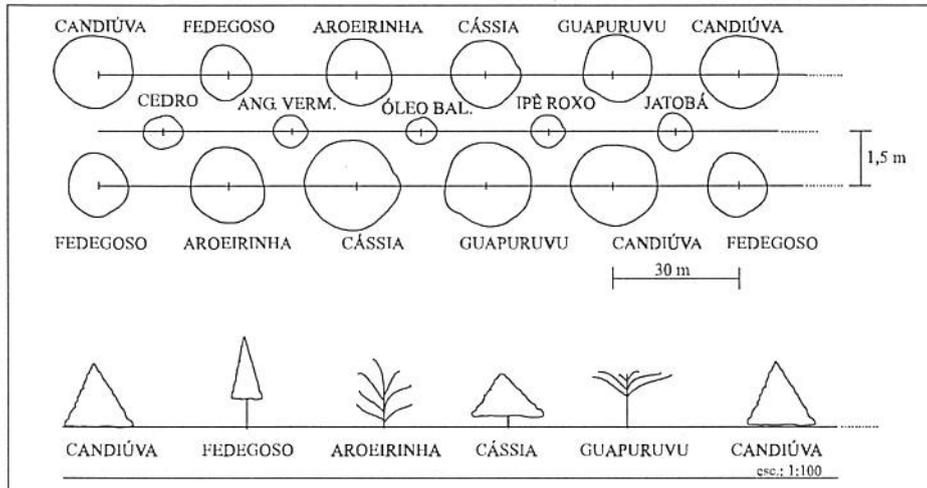


Figura 4 - Modelo teórico de plantio baseado em dados de campo com onze meses de idade
 FONTE: Davide (1993).

Considerações finais em relação às práticas de conservação e recuperação de solos sob os aspectos físicos

É importante ressaltar que a recuperação de áreas degradadas fundamenta-se, basicamente, no revestimento vegetal. Porém, a diversidade de origens, formas e intensidade de degradação, aliada às características externas marginais da área degradada, torna quase que infinitas as possibilidades de reconstituição do meio, em nível de restauração de sua forma ou de sua função.

PRÁTICAS DE RECUPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS

Este tópico refere-se aos aspectos relativos à fertilidade e à disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Um bom desenvolvimento das plantas propicia uma melhor proteção ao solo. Assim, um solo fértil que oferece condições para um desenvolvimento mais vigoroso das plantas, e menos sujeito a apresentar áreas nuas vulneráveis à erosão, ficará melhor protegido (Baruqui & Fernandes, 1985), como evidenciado no Quadro 3.

Calagem

A calagem é uma das práticas agrícolas que trazem maiores benefícios para o solo. Seus efeitos mais conhecidos são: diminuição da acidez do solo; fornecimento de Ca e Mg; diminuição ou eliminação dos efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe; aumento na disponibilidade de nutrientes; aumento da

capacidade de troca de cátions (CTC) do solo; aumento da atividade microbiana; melhoria da cobertura vegetal, o que vem diminuir as perdas de solo e água pela erosão; melhoria das propriedades físicas do solo, que favorece o desenvolvimento radicular das plantas.

No entanto, os efeitos dessa prática sobre as propriedades físicas do solo, influenciando uma maior ou menor resistência à erosão, são contraditórios, dada a diversidade dos fatores envolvidos na dispersão da argila dos solos.

Os fenômenos de dispersão e floculação são controlados pela espessura da dupla camada difusa, sendo que, quanto maior a espessura desta dupla camada, maior a dispersão da argila. A diminuição da dupla camada, ao contrário, acarreta uma floculação da argila. Segundo Baver et al. (1972), esta espessura é determinada pela valência e concentração de íons de sinais opostos àqueles existentes nas superfícies

es das partículas. Desta forma, uma maior valência e concentração resultarão em diminuição da dupla camada, acarretando floculação.

A dispersão é favorecida pelo pequeno tamanho das partículas coloidais, pelo raio iônico e pelo grau de hidratação dos íons. A capacidade dos cátions para flocular colóides do solo segue a ordem: $H > Al > Ca > Mg > K > Na$. Assim, o sódio (Na) tende a favorecer a dispersão, enquanto que o hidrogênio (H), a floculação (Brady, 1989).

A maioria dos solos tropicais é caracterizada por apresentar carga variável, devido aos óxidos de Fe e Al, caulinita e matéria orgânica, apresentando PCZ próximo de 4,0 pH natural próximo ao PCZ, sob cujas condições, os colóides do solo encontram-se floculados. No entanto, quando se processa a calagem destes solos ocorre aumento do pH, e de sua carga líquida negativa, levando à repulsão entre as partículas e conseqüente dispersão.

Rosa Júnior (1984) verificou que os aumentos dos teores de cálcio e magnésio, em função da calagem, resultaram num aumento do teor de argila dispersa em água, o que diminuiu o grau de floculação num Latossolo Roxo distrófico. Resultados semelhantes foram obtidos por Jucksch et al. (1986).

Efeitos positivos da calagem nas propriedades físicas do solo também têm sido verificados. Castro et al. (1989) constataram aumento da estabilidade de agregados, acompanhado por aumento da densidade do solo e retenção de água em Latossolo Vermelho-Escuro, com a utilização de calcários calcítico e dolomítico. Comportamento semelhante foi verificado por Roth et al. (1986).

Morelli & Ferreira (1987) verificaram que os efeitos da aplicação de carbonato de

QUADRO 3 - Eficiência Relativa de Práticas Conservacionistas no Controle do Deslocamento e Transporte de Partículas no Processo de Erosão Hídrica e Eólica

Práticas	Controle Sobre					
	Salpico		Enxurrada		Vento	
	D	T	D	T	D	T
Uso de Fertilizantes e Corretivos	+	+	+	+	+	**
Cobertura da Superfície	**	**	**	**	**	**

FONTE: Dados básicos: Resende & Almeida (1985).

NOTA: D - Deslocamento de partículas; T - Transporte; (+) - Controle moderado; (**) - Forte controle.

cálcio na estrutura do solo é dependente do teor de matéria orgânica, sendo que, quando este for baixo, poderá prevalecer o efeito direto, de ordem eletroquímica, da calagem, o qual, aumentando a carga líquida negativa dos colóides (óxidos e caulinita), provoca um aumento da repulsão entre partículas, com prejuízos para a estrutura do solo. Quando o teor de matéria orgânica for alto, poderá prevalecer o efeito indireto da calagem, o que acarreta um aumento na atividade microbiana e promove a agregação do solo.

Gessagem

Os benefícios proporcionados pela aplicação do gesso agrícola no solo sobre o desenvolvimento das plantas baseiam-se principalmente na diminuição da saturação de Al em profundidade, bem como no fornecimento de Ca e S.

De acordo com Shainberg et al. (1989), o gesso possui ampla aplicação agrônômica por causa de seu efeito favorável nas propriedades físicas (em solos dispersos) e propriedades químicas (em solos ácidos). Summer (1992) sugere que a argila da camada superficial de muitos solos ácidos, particularmente os que receberam calagem, é rapidamente dispersa em água, desde que haja impactos de energia mecânica (gotas de chuva) disponíveis. Neste caso, o gesso atuará suprindo o eletrólito necessário para promover a floculação, minimizando assim a dispersão da argila.

O gesso é o corretivo mais utilizado na recuperação de solos sódicos, pelo custo reduzido. Porém, em virtude de sua baixa solubilidade, necessita de maior quantidade de água e período mais longo para a recuperação dos solos que outros corretivos. Freitas et al. (1984), ao estudarem o efeito da aplicação de corretivos químicos e de materiais orgânicos nas características de transmissão de água e na estabilidade da estrutura num solo salino-sódico, verificaram que os corretivos químicos apresentaram efeito positivo mais pronunciado que os tratamentos com materiais orgânicos. Dentre os corretivos, o gesso foi o mais eficaz.

Adubação orgânica

A principal fonte de compostos orgânicos para o solo é de origem vegetal. Caracterizam-se pela natureza variada e complexa, mas dominada pelos carboidratos, principalmente celulose e lignina, pelos compostos nitrogenados, como proteínas e aminoácidos, e por outros constituintes

menores, que sofrem reações químicas diversas, mediadas pelos microorganismos e suas enzimas que, por sua vez, degradam esses componentes a compostos orgânicos menos complexos. Os carboidratos representam de 30 a 75% dos tecidos vegetais, a lignina de 10 a 30% e os compostos nitrogenados, juntamente a outros constituintes, não ultrapassam 15-20% (Siqueira, 1993).

A matéria orgânica é uma importante fonte de nutrientes para o solo, principalmente de nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes. O nitrogênio é armazenado no solo em sua forma orgânica. Já as formas minerais (amoníaca e nítrica) estão sujeitas a perdas por volatilização e lixiviação. O fósforo, geralmente encontrado na matéria orgânica do solo, representa de 15 a 80% do fósforo total presente nele.

O enxofre orgânico encontrado no solo representa de 50 a 70% do total deste nutriente. Para os micronutrientes, a importância da matéria orgânica se dá tanto como fonte, quanto pela sua ação reguladora na solubilidade, através da formação de quelatos orgânicos (Stevenson, 1986).

O húmus, produzido pela decomposição da matéria orgânica do solo, além de atuar como reservatório de nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes, promove aumento da CTC e efeito tampão; exerce efeitos fisiológicos como permeabilidade das membranas, absorção de nutrientes, atividade enzimática e fotossíntese; atua na de gradação de compostos xenobióticos (ex.: pesticidas); exerce ação protetora e atua como fonte de nutrientes para microorganismos (Siqueira, 1993); e, por fim, minimiza problemas de toxidez de alumínio, manganês e metais pesados (Stevenson, 1986).

Apesar de a matéria orgânica represen-

tar um importante reservatório de nutrientes, a disponibilidade destes para as plantas vai depender da natureza e forma dos compostos orgânicos, o que determinará a taxa de mineralização líquida (Siqueira, 1993). A contribuição da matéria orgânica e resíduos orgânicos como reservatório de nutrientes para as plantas pode ser vista no Quadro 4.

Adubação química

Um plano racional de adubação deve fazer parte de qualquer programa de conservação do solo, visando manter e restaurar a sua fertilidade.

Considerando os solos altamente susceptíveis à erosão que são utilizados para agricultura, e principalmente, com culturas anuais, é de se esperar que ocorra retirada de nutrientes não só pelas colheitas, como também pela erosão. Assim, é necessário que se adotem medidas que visem manter um nível mínimo de elementos essenciais, como nitrogênio, fósforo, potássio, etc.

O aumento da produção agrícola via aumento de produtividade é dependente do uso de fertilizantes. No entanto, tais insumos, dado seu alto custo, devem ser utilizados da forma mais eficiente possível, associados a práticas que visem minimizar as perdas.

ASPECTOS BIOLÓGICOS NA AGREGAÇÃO DO SOLO

Solos bem estruturados, com agregados estáveis de diferentes tamanhos, são pré-requisitos para a obtenção de uma maior produtividade e sustentabilidade agrícola e também para o êxito da atividade microbiana (Siqueira, 1993).

Para Tsai et al. (1992), a participação dos microorganismos no processo de

QUADRO 4- Matéria Orgânica do Solo e Resíduos Orgânicos como Reservatório de Nutrientes para as Plantas

Nutrientes	Necessidade da Planta	Principal Fonte	Restos Vegetais	Compostos de Lixo Urbano
N	1,5 a 4,0%	MOS	0,6 a 4,0%	1,31 a 6,2%
S	0,2 a 1,0%	MOS	0,2 a 2,0%	0,50 a 1,2%
P	0,1 a 0,4%	MOS e Colóides	0,1 a 1,0%	1,59 a 2,5%
K, Ca, Mg	0,1 a 2,5%	Colóides, Minerais	0,4 a 4,0%	0,50 a 2,0%
Micronutrientes	0,1 a 150 ppm	MOS e Colóides	0,001 a 0,2%	0,005 a 2,0%

FONTE: Siqueira (1993).

NOTA: MOS – Matéria orgânica do solo.

estruturação do solo está correlacionada ao tamanho semelhante destes microorganismos com o das partículas de argila, principalmente das células bacterianas, que exercem por meio de ações físicas e químicas, a adesão de partículas de argila, através de substâncias cimentantes como mucilagens e polissacarídeos de alta viscosidade.

A ação de organismos heterotróficos sobre a matéria orgânica do solo libera substâncias húmicas que também interagem com as partículas de argila, tendo influência na estabilização dos agregados do solo (Siqueira, 1993).

Existem excelentes correlações tanto da formação, quanto da estabilidade dos agregados com a presença de matéria orgânica no solo e o tamanho de raízes fisiologicamente ativas (Boyle et al., 1989; Jastrow & Miller, 1991).

A conveniência do uso de matéria orgânica é inegável não só no que diz respeito às propriedades físicas do solo, notadamente em relação à capacidade de formação de agregados (agente cimentante), que têm como principal efeito aumentar o volume total de poros (VTP) do solo e, conseqüentemente, facilitar o desenvolvimento do sistema radicular, que consegue penetrar a maiores profundidades, mas também nos aspectos da retenção de umidade e manutenção da temperatura do solo (Brady, 1989).

Em relação ao fornecimento de nutrientes, a matéria orgânica, após decomposição, é fonte de macro e micronutrientes, além de servir de substrato para o desenvolvimento de microorganismos, que maximizam a eficiência das plantas em absorver nutrientes em formas indispensáveis do ponto de vista químico e/ou microorganismos que são capazes de fixar o N_2 atmosférico, colocando-o à disposição das plantas (Siqueira & Franco, 1988).

Um outro aspecto relevante no que diz respeito ao uso da matéria orgânica, como componente importante da sustentabilidade agrícola, é o fato de que a grande maioria dos produtores, cujas propriedades são de pequeno tamanho mas responsáveis pela maior parte da produção de alimentos, muitas vezes não tem condição de suprir as deficiências do solo com os fertilizantes industrializados, a eles repassados por preços bastante elevados. Esses aspectos contribuem muito para que haja um interesse maior pela utilização de fontes alternativas de nutrientes, notadamente, no que diz respeito às pesquisas sobre os efei-

tos da micorrização e relação simbiótica entre bactérias e leguminosas. A partir do momento em que se conhecerem quais são os fungos e/ou bactérias específicos para cada espécie vegetal, ou seja, quais os microorganismos mais eficientes para desenvolver relações simbióticas com cada espécie vegetal, grande parte dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas será fornecida por essas relações ou então pela ciclagem de nutrientes que têm nos microorganismos a base do processo (Siqueira, 1993).

Considerando a importância da matéria orgânica como alicerce da sustentabilidade agrícola, são vários os aspectos biológicos ligados ao manejo da produtividade nos trópicos, entre os quais destacam-se ciclagem de nutrientes (decomposição, mineralização e imobilização), relação entre biomassa do solo e absorção de nutrientes pelas plantas, bem como modificação das propriedades físico-químicas do solo (propriedades de superfície e estrutura do solo e química e água do solo) (Sanginga et al., 1992).

Além desses aspectos quanto aos processos biológicos que são influenciados pelo manejo, citam-se como tecnologias opcionais para um sustentável sistema de produção: manutenção de cobertura vegetal, incorporação de restos culturais e manutenção da maior diversidade de plantas no solo, minimização da "distúrbância" do solo pelo cultivo, bem como do uso de xenobióticos (Siqueira, 1993).

Solos susceptíveis à erosão e de difícil manejo, necessitam de uma quantidade adequada de resíduos vegetais para garantir a produção, sendo que as características destes resíduos variam das regiões temperadas para as tropicais.

Solos de textura fina têm uma tendência para desenvolver selamento ou crostas, que, por sua vez, reduzem a infiltração da água. Por outro lado, é reconhecido que a incorporação de grandes quantidades de matéria orgânica na camada superficial do solo promove um considerável aumento na agregação das partículas, na porosidade e na capacidade de armazenamento de água do solo, devido à presença de moléculas de ligação em mucopolissacarídeos. Com isso, o escoamento superficial é diminuído e a infiltração de água é aumentada. Estes efeitos são observados também pela atividade da fauna do solo, cujas conseqüências são diminuição da erodibilidade dos solos, mudanças na distribuição da água no perfil, alteração enfim do balanço

de competitividade entre plantas com diferentes profundidades do sistema radicular (Wischmeier & Mannering, 1969).

Os resíduos de cultura terão efeitos promissores, se as condições físicas, químicas e biológicas do solo interagirem em perfeito equilíbrio.

A redução da erosão dos solos cultivados e o aumento de produção das culturas dependem de uma relação estável entre microorganismos e matéria orgânica do solo, pois estes estabilizam a estrutura. É bom lembrar que um solo bem estruturado está protegendo fisicamente o teor de matéria orgânica e a atividade microbiana nele presentes (Lynch, 1984).

Os processos biológicos são utilizados como alternativas para a redução da degradação do solo definida como "o declínio na qualidade do solo, causado pelo mau uso dele pelo homem". Este declínio provoca grande impacto ambiental e conseqüente queda nas atividades econômicas, instabilidade política e social, aumento da taxa de desmatamento, uso intensivo de terras frágeis e marginais, erosão do solo, poluição de mananciais, perda de nutriente, declínio da matéria orgânica do solo, compactação e encrostamento, perda da estrutura, remoção de superfície e emissão de gases para a atmosfera. Por sua vez, esta emissão provoca chuva ácida, que exerce efeito sobre os processos químicos nos organismos e no solo, os quais interferem na dinâmica de carbono e nutrientes, provocando o declínio das florestas.

Esses processos biológicos de recuperação do solo, mediados pelas raízes, microorganismos e fauna, têm sido utilizados em programas de reflorestamento de áreas degradadas. Eles têm como objetivos restabelecer o ecossistema e a atividade biológica do solo, estimular os organismos, aumentar o armazenamento de água, reduzir a erosão através de mecanismos da relação microorganismo-raízes, inteirando-se no processo de reabilitação de solos degradados (Siqueira, 1993).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J.R. de. Erosão do solo e suas conseqüências. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.17-26, ago. 1981.
- AMARAL FILHO, Z.P. do. Principais tipos de solos de Goiás e seus relacionamentos com a susceptibilidade à erosão. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. *Anais...* Campinas: Fundação CARGILL, 1992. p.68-93.

- BAHIA, V.G.; CURI, N.; CARMO, D.N. do; MARQUES, J.J.G.S. e M. Fundamentos de erosão do solo: tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.25-31, 1992.
- BARUQUI, A.M. Conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.26-39, ago. 1981.
- BARUQUI, A.M.; FERNANDES, M.R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.55-69, ago. 1985.
- BARUQUI, F.M.; RESENDE, M.; FIGUEIREDO, M. de S. Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas: Zona da Mata e Rio Doce. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.27-37, ago. 1985.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, H.R. **Soil physics**. 4.ed. New York: John Wiley, 1972. 498p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BOYLE, M.; FRANKENBERGER, W.T.; STOLZY, L.H. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. **Journal of Production Agriculture**, v.2, p.289-299, 1989.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 647p.
- CASTRO, O.M.; CAMARGO, O.A.; VIEIRA, S.R.; QUAGGIO, J.A.; VASQUES FILHO, J. Efeitos de dois tipos de calcário em atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22, 1989, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989. p.64-65.
- COX, J.F.; JACKSON, L.E. **Crop management and soil conservation**. 2.ed. London: John Wiley, 1948. 572p.
- CURI, N. (Coord.). **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 89p.
- DAVIDE, A.C. Recuperação de áreas degradadas e recomposição ciliar. In: CURSO de treinamento para técnicos do Instituto Estadual de Florestas: módulo 3. Lavras: UFLA/FAEPE, 1993.
- DIAS, A.C. Reabilitação de áreas mineradas de bauxita. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.28, p.39-42, jan./fev. 1983. Edição especial: Anais do 4º Congresso Florestal Brasileiro, 1992, Belo Horizonte.
- FONTES, M.P.F. Estudo pedológico reduz impactos da mineração. **Ambiente**, São Paulo, v.5, n.1, p.58-62, 1991.
- FREITAS, J.A.D. de; COELHO, M.A.; FERREIRA H., F.F. Efeito de corretivos químicos e materiais orgânicos no movimento da água e estrutura de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.3, p.261-264, set./dez. 1984.
- GROHMANN, F.; CATANI, R.A. O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do arenito bauru. **Bragantia**, Campinas, v.9, n.5/8, p.125-132, maio/ago. 1949.
- JASTROW, J.D.; MILLER, R.M. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.34, p.379-303, 1991.
- JESUS, R.M. de. Recuperação de áreas degradadas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1992. p.407-412.
- JUCKSCH, I.; COSTA, L.M. da.; MOURA FILHO, W.; RIBEIRO, A.C.; SOPRANO, E. Efeito da calagem na dispersão de argila de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n.189, p.456-460, set./out. 1986.
- LEPSCH, I.F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. 2.impr.rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- LYNCH, J.M. Interactions between biological processes, cultivation and soil structure. **Plant and Soil**, The Hague, v.76, n.1/3, p.307-318, 1984.
- MANEJO e conservação do solo e da água. Brasília: Ministério da Agricultura, 1983. 66p.
- MARTOS, H.L. et al. Aspectos ambientais, técnicos, sócio-econômicos e legais na recuperação de áreas degradadas por portos de areia na região de Sorocaba-SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1992. p.760-765.
- MORAES, C.A.F. de. Controle ambiental na lava de bauxita. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. p.249-251.
- MORELLI, M.; FERREIRA, E.B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfato diamônico em propriedades eletroquímicas e físicas de um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.1-6, jan./abr. 1987.
- MOTTA, P.E.F. da. O recurso natural solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.3-7, ago. 1981.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. 3.ed. México: Interamericana, 1971. 639p.
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210p.
- PROJETO de preservação do solo. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1986.
- RESCK, D.V.S.; FIGUEIREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M.; SILVA, T.C.A. da. Intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo, utilizando-se simulador de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.3, p.188-192. set./dez. 1980.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, ago. 1985.
- RESENDE, M.; ALMEIDA, J.R. de. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.38-54, ago. 1985.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/POTAFOS, 1988. 83p.
- ROSA JÚNIOR, E.J. **Efeitos de sistema de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos no município de Ponta Porã**. Viçosa: UFLV, 1984. 89p. Tese Mestrado.
- ROTH, C.H.; PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MEYER, B.; FREDE, H.G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltrabilidade de água em um Latossolo Roxo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.2, p.163-166, maio/ago. 1986.
- SANGINGA, N.; MULONGOY, K.; SWIFT, M.J. Contribution of soil organics to the sustainability and productivity cropping systems in the tropics. **Agriculture ecosystems and environment**, Amsterdam, v.41, p.133-152, 1992.
- SHAINBERG, I.; SUMMER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. Use of gypsum on soils: a review. **Advances in Soil Science**, New York, v.9, p.1-111, 1989.
- SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1993. 230p.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A. A. **Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ESAL/ABEAS, 1988. 235p.
- SUMMER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. [Anais]... Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.7-40.
- STEVENSON, F.J. **Cycles of soil-carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micro-nutrients**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 380p.
- TSAI, S.M.; BARAIBAR, A.V.L.; ROMANI, V.L.M. Efeito de fatores do solo. In: CARDOSO, E.Y. B. N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coord.) **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.59-72.
- WORTHEN, E.L.; ALDRICH, S.R. **Suelos agrícolas: su conservación y fertilización**. 2.ed. México: Union Tipografica Editorial Hispano Americana, 1967. 416p.
- WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.33, n.1, p.131-137, Jan./Feb. 1969.

Atuação da Biota do Solo na Formação e Estabilização de Agregados e na Estruturação dos Solos, Influenciando o Controle da Erosão

Zenaide Barbosa¹
Victor Gonçalves Bahia²
Miralda Bueno de Paula³

INTRODUÇÃO

Os agregados do solo resultam do processo de arrançamento de suas partículas sólidas dos espaços porosos associados, e variam grandemente em forma e tamanho.

Bastante complexo, o processo de agregação (estruturação) é influenciado pela ação de componentes abióticos e bióticos, que podem, cada um destes, em determinadas situações, contribuir com ele em menor ou maior importância. Destacam-se como componentes abióticos o tamanho das partículas, o regime hídrico, a presença de óxidos e sesquióxidos hidratados de Fe e Al, a quantidade e tipos de argilas, a presença de sílica, bem como a presença de compostos orgânicos como as substâncias húmicas e os polissacarídeos; enquanto que, no componente biótico, o destaque ocorre para a pedobiota (animais e microorganismos) e vegetação (raízes).

Formados, os agregados constituem as unidades básicas da estrutura dos solos que, por sua vez, é igualmente influenciada por todas as forças ou atividades que regem a criação e a estabilização da agregação das partículas. Estas forças ou atividades, por sua vez, podem atuar também na degradação das partículas e, conseqüentemente, na deterioração da estrutura do solo.

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura exerce diferente influência no processo de erosão dele, uma vez que, ali-

ada às demais características físicas, químicas e biológicas, confere maior ou menor resistência à ação das águas, tipificando o comportamento de cada solo exposto a condições semelhantes de topografia, precipitação e cobertura vegetal e, conseqüentemente, podendo ou não facilitar o arrastamento das partículas do solo pela erosão. Portanto, no estudo da erosão, a estrutura do solo pode ser analisada sob dois aspectos:

- propriedades físico-químicas das partículas de argila que atuam de modo a que os agregados permaneçam estáveis em presença de água;
- propriedade biológica causada pela abundância de matéria orgânica em estado de ativa decomposição que atua, principalmente, na estabilização dos agregados formados. A maior estabilidade dos agregados confere aos solos menor susceptibilidade à erosão.

No contexto biológico, apesar de as informações sobre o envolvimento dos microorganismos na agregação (estruturação) dos solos serem bastante fragmentadas, são suficientes para evidenciar o papel deles no processo de erosão. O benefício destes microorganismos decresce na seguinte ordem: fungos > actinomicetos > bactérias produtoras de polissacarídeos extracelulares > leveduras > maioria das bactérias.

A atuação dos microorganismos no

solo se dá pela ação física na adesão entre as partículas dele, nas quais funcionam como ligantes físicos, ao mesmo tempo em que produzem agentes colantes e/ou cimentantes (polissacarídeos de alta viscosidade), os quais resultam da ação heterotrófica sofrida pela matéria orgânica do solo (MOS). O primeiro mecanismo, aparentemente, está mais ligado à formação dos agregados do solo, enquanto que o segundo, mais à estabilização destes. Entretanto, na prática, é difícil a separação dos dois mecanismos.

O melhoramento da estrutura dos solos deve ser buscado, uma vez que esta característica física tem reflexos diretos na fertilidade do solo, quer seja através da aeração, retenção de água e absorção de nutrientes, quer seja através da conservação do ambiente pelo oferecimento de resistência à erosão. Dessa forma, atuar diretamente na melhoria das condições de crescimento das plantas significa, conseqüentemente, aumento da produtividade das culturas.

Assim, a perspectiva de promover a estabilidade dos agregados do solo, pela manipulação da população microbiana dele, é excitante, porém, econômica somente se o inóculo for "multifuncional". Contudo, modificações nas práticas de manejo dos restos culturais e rotação de culturas envolvendo gramíneas com abundante sistema radicular podem representar melhorias consideráveis na agregação e estabilidade dos agregados dos solos agrícolas.

¹Eng^a Agr^a - Mestranda/Solos e Nutrição de Plantas/Dept^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^a Agr^a, D. Sc. - Prof. Tit./Dept^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

³Eng^a Agr^a - Doutoranda em Fitotecnia/UFLA - Pesq./CRSM/EPAMIG - Caixa Postal 176 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

ATUAÇÃO DA BIOTA DO SOLO NA FORMAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE AGREGADOS E FORMAÇÃO E DEGRADAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO

O processo de agregação dos solos torna-se bastante complexo, uma vez que a ação de fatores abióticos e bióticos representados por forças e/ou atividades, cria a agregação das partículas e simultaneamente a estabilização dos agregados formados (Siqueira & Franco, 1988 e Oades, 1992).

Aos componentes abióticos como: tamanho de partículas, regime hídrico, presença de óxidos e sesquióxidos hidratados de Fe e Al, quantidade e tipo de argila, presença de sílica, compostos orgânicos, cabe a formação dos agregados do solo. Aos componentes bióticos como: pedobiota (animais e microorganismos) e vegetação (raízes) cabe, principalmente, a estabilização dos agregados formados através da ação física que promove a adesão entre partículas do solo em consequência do efeito dos agentes colantes, agregantes e cimentantes produzidos pela ação dos microorganismos heterotróficos sobre a MOS – substâncias húmicas e polissacarídeos de alta viscosidade. Cabe ainda aos componentes bióticos a atuação das raízes através das excreções de substâncias semelhantes, ou ainda através da atuação dos organismos do solo na formação dos agregados denominados peletes fecais, que vêm a ser partículas de solo passadas pelo trato intestinal (Siqueira & Franco, 1988, Gouzou et al., 1993 e Oades, 1992).

A Figura 1 esquematiza os fatores influentes na formação e estabilização dos agregados.

Em face da importância da MOS para a produção dos agentes colantes e/ou cimentantes, pelos microorganismos, tanto a formação quanto a estabilidade dos agregados mostram correlações altas e positivas com o teor da MOS no solo, bem como com o comprimento de raízes fisiologicamente ativas, devido ao maior suprimento de carbono para a microbiota do solo. Dessa forma, fica mais compreensível a relação entre cultivo e manejo dos restos culturais com o estado de agregação do solo. Na prática, é bastante difícil separar os agregados do solo em estádios

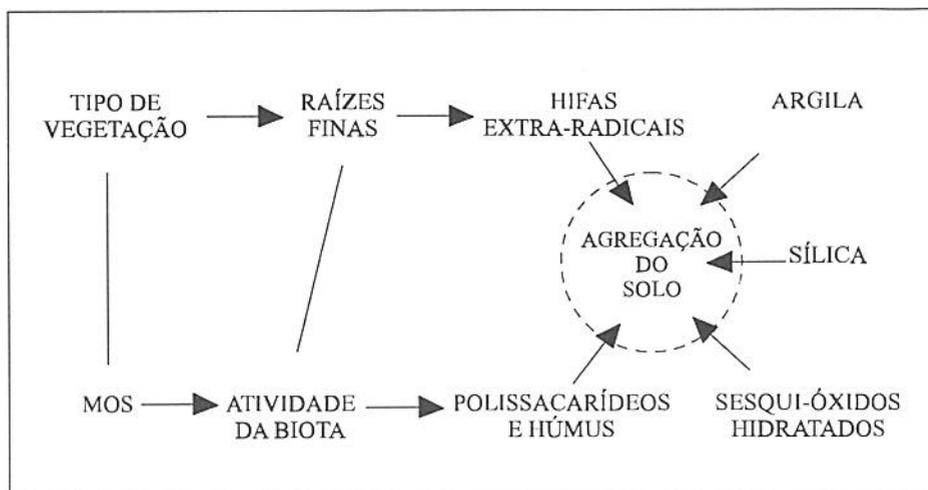


Figura 1 - Fatores bióticos e abióticos responsáveis pela agregação do solo
FONTE: Jastrow & Miller (1991).

de formação e estabilização, haja vista a ocorrência simultânea desses processos em decorrência da dinâmica do sistema do solo (Tisdal & Oades, 1982, Oades, 1984 e Lynch & Bragg, 1985).

Oades (1984) e Jastrow & Miller (1991) encontraram indícios de que estas correlações altas e positivas são resultantes, principalmente, do maior suprimento de carbono para a microbiota do solo.

Dessa forma, o estado de agregação dos solos apresenta estreita relação como cultivo e o manejo dos restos culturais. Nesse sentido, tem sido observado que o cultivo intensivo tradicional exerce efeito negativo na agregação do solo, haja vista a capacidade que ele tem de promover a redução do teor de carbono, que se torna mais pronunciado com a queima ou remoção (mecânica ou pela erosão) dos restos culturais. Assim sendo, as práticas de conservação do solo, entre elas a incorporação dos restos de cultura, bem como a rotação de culturas envolvendo gramíneas com abundante sistema radicular, favorecem a atividade microbiana, ao mesmo tempo em que reduzem o impacto do cultivo sobre os solos agrícolas e, conseqüentemente, aumentam a sustentabilidade deles (Siqueira, 1988 e Siqueira & Franco, 1988).

A Figura 2 esquematiza os agentes influentes na estabilização dos agregados do solo. De acordo com ela, pode-se perceber que a estabilidade de agregados é controlada por agentes cimentantes permanentes (aluminossilicatos e óxidos amorfos),

polímeros orgânicos adsorvidos à superfície das argilas e agentes orgânicos de ligação: temporários (glicose e polissacarídeos – rapidamente decompostos pelos microorganismos) e persistentes (tecidos vegetais e outros materiais de decomposição mais lenta). Aqui, as raízes e hifas fúngicas, bem como várias bactérias produtoras de polissacarídeos, que se multiplicam na rizosfera e hifosfera, desempenham importante papel como agentes de ligação, podendo atuar física ou biologicamente, embora com efeitos temporários. Tal fato pode explicar o rápido declínio verificado na agregação dos solos virgens, quando sob cultivos sucessivos com culturas anuais manejadas intensivamente, em resposta à ruptura de raízes e hifas que atuam ativamente na estabilidade dos macroagregados. O fato explica ainda a razão de os solos sob gramíneas possuírem boa agregação e agregados estáveis, em resposta ao abundante sistema radicular e elevada rizodeposição importante para a atividade de microorganismos (Siqueira, 1988 e Siqueira & Franco, 1988).

Neste sentido, as perspectivas de se promover a agregação dos solos agrícolas, minerados e erodidos pela manipulação microbiana do solo, via inoculação, tornam-se bastante promissoras. Entretanto, somente poderão ser econômicas com a multifuncionalidade do inóculo, ou seja, se apresentarem objetivos adicionais. Em contrapartida, melhorias consideráveis na agregação e estabilidade dos agregados

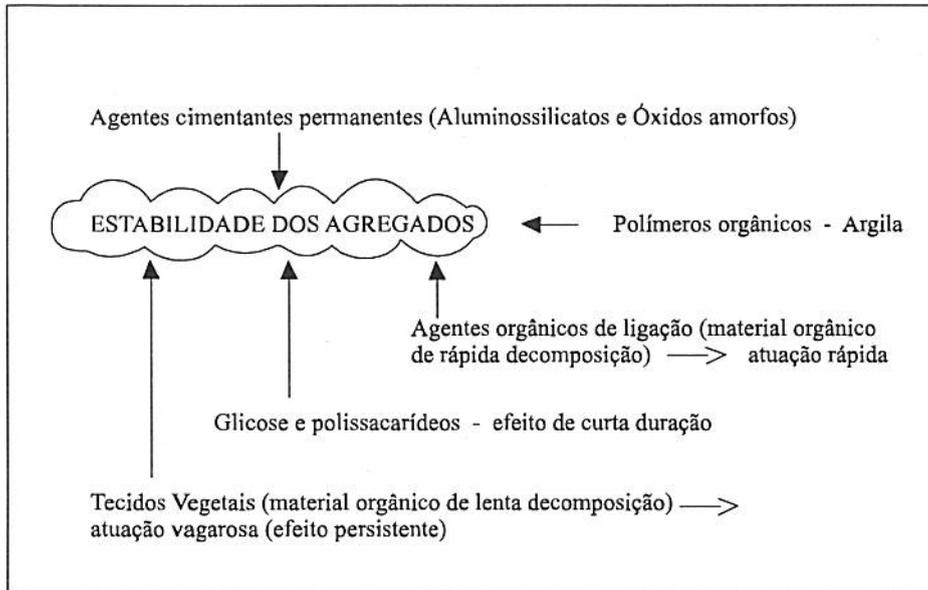


Figura 2 – Fatores influentes na estabilização de agregados do solo

dos solos agrícolas podem ser facilmente conseguidas com simples modificações nas práticas de cultivo, em especial daquelas relacionadas com o manejo dos restos culturais e rotação de culturas envolvendo gramíneas com abundante sistema radicular. Isto representaria melhoria nas condições de crescimento e na produção das plantas bem como redução na erosão dos solos cultivados, conseqüentemente, diminuindo o impacto da agricultura sobre o meio ambiente (Lynch & Bragg, 1985 e Siqueira & Franco, 1988).

A importância de se favorecer uma melhor agregação ao solo é justificada pelo fato de que os agregados estáveis em água, além de prevenir o solo contra a erosão hídrica e eólica, podem ainda, através da distribuição de seus tamanhos, afetar a distribuição de tamanho de poros que atua nos processos físicos e químicos do solo – com reflexos diretos no crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como na acessibilidade à alimentação, água, oxigênio, nutrientes e também à biota do solo (Martin et al., 1955, Oades, 1984, Coleman, 1986 e Elliot & Coleman, 1988).

Várias são as proposições que tentam explicar a junção das partículas do solo em agregados estáveis em água, dentre elas, o modelo conceitual proposto por Tisdall & Oades (1982). Este modelo ilustra como a importância dos vários mecanismos muda,

à medida que as partículas primárias do solo são ligadas em agregados de tamanhos sucessivamente maiores. De acordo com esse modelo hierárquico, o desenvolvimento de microagregados (diâmetro <0,25mm) relaciona-se estreitamente a agentes ligantes orgânicos e inorgânicos relativamente persistentes; enquanto que o desenvolvimento dos macroagregados (diâmetro >0,25mm – união de microagregados) relaciona-se, principalmente, aos mecanismos de emaranhamento físico pelas raízes e hifas de fungos micorrízicos. Porém, esse modelo falha, quando não considera a possibilidade de diferentes tipos de raízes terem associações variadas com os fungos mencionados, o que contribuiria diferentemente para o processo de agregação do solo (Baylis, 1975). Neste aspecto, Reid & Goss (1981), estudando a estabilidade de agregados do solo, promovida por diversas plantas, encontraram que o aumento dela associava-se ao crescimento de raízes de azevém e alfafa em decorrência da maior produção de polissacarídeos e/ou da manutenção da população de hifas fúngicas.

Gouzou et al. (1993), estudando o efeito da inoculação com *Bacillus polymyxa* (bactéria produtora de exopolissacarídeos) na agregação do solo na rizosfera de trigo, encontraram um aumento significativo (57%) da massa de solo aderida às raízes, sendo que a comparação da distribuição

do tamanho de agregados entre os solos rizosféricos inoculado e não-inoculado sugeriu uma maior estrutura porosa no primeiro. As várias observações levaram os autores a concluir que a formação e estabilização dos agregados deveu-se à combinação de condições ótimas na rizosfera e que esta atuou através da fragmentação da massa do solo em unidades menores. Outros fatores como textura, teor de umidade, idade das raízes e espécies de plantas envolvidas são mencionadas como atuantes na formação e/ou estabilização dos agregados. Em relação às diferentes espécies, os autores ressaltam suas diferentes atividades radiculares atuando sobre os organismos associados. Concluem, ainda, que a função dos polissacarídeos, na rizosfera, é bastante complexa e que a inoculação, sob condições de campo, poderia atuar, principalmente no aumento da retenção de água e na transferência de nutrientes na rizosfera com ótimo reflexo no estabelecimento, crescimento e produtividade vegetal. Quanto aos agregados rizosféricos, sugerem que as subunidades sejam caracterizadas pela associação de argilas + silte + areia fina + bactéria inoculada.

Formados e estabilizados, os agregados irão constituir as unidades básicas da estrutura do solo, a qual, por sua vez, estará sujeita às mesmas forças e/ou atividades atuantes na formação dos agregados, e que poderá ser esquematizada biologicamente através da Figura 3.

Para que os solos proporcionem boa produtividade e a sustentabilidade agrícola, eles devem ser bem estruturados, o que pressupõe a presença de agregados estáveis e de poros de tamanhos diversos que garantam retenção de umidade, aeração e atividade dos microorganismos. Para tanto, é necessária a utilização de práticas conservacionistas, as quais minimizam ou eliminam a erosão, ao mesmo tempo em que mantêm o sistema conservado e viável do ponto de vista do cultivo e da conservação racional do solo.

Siqueira & Franco (1988) mencionam que a boa estrutura para o crescimento das plantas é admitida quando da presença de agregados com diâmetro entre 1 e 10mm, com poros associados cujo diâmetro seja

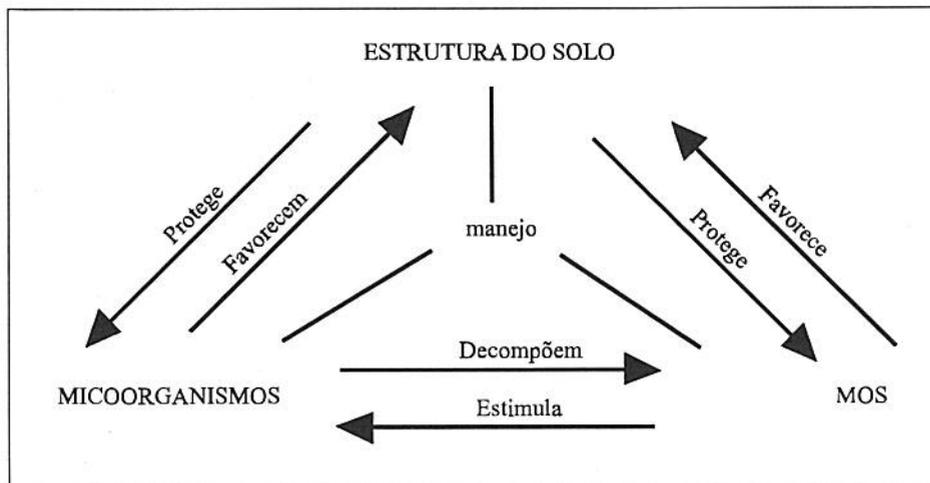


Figura 3 - Interação entre microorganismos, matéria orgânica do solo (MOS), manejo e agregação do solo

superior a 75μ (retenção de ar), em grande quantidade, e quantidade suficiente à daqueles cujos diâmetros estejam entre 0,2 e 30μ (retenção de água e crescimento de microorganismos e raízes).

Modificações nas práticas de cultivo que contemplem o manejo dos restos de culturas e a rotação delas, incluindo espécies de gramíneas, por si só melhoram consideravelmente a agregação e estabilidade dos agregados dos solos agrícolas, proporcionando uma estrutura mais adequada e, conseqüentemente, um incremento nas condições de crescimento, com aumento de produção das culturas. Tais modificações reduzem ainda a erosão dos solos, uma vez que diminuem o impacto da agricultura sobre o meio ambiente. A utilização das gramíneas é preconizada, dada a abundância do sistema radicular que, através do emaranhamento, mantém a adesão das partículas pela ação física, podendo, ainda, contribuir para a formação e estabilização dos agregados através do estímulo à microbiota do solo. Com isso, o sistema radicular determina que os solos "portadores" destas gramíneas apresentam as melhores estruturas e, conseqüentemente, maior resistência à erosão.

Oades (1992) cita também que as forças físicas de contração e expansão criadas pelas mudanças no estado da água no solo, bem como o congelamento, degelo, cultivo e o próprio movimento da grande biota são atuantes na formação da estrutura do solo. Portanto, as propriedades expansivas do solo, controladas pelo teor de argila, demonstram que as mudanças de

organização estrutural são mínimas nos solos arenosos, quando comparados aos argilosos. Comprova isto a capacidade de contração e expansão dos primeiros ser virtualmente zero, o que explica a consideração de que a formação e estabilização dos agregados é função, nos solos arenosos, principalmente dos fatores bióticos; enquanto que, nos argilosos, principalmente dos fatores abióticos.

Detalhando a estruturação de solos arenosos, Oades (1992) considera que a distribuição do tamanho de poros é influenciada pelo empacotamento dos grãos de areia, o qual pode ser mudado pelo cultivo, pela compactação dada ao tráfego de veículos ou pisoteio de animais, bem como pelo rearranjo através dos animais do solo. Portanto, os ciclos de secamento e umedecimento não têm influência significativa na formação da estrutura destes solos, ainda que exista alguma quantidade de argila atuando como ligante dos grãos de areia.

Dessa forma, a manipulação dos fatores bióticos no solo arenoso é essencial para minimizar ou eliminar os efeitos da erosão. Para se atingir estes objetivos, é necessária a manutenção da cobertura do solo o máximo de tempo possível, bem como o manejo dos restos culturais, de modo que a matéria orgânica adicionada favoreça a atuação dos microorganismos, no sentido de que o equilíbrio seja alcançado e as perdas por erosão sejam neutralizadas em virtude da agregação do solo. Dependendo da declividade e tipo do solo, práticas vegetativas, edáficas e mecânicas devem

ser trabalhadas em conjunto, para garantir a estabilidade do sistema.

Para os solos siltosos, Oades (1992) considera que, além dos fatores bióticos, a natureza coesiva das argilas (partículas coloidais) associada à capacidade de contração e expansão são fatores extremamente importantes na criação de agregados durante os ciclos de umedecimento e secamento (força coesiva dentro dos agregados é maior que entre agregados). *In situ*, os agregados do solo são separados pelos vazios ou planos de fraqueza, a menos que o sistema seja estressado mecanicamente: internamente – devido à secagem e umedecimento – e externamente – pelo cultivo (taxa, extensão e desenvolvimento espacial da fase de secamento). O sistema radicular também desempenha função direta na estabilização da estrutura criada através dos materiais, de naturezas diversas, depositados na rizosfera, os quais podem variar de compostos orgânicos simples, solúveis em água, a insolúveis de grande complexidade, agrupados em exsudatos, secreções, mucilagens, mucigel e lisados (Siqueira, 1993).

O máximo desenvolvimento da agregação ocorre em solos ricos em argilas de alta atividade, cujos planos de fraqueza vão moldando os agregados e a estrutura através dos vários ciclos de umedecimento e secamento, como ocorre nos Vertissolos e Molissolos. Nestes, apesar de a criação da estrutura ser dominada pela ação das argilas, a manutenção da MOS e, conseqüentemente, da biota é extremamente importante, em face de suas atuações na mineralização, solubilização de nutrientes, degradação de xenobióticos, bem como na própria formação de bioporos (reconhecidos pela forma cilíndrica e superfície lisa e curvada, de comprimento longo) e peletes fecais (Siqueira & Franco, 1988 e Oades, 1992). Os bioporos são criados através da movimentação das partículas do solo pelas raízes de plantas, vermes do solo e macrofauna.

Da mesma forma que a biota do solo é fundamental para o estabelecimento de forças e/ou atividades responsáveis pela agregação e estruturação dos solos, poderá, também, ser responsável pela destruição da estrutura deles. Essa destruição se dá pelo envolvimento da micro e macrofauna na degradação de agentes estabilizantes mucilaginosos utilizados como fonte de

energia, o que resulta num lento colapso da estabilidade estrutural. Os macroagregados também poderão ser destruídos, com prejuízos para a estruturação dos solos, através dos organismos predadores de raízes e hifas fúngicas ou daqueles que interferem no pleno estabelecimento de associação simbiótica entre determinados grupos de microorganismos com as plantas superiores (Oades, 1992).

Em relação aos fungos micorrízicos vesicular-arbusculares, a contribuição de suas hifas na formação dos agregados inicia-se devido ao emaranhamento físico, mecanismo que ocorre dentro e fora do solo rizosférico que, por sua vez, promove o empacotamento das unidades microagregadas para formar os macroagregados. A importância relativa dos agentes orgânicos de ligantes x embaraço físico pela hifa fúngica parece, ainda, depender de estudos investigadores da degradação do solo nativo e/ou da restauração dos solos degradados, respectivamente, para que o processo possa ser melhor entendido (Jastrow & Miller, 1992).

Elliot & Coleman (1988) sugerem que as raízes e hifas fúngicas associadas funcionam, primeiramente, na fase de formação e que os agentes ligantes orgânicos ou amorfos produzidos por elas respondem pela estabilização, conforme evidenciam os estudos.

Jastrow & Miller (1992) agrupam as contribuições dos fungos micorriza vesicular arbuscular (MVA), na formação dos agregados do solo, em três processos que ocorrem simultaneamente:

- crescimento externo da hifa micorrízica na matriz do solo para criar a armação da estrutura que mantém juntas as partículas primárias do solo via emaranhamento físico;
- criação, pelas hifas externas e raízes, de condições conducentes à formação de microagregados;
- emaranhamento dos microagregados em pequenos macroagregados, pelas raízes e hifas externas, para criar a estrutura macroagregada.

Siqueira & Franco (1988) consideram que a aplicação prática dos fungos MVA deve considerar a ocorrência e especificidade dos fungos, uma vez que, sendo a primeira generalizada, a segunda fica prejudicada, ou seja, não se têm evidências de um único hospedeiro (planta) ser coloniza-

do por uma única espécie (fungo). Até o momento, a especificidade só é admitida em nível de gênero ou família do fungo. A eficiência do fungo na absorção de nutrientes da solução do solo e transferência para a planta (parte aérea) é, entretanto, bastante variável e depende da combinação fungo-hospedeiro-solo.

A seleção do fungo MVA para inoculação deve levar em conta sua capacidade de absorção de nutrientes e translocação para a planta, bem como sua persistência no solo. Outras características, como capacidade dos esporos germinarem rapidamente no solo e das hifas crescerem bem e colonizarem extensivamente o hospedeiro, também devem ser observadas. Para condições edafoclimáticas definidas, as observações devem ser sobre a capacidade de formação de propágulos persistentes no solo, mesmo sem hospedeiro, bem como a capacidade de competição com MVA nativos e outros microorganismos (Siqueira & Franco, 1988).

Em relação à produção do inóculo, Siqueira & Franco (1988) comentam que dado ao fato dos fungos MVA serem simbioses obrigatórios, ou seja, necessitarem a presença do hospedeiro, a produção *in vitro* não foi conseguida até o presente momento. No entanto, comentam os quatro tipos de produção mais utilizados.

Produção *In vivo*

É necessária a escolha ideal da planta multiplicadora e do controle das condições de temperatura e umidade. Admite-se como características para a escolha da planta multiplicadora o fato de ela ser bom hospedeiro, ter crescimento rápido, ter sistema radicular abundante e não apresentar patógeno comum à cultura a ser inoculada. O substrato deve ser esterilizado e os esporos devem ser isolados por peneiramento úmido, separados por espécies (microscópio estereoscópico – morfologicamente) e constantemente examinados com cuidado para o monitoramento da existência de parasitas. No fim do ciclo da planta, tem-se grande número de esporos e hifas externas para serem utilizados na inoculação da cultura de interesse, conforme Figura 4.

Segmentos de raízes colonizadas

As raízes colonizadas são obtidas seguindo-se as instruções anteriores, lembrando que a maior garantia do material de trabalho só é conseguida com a pureza do inóculo sendo controlada periodicamente.

Em solos esterilizados

O tipo de solo constitui um dos fatores limitantes do processo, por isso existem

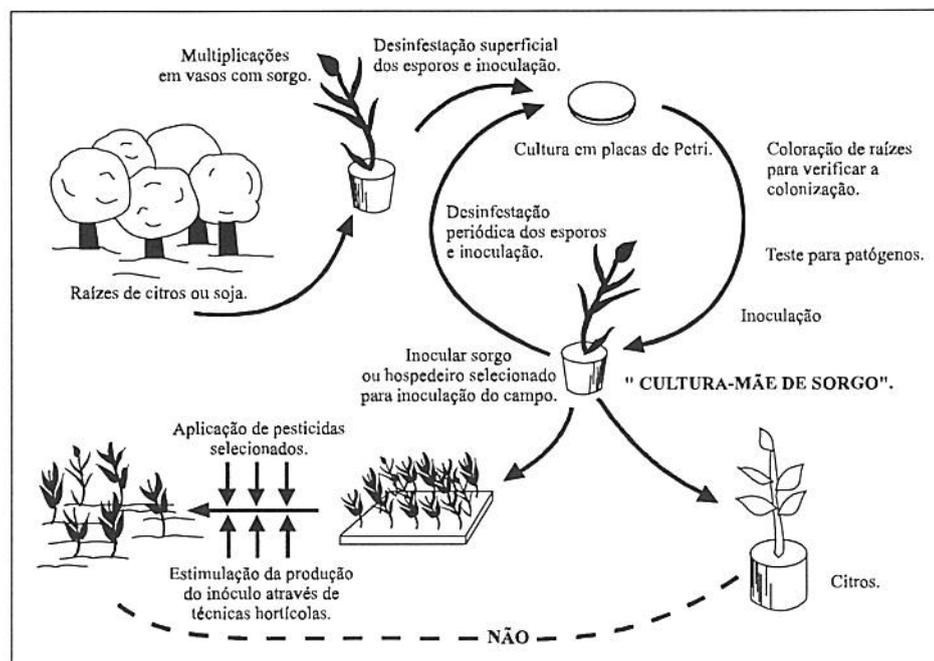


Figura 4 - Esquema para produção de inóculo de fungos MVA e sua utilização em viveiros
 FONTE: Siqueira & Franco (1988).

alguns critérios para a escolha dele, citando-se como melhores os solos arenosos de baixa fertilidade natural. Outros substratos utilizados com certa vantagem são: vermiculita, perlita, turfa, casca de árvores, agregados leves de argila expandida + solos arenosos de fácil aplicação no campo. Possíveis problemas de intoxicação devem ser observados, para não interferirem negativamente na produção do inóculo.

A esterilização do substrato pode ser feita pela autoclavagem (1atm, 121°C), radiação gama (0,8-1,0Mrad), fumigação com biocidas (Brometo de Metila – 0,45-1,00 kg/m³) e vapor fluente (83 a 100°C).

Os nutrientes podem ser fornecidos através de adubações, sendo que na utilização de soluções nutritivas deve-se atentar para a concentração de P e micronutrientes, no sentido de se evitarem problemas de toxidez bastante comuns. O nitrogênio deve ser fornecido pela água de irrigação e preferencialmente na forma de NO₃.

Especificamente para o P, elemento mais limitante para a produção do inóculo, tem-se que altas concentrações inibem o processo, possivelmente pelo não-reconhecimento do fungo pela planta, ao passo que concentrações muito baixas propiciam relação parasítica do fungo com a planta.

Elementos como o Zn e o Mn, se em altas concentrações, inibem a germinação dos esporos. Portanto, os fatores que influem direta e/ou indiretamente nos processos de colonização e esporulação, são a relação água, ar e substrato; pH, luminosidade e temperatura; bem como tamanho de vasos, poda, aplicação de pesticidas.

Hidroponia

É o cultivo de plantas inoculadas com fungos MVA em solução nutritiva, com ou sem substratos sólidos. Os maiores problemas relacionam-se à aeração e concentração de P e N.

Em relação à inoculação, Siqueira & Franco (1988) citam que a introdução dos fungos nos sistemas agrícolas, pode-se dar através de duas estratégias: pré-inoculação das mudas (viveiro) e distribuição do inóculo no campo. A pré-inoculação das mudas (substrato esterilizado ou micro-

propagação) desponta como uma alternativa promissora, principalmente em relação ao alto custo dos fertilizantes, alteração das relações de nutrientes no tecido vegetal, causada pelo fungo, proporcionando maior tolerância das plantas às condições adversas (concentrações tóxicas de determinados nutrientes no solo); como exemplos para o Brasil, temos os citros e o café. A distribuição do inóculo no campo é uma operação bastante complexa e exige considerações sobre efetividade e eficiência dos fungos introduzidos em promoverem o crescimento vegetal, em relação aos nativos.

Siqueira & Franco (1988) ressaltam que, se recomendada, a distribuição do inóculo poderá ser efetuada de várias maneiras, entre elas: aplicação do inóculo em sulcos (aproximadamente 10cm abaixo das sementes) – apresenta os resultados mais satisfatórios até o momento; inóculo (peneiramento úmido) + sementes (pré-germinadas) suspensas em metil celulose a 4% → sulcos (sacos de polietileno) e inoculação de peletes (aproximadamente 1cm de diâmetro) com várias sementes distribuídas a lanço. Esses autores mencionam como bom resultado a aplicação de *Glomus etunicatum* + partículas e argila expandida, através de máquinas semeadora e adubadora adaptada para a colocação do inóculo em sulco abaixo das sementes.

Em relação ao potencial de uso dos fun-

gos micorrízicos, Siqueira & Franco (1988) consideram que para o Brasil e outros países da América tropical, detentores de grandes áreas de solos extremamente lixiviados, ácidos e distróficos, e do ponto de vista sócio-econômico, estes solos estão em regiões com pouca infra-estrutura e produtividade agrícola limitada – devido ao baixo nível de insumos utilizados. O uso dos fungos micorrízicos pode perfeitamente superar tais limitações com tecnologias de baixo custo como as biológicas, sendo que a utilização desta associação, como estratégias para manejo de Oxissolos e Ultissolos, propiciam melhor aproveitamento de P e fertilizantes. Porém os autores enfatizam que o sucesso desta prática depende da difusão de tecnologia de inoculação, bem como do sucesso na seleção de fungos adaptados às condições edafoclimáticas definidas e/ou no manejo da população nativa e da disponibilidade de inoculante.

Os referidos autores mencionam, ainda, que a produção de inoculante para pequenos agricultores (solos ácidos, distróficos e sem insumos) poderia ser no próprio local de utilização (Fig. 5), o que evitaria o transporte oneroso de grandes quantidades de inóculo. A inoculação de MVA + *Rhizobium* em leguminosas e/ou combinações destes mais adubação com rocha fosfática também fazem parte das estratégias da tecnologia de baixo custo, as quais propiciam aumento significativo da produ-

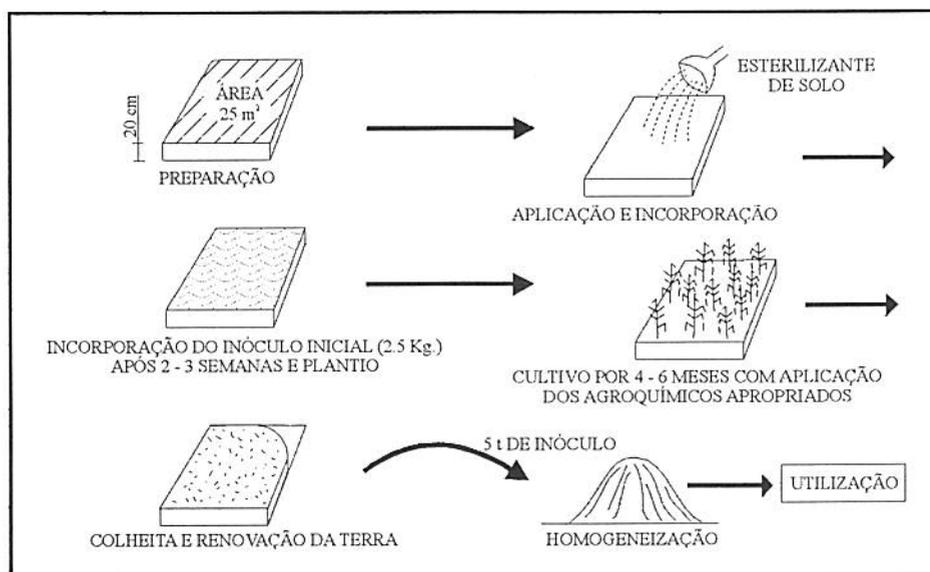


Figura 5 - Modelo teórico para produção de inóculo em pequena propriedade

FONTE: Siqueira & Franco (1988).

tividade vegetal e economia de insumos agrícolas, uma vez que contribuem significativamente para o controle da erosão dos solos.

CONCLUSÃO

A conservação do solo vista como a "espinha dorsal" de qualquer programa de agricultura sustentável, requer práticas de manejo que minimizem a erosão do solo e, portanto, mantenham a fertilidade dele. O sucesso destas práticas é avaliado pela capacidade que elas têm de criar agregados de solo estáveis que são imprescindíveis à formação de uma boa estrutura, relativamente resistente à erosão.

Práticas de manejo dos restos culturais e rotação de culturas, apesar de simples e não onerosas, praticamente, garantem uma boa estruturação ao solo, principalmente quando se faz uso de gramíneas, dada à abundância do sistema radicular e seus efeitos diretos e indiretos sobre a agregação dos solos.

Indiretamente, as raízes contribuem com a agregação e estruturação dos solos através do estímulo à biota. Neste sentido, estudos voltados à utilização de microorganismos produtores de exopolissacarídeos (bactérias), merecem maiores atenções, haja vista a importância desses produtos na formação e estabilização de agregados. Embora a biota do solo desempenhe uma maior função na estabilização da estrutura (microescala: mucilagens e raízes de hifas fúngicas e bactérias), as partículas do solo podem ser agregadas e seguras pelo emaranhamento de raízes de plantas e hifas associadas.

As evidências da atuação da biota na agregação e estruturação dos solos deixam claro que o considerável processo de erosão a que são submetidos os solos brasileiros pode ser expressivamente atenuado, se não paralisado. Porém, essas medidas não dependem apenas dos agricultores isoladamente, mas de uma ação governamental que, através de política de manejo de bacias hidrográficas, possa ser instrumento de conscientização, principalmente, daqueles que do solo só pensam em buscar o lucro imediato, fazendo-se, portanto, os maiores agentes de erosão dos solos brasileiros.

Vale ressaltar, ainda, que o manejo da biota reflete-se não somente na estru-

turação do solo, mas principalmente numa agricultura mais sadia e barata, haja vista a importância dos organismos nos vários processos relevantes à produtividade das culturas resultantes de associações benéficas solo-planta-microorganismos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAYLIS, G.T.S. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B., TINKER, P.B. (Ed.). *Endomycorrhizas*. New York: Academic Press, 1975. p. 373-389.
- COLEMAN, D.C. The role of microfloral and faunal interactions in affecting soil processes. In: MARTINUS, M., NAKAS, J.P. (Ed.). *Microfloral and faunal interactions in natural and agro-ecosystems*. Boston: Nijhoff/W. Junk, 1986. p. 317-348.
- ELLIOT, E.T.; COLEMAN, D.C. Let the soil work for us. *Ecological Bulletins*, v.39, p. 23-32, 1988.
- GOUZOU, L.; BURTIN, G.; PHYLIPPY, R., BARTOLI, F.; HEULIN, T. Effect of inoculation with *Bacillus polymyxa* on soil aggregation in the wheat rhizosphere: preliminary examination. *Geoderma*, Amsterdam, v.56, p. 479-491, May 1993.
- JASTROW, J.D.; MILLER, R.M. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.74, p. 1656-1664, 1991.
- JASTROW, J.D.; MILLER, R.M. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. *American Society of Agronomy*, n.54, p. 29-44, 1992.
- LYNCH, J.M.; BRAGG, E. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, New York, v.2, p. 132-171, 1985.
- MARTIN, J.P.; MARTIN, W.P.; PAGE, J.B.; RANEY, W.A.; DE MENT, J.D. Soil aggregation. *Advances in Agronomy*, v.7, p.1-37, 1955.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, The Hague, v.76, n. 1/3, 1984.
- OADES, J.M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, Amsterdam, v.56, p. 377-400, Oct. 1992.
- REID, J.B.; GOSS, M.J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soil. *The Journal of Soil Science*, Oxford, v.32, n.4, p. 521-541, Dec. 1981.

SIQUEIRA, J.O. *Biologia do solo*. Lavras: ESAL-FAEPE, 1993. 230p.

SIQUEIRA, J.O. Microorganismos do solo e seus processos irrelevantes para a produtividade agrícola. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; FREITAS, S.S. *A responsabilidade social da ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 337-352.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Lavras: MEC/ESAL/ABEAS, 1988. 235p.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and wather-stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.33, n.2, p. 141-163, June 1982.

O fruto
da
terra

Durante todo o ano, pesquisadores do Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária desenvolvem trabalhos com culturas, criações, tecnologia de alimentos, recursos naturais e estudos sócio-econômicos, buscando o aumento da produção e da produtividade agropecuária.

Os resultados destes trabalhos são publicados em relatórios anuais sobre cada produto, em revistas científicas e em outros tipos de publicações técnicas. Procure conhecê-las para se inteirar dos progressos tecnológicos estão sendo alcançados.

Você encontrará estas publicações na



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Efeitos do Manejo dos Resíduos Culturais, Adubos Verdes, Rotação de Culturas e Aplicação de Corretivos nas Propriedades Físicas e Recuperação dos Solos

Miralda Bueno de Paula¹
Renato Prudente de Assis²
Victor Gonçalves Bahia³
Cristiane Valéria de Oliveira²

INTRODUÇÃO

Na região tropical, onde a luminosidade é muito intensa e há predomínio de temperaturas altas, a queima da matéria orgânica é rápida. Associada à distribuição irregular de chuvas com altas precipitações no verão, provoca em solo descoberto modificações das propriedades físicas, desorganização da estrutura, selamento superficial, perda da fertilidade e perda de solo por erosão, o que, por sua vez, leva a uma queda de rendimento das culturas.

Os solos tropicais, geralmente os Latossolos e as famílias oxídicas dos Podzólicos, possuem excelente estrutura. Esta boa estrutura deve-se ao fato de que as partículas primárias estão unidas em "grãos" maiores muito estáveis. Esta estabilidade é decorrente do alto conteúdo de argila e sua cimentação com óxidos amorfos de ferro e alumínio.

A matéria orgânica também está correlacionada com a estabilidade dos agregados, já que funciona como aglutinadora entre as partículas minerais primárias. A ligação entre a formação mineral e a orgânica pode ser estabelecida por pontes com Ca^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+3} e, possivelmente, Al^{+3} (Malavolta, 1976). A agregação do solo aumenta o volume de macroporos e reduz o de microporos. A manutenção desta boa estrutura do solo é de importância para a conservação e a circulação da água e do ar. Em solos argilosos, a plasticidade e a pegajosidade são atenuadas pela incorporação de matéria orgânica, o que os torna mais facilmente trabalháveis, quando úmidos. Por ser pouco densa em relação aos minerais dos solos e por favorecer a formação de grânulos, a matéria orgânica reduz a

densidade aparente do solo (Melo et al., 1984). Com a melhoria das condições físicas do solo, há um maior desenvolvimento do sistema radicular das culturas, um aumento da capacidade de infiltração e conseqüentemente um menor escoamento superficial e menores perdas de solo por erosão.

A continuidade de suprimento da matéria orgânica na região tropical é de extrema importância, pois os processos de estabilização microbiológica dela são relativamente rápidos. Segundo Sanches (1981), a taxa de decomposição da matéria orgânica chega a ser cinco vezes superior à de regiões temperadas, sendo de importância manter o equilíbrio do teor de carbono orgânico (húmus) nos solos cultivados. A taxa de decomposição é afetada tanto pela quantidade de matéria orgânica fornecida, como pela composição da matéria orgânica leve (MOL), ou seja, resíduo vegetal em início de decomposição, não ligado a fração mineral do solo. Segundo Lassus (1990), as leguminosas apresentam MOL caracterizada por altos teores de lignina, 15 vezes superiores às gramíneas. Fibras leguminosas tropicais apresentam, portanto, composição bioquímica mais estável.

Na decomposição dos resíduos, segundo Malavolta (1967), cerca de 35% do carbono é assimilado por organismos heterotróficos e o restante liberado como CO_2 . Ocorrem então situações diversas, quando se incorporam gramíneas ou leguminosas. Com a incorporação de 1000kg de resíduos de milho, teríamos 40% de carbono e 0,5% de nitrogênio que, por sua vez, resulta numa relação C/N = 28; com a incorporação de 1000kg de resíduos de soja, teríamos 40% de carbono e 3% de

N, sendo a relação C/N de aproximadamente 4,5. No primeiro caso, com relação a C/N alta, haveria um déficit de nitrogênio com perda de carbono com CO_2 , baixa formação de húmus e falta de nitrogênio para as culturas seguintes. No segundo caso, com relação a C/N baixa, ocorre um excesso de nitrogênio que resulta em estímulo à produção de húmus e fornecimento adequado de nitrogênio para as culturas.

Desse modo, a matéria orgânica é uma das frações mais complexas do solo e não apresenta, quando manejada, a mesma estabilidade das frações minerais. É a parte menos conhecida, embora seja uma das mais importantes para as plantas.

Como resultado das práticas agrícolas, a matéria orgânica, em muitos solos, pode ser reduzida a níveis subnormais. No caso do cerrado em fase de incorporação ao processo produtivo, por exemplo, é necessário que, no seu sistema de produção, se faça um manejo adequado da matéria orgânica (Pereira & Peres, 1987). Segundo Pereira & Kage (1980), alguns agricultores dos cerrados vêm realizando suas explorações agrícolas com grande melhoria da fertilidade do solo, porém sem muito interesse por melhores seqüências culturais ou por outros manejos adequados à manutenção de boas condições dos solos de modo contínuo. Neste sentido, o manejo efetivo dos resíduos culturais, técnicas de adubação verde, rotação de culturas e aplicação de corretivos são medidas que promovem a elevação e manutenção da capacidade produtiva dos solos, refletidas no seu potencial de fornecer nutrientes, disponibilidade da água, atividade biológica e características físicas inseridas dentro do contexto de controle da erosão.

¹Eng^a Agr^a, M.Sc. -Doutoranda em Fitotecnia/UFLA - Pesq./CRSM/EPAMIG - Caixa Postal 176 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^a Agr^a - Mestrando/Solos e Nutrição de Plantas/Dept^a Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

³Eng^a Agr^a, D.Sc. - Prof. Tit. /Dept^a Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

EFEITO DO MANEJO DOS RESÍDUOS CULTURAIS

Em um ecossistema não-perturbado, há equilíbrio do teor de matéria orgânica no solo, graças ao processo da biodinâmica. Quando tais sistemas são incorporados ao processo produtivo, ocorre um rompimento desse equilíbrio inicial, seguido de uma série de transformações que podem ocasionar uma melhoria em certas propriedades do solo, como também podem acelerar sua degradação, dependendo principalmente da natureza do solo, da espécie vegetal, do sistema de manejo usado e do tempo de exploração agrícola.

Práticas como calagem e adubação promovem um aumento da atividade biológica que concorrerá para a diminuição do conteúdo de matéria orgânica no solo. Deste modo, o manejo de restos culturais deve ser uma das preocupações nas operações que antecederem o plantio, uma vez que esta variável pode afetar significativamente as propriedades físicas e assim ocasionar também perdas de solo e água.

Derpsch et al. (1985) comentam sobre o valor dos resíduos de culturas de inverno deixados sobre o solo para as culturas de verão, como benefícios decorrentes da manutenção da estrutura, redução de temperatura, conservação de umidade, redução da formação de crostas superficiais, melhoria das condições químicas pela reciclagem dos nutrientes e fixação de nitrogênio, neste caso pela presença de leguminosas, promovendo maiores rendimentos dos cultivos agrícolas.

A grande mobilização do solo, a incorporação ou queima dos resíduos vegetais podem dificultar o estabelecimento das culturas, devido às oscilações de temperatura e umidade em solo descoberto, principalmente durante a germinação e fase inicial, quando não há dossel de vegetação para proteção, ocorrendo, segundo Sidiras et al. (1984), temperaturas com valores superiores a 40°C a 5cm de profundidade.

A temperatura depende em grande parte da intensidade e duração da radiação solar e das condições do solo, como cobertura superficial e teor de água (Baver et al., 1972). A cobertura geralmente dissipa parte da energia radiante que chega à superfície da terra com intensidade. Morote et al. (1990) observaram que, na presença de 6,6t/ha de palha de trigo, houve redução de perda de água e a temperatura se manteve em torno de 30°C nos primeiros

dias após a implantação da soja. Por outro lado, no tratamento sem cobertura, ocorreram temperaturas mais altas (38°C), a 5cm de profundidade que, segundo Hatfield & Egli (1974), prejudicam a germinação e o desenvolvimento da soja. Outros resultados mostrando o efeito da cobertura do solo com resíduos culturais na diminuição da temperatura do solo são encontrados em Lal (1974), Derpsch et al. (1983, 1985), Bragagnolo & Mielniczuk (1990) e Vieira et al. (1991).

A capacidade do solo em reter água e fornecê-la às plantas constitui-se num dos principais fatores limitantes na agricultura tropical. Os maiores efeitos da cobertura na retenção de umidade manifestam-se na camada de 0,5cm, provavelmente devido à redução da evaporação pela cobertura (Bond & Willis, 1969), aumento da capacidade de retenção de água pelo solo e pela ação dos resíduos culturais (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990).

Os benefícios da cobertura na maior retenção de umidade relacionam-se com controle da presença de plantas competidoras que aumentam a demanda pela água e permitem uma melhor infiltração da água no perfil, evitando a formação de crostas superficiais. A presença de resíduos melhora a estrutura do solo na camada superficial, devido à presença de matéria orgânica, proteção contra o impacto das gotas de chuva sobre o solo e diminuição da velocidade do escoamento superficial da água. Bond & Willis (1969) relatam reduções da taxa de evaporação em torno de 6mm/dia pela cobertura do solo com 6,7kg/ha pela palha de centeio. Derpsch et al. (1985) encontraram valores mais altos de umidade do solo na camada de 0-10cm. Estes valores foram até oito unidades percentuais mais altas no solo coberto, que no solo descoberto. Para Bragagnolo & Mielniczuk (1990), a cobertura retarda a perda de água por evaporação, porém não evita o secamento do solo em períodos prolongados de estiagem, quando as taxas de evaporação são constantes e independentes da cobertura.

Para o controle da erosão, segundo Lopes et al. (1987), são suficientes 2t/ha de palha, que condicionam 40% de cobertura na superfície do solo e reduzem as perdas de solo em 17t/ha, quando comparado com o solo descoberto. Segundo Manngring, citado por Alvarenga et al. (1987), a cobertura morta é efetiva, porque protege o solo contra a desagregação, minimiza o

encrostamento superficial com maior infiltração da água no solo e redução da velocidade de enxurrada e transporte de sedimentos.

Viegas (1966), baseando-se em vários anos de experimentação no estado de São Paulo, observou que o efeito da palha sobre a superfície em relação àquela enterrada pode ser avaliada por uma redução de 67% em perdas de terra e 64% em perdas de água. O Quadro 1 evidencia o efeito do manejo da palhada no controle da erosão, quando incorporada ou mantida sobre o solo (Relatório..., 1982).

EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE

Denominou-se adubo verde a planta cultivada, ou não, com a finalidade precípua de enriquecer o solo com sua massa vegetal, quer produzida no local, quer importada. Embora se considere também como adubação verde a incorporação ao solo de espécies vegetais, tanto de gramíneas como outras espécies naturais ou cultivadas, a cultura de leguminosas constitui a prática mais racional e difundida, para essa finalidade. A razão se dá principalmente pelo fato de as raízes dessas plantas em simbiose com bactérias do solo do gênero *Rhizobium* fixarem o nitrogênio do ar. Outros motivos são sua riqueza em compostos orgânicos nitrogenados e a presença de um sistema radicular geralmente bem ramificado e profundo, que promove a reciclagem de nutrientes das camadas inferiores e, com a morte e decomposição das raízes, formam canalículos que aumentam a infiltração de água. Por outro lado, as gramíneas, em razão do seu sistema radicular mais denso, provocam normalmente uma melhoria nas propriedades físicas do solo, tais como, aumento da macroporosidade, da agregação e estabilidade dos agregados, da friabilidade do solo e da retenção de água. Quando cultivados em períodos ociosos, os adubos verdes oferecem proteção ao solo, contra a ação direta da chuva, diminuindo o selamento superficial e com isso aumentando os índices de infiltração, conforme demonstrado por Monegat (1991) e Derpsch et al. (1991).

A temperatura e a umidade do solo são também influenciadas pela prática da adubação verde. Miyasaka et al. (1966) verificaram, aos 45 dias após incorporação de uma massa vegetal não decomposta de capim-gordura e soja perene isoladas ou em combinação meio a meio, uma maior re-

QUADRO 1 – Perdas Médias do Solo por Erosão sob Chuva Natural em Três Formas de Manejo da Palhada de Trigo e Soja no Período de 1976-1977 a 1979-1980

Tratamentos	Perdas de Solo em t/ha/Ano Agrícola				
	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	Média
- Preparo convencional (1 lavra + 2 gradagens) Queima da palha	15,2	7,2	1,3	27,5	12,8
- Preparo convencional (1 lavra + 2 gradagens) Incorporação da palha	3,8	4,2	0,7	3,7	3,7
- Sem preparo (plantio direto) Palha na superfície	1,5	0,8	0,4	1,7	1,1

FONTE: Relatório... (1982).

tenção de umidade e uma menor variabilidade térmica deste solo. Resck et al. (1982), estudando o efeito de 15 espécies de adubos verdes, na capacidade de retenção de água, verificaram aumento na capacidade de retenção de água do solo, aumento que variou, em média de 0,21 a 0,24 cm³ de água/cm³ de solo até sete meses após a incorporação. Posteriormente, ocorreu um decréscimo destes valores.

Wutke & Alvarez, citados por Andrade (1982), estudaram em um Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. Ao final de três anos de adubação verde, não se verificou alteração da estrutura do solo determinada através da distribuição dos agregados estáveis em água.

Para Shih-Chung & Chin-Chen e Kar et al., citados por Andrade (1982), os efeitos benéficos da adubação verde na parte física do solo restringem-se unicamente ao aumento de sua aeração e de sua capacidade de retenção de água, não havendo melhoria na sua estrutura. No entanto, Malavolta et al. (1976), Paula et al. (1997) e Primavesi (1982) afirmam ser a adubação verde uma técnica capaz de, economicamente, possibilitar a recuperação de solos depauperados. Dessa forma, sendo o comportamento individual de cada adubo verde variável em função do tipo de solo e das condições climáticas, pode-se esperar também que sua ação no solo seja variável. Outro aspecto é quanto ao efeito desta prática ao longo do tempo, quando se pode notar uma grande variabilidade em relação aos parâmetros avaliados e poucas informações de um acompanhamento periódico após o período de um ano.

Em Minas Gerais, essa prática não é muito difundida. Uma das razões para a não-adoção dela pelos agricultores, segundo Vasconcelos & Pacheco (1987), é a

falta de retorno econômico durante um ano agrícola. Para contornar este problema, Vieira (1961) aconselha o uso da leguminosa intercalado ao uso da cultura do milho, sendo seu plantio realizado desde os 30 dias após a germinação do milho até a colheita, dependendo das condições de umidade. Em observações preliminares, na região do Campo das Vertentes, a melhor espécie tem sido a mucuna-preta (*Stylobium atterinum* Piper & Tracy). O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) é outra espécie que se tem desenvolvido muito bem, quando plantada na mesma época e na mesma linha de plantio do milho. Deve-se atentar para que o número de plantas de guandu por metro linear não exerça competitividade com a cultura do milho. Outras espécies indicadas para plantio individual são: mucuna-preta, guandu, *Crotalaria juncea* L., feijão-de-porco e mucuna-rajada.

EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS

As metas principais da rotação de culturas são, entre outras, criar as melhores condições possíveis de crescimento de uma cultura agrícola através do plantio após culturas prévias adequadas, alcançar utilização e ativação ótimas da fertilidade do solo e garantir a execução de todas as operações de cultivo desde o preparo, plantio e manejo até a colheita em tempo hábil, evitando ocorrência de picos de trabalho. Além disso, a rotação de culturas deve assegurar um controle eficiente de plantas daninhas e pragas com envolvimento mínimo de despesas (Steinhauser et al., citado por Derpsch et al. 1991).

Segundo Primavesi (1982), a rotação de culturas contribui para a manutenção da bioestrutura do solo e da sanidade vegetal, e beneficia-se das condições mais sau-

dáveis do solo, como arejamento adequado e melhor conservação da água disponível. Por outro lado, ela é uma medida poderosa no combate à erosão e ao deflúvio de água pluvial.

Para Derpsch et al. (1991), a influência da rotação de culturas sobre a infiltração é muito maior com o preparo convencional do solo do que com o plantio direto (Gráfico 1). A cobertura do solo tem efeito muito mais acentuado sobre a infiltração da água do que a rotação de culturas. A taxa de infiltração nitidamente mais baixa foi medida em solo preparado com monocultura de milho precedida de pausio de inverno, e a mais alta foi medida em solo preparado com rotação de culturas soja/tremoço/milho/trigo. Segundo os autores citados, as taxas de infiltração mais baixas na cultura de milho devem-se provavelmente ao fato de que, mesmo com o milho totalmente desenvolvido, uma quantidade significativa das chuvas caídas no período vegetativo atingiu diretamente o solo, enquanto que a soja em estágio de floração cobre totalmente o solo.

Cintra & Mielniczuk (1983) afirmam que a recuperação das características físicas é viável através de práticas adequadas de manejo do solo, que paralise e revertam o processo de degradação. Dentre estas práticas de manejo, um sistema de rotação de culturas desempenha papel fundamental, que inclui espécies vegetais capazes não só de se desenvolver sob condições físicas adversas (alta resistência à penetração e deficiência de O₂), mas também de melhorar essas condições, ao promover agregação e rompimento de camadas compactadas. Cintra & Mielniczuk (1983) estudaram ainda o potencial de algumas espécies vegetais na recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. Conforme pode ser visto na Figura 1, a colza e o tremoço mostraram-se promissores para a utilização na recuperação desses solos, pois suas raízes pivotantes penetram em solos compactados, com resistência à penetração de 11 kg cm⁻², além do fato de a colza apresentar um grande volume de raízes secundárias e o tremoço, a possibilidade de fixação simbiótica de nitrogênio.

EFEITO DOS CORRETIVOS

Faltam informações sobre os efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre as propriedades físicas dos solos ou as informações existentes são contraditórias. O que,

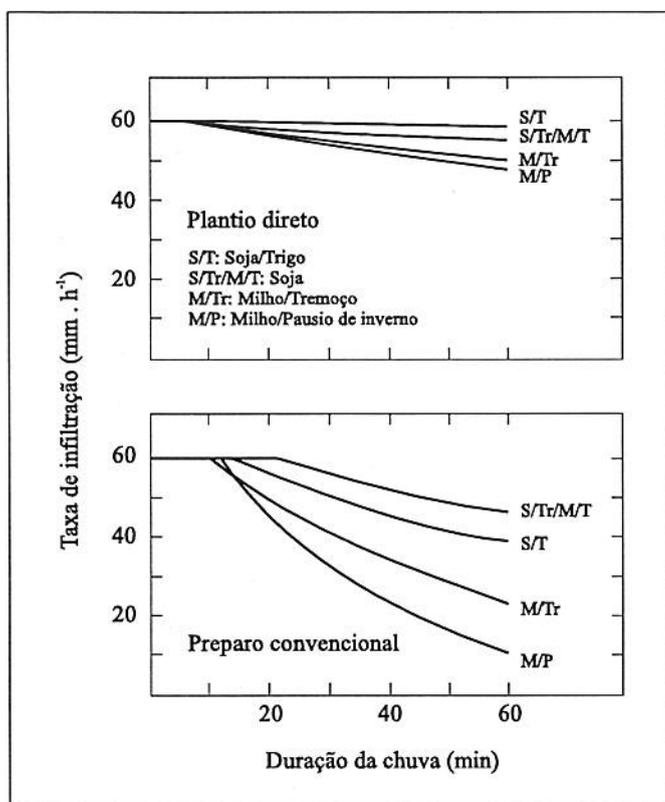


Gráfico 1 – Influência da rotação de culturas sobre a taxa de infiltração após plantio direto e plantio convencional sob chuva simulada de 60mm/h em Latossolo Roxo
 FONTE: Roth et al., citados por Derpsch et al. (1991).

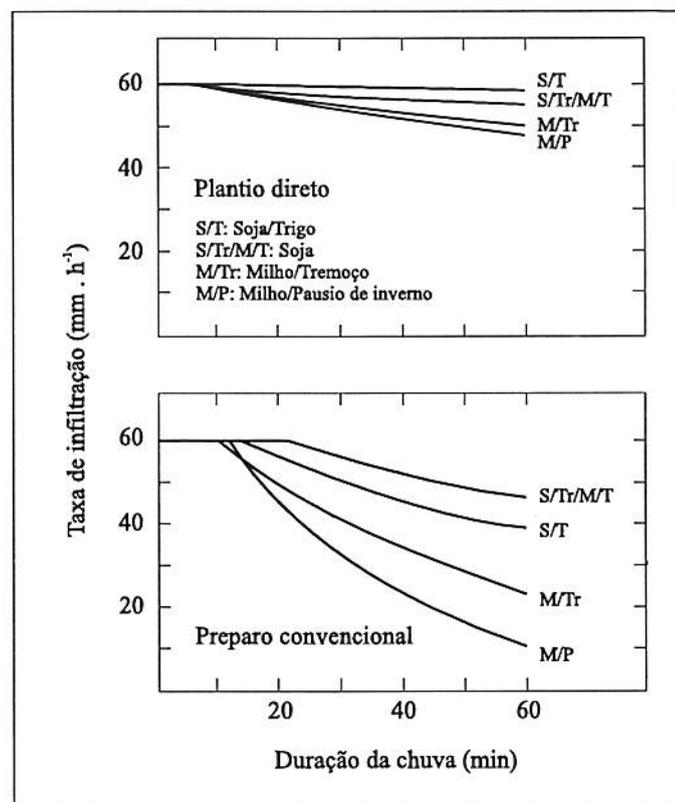


Figura 1 – Representação esquemática da raiz pivotante em função dos níveis de compactação de 0, 6, 11 e 18kg cm⁻²
 FONTE: Cintra & Mielniczuk (1983).
 NOTA: A – Colza; B – Tremoço; C – Soja.
 Reproduzido com base em fotografia.

certamente, não se pode questionar são os efeitos indiretos dos corretivos sobre a estabilidade dos agregados.

A maioria dos solos das regiões tropicais (oxissols) é caracterizada por apresentar carga variável, devido aos óxidos de Fe e Al, caolinita e matéria orgânica; apresenta ainda ponto de carga zero (PCZ) próximo de 4,0 e pH natural próximo de PCZ. Sob estas condições, os colóides do solo estão floculados, como conseqüência de: alta atividade do alumínio; interações entre óxidos de Fe e Al (PCZ7 – 8) que estão positivamente carregados, com caolinita, que se apresenta negativamente carregada (PCZ 3,5 – 5,0) e baixa carga líquida do colóide.

Quando a calagem é feita nestes solos, um número de processos químicos, físicos e biológicos ocorre simultaneamente e pode promover ou reduzir a estabilidade dos agregados e, conseqüentemente, tornar o solo mais ou menos susceptível à erosão. Segundo Kamprath (1970), nos trópicos, a calagem, para neutralizar o Al³⁺ tóxico, não deve ser feita com doses acima das necessárias, pois pode ocorrer com isso

uma destruição dos agregados com diminuição da permeabilidade. Butierres (1980) demonstrou que o uso da calagem diminuiu o grau de floculação em três solos do Rio Grande do Sul. Peele et al., citados por Jucksch (1987), relatam que a calagem reduziu a permeabilidade e provocou efeitos dispersantes nos agregados de um solo laterítico. Efeito contrário foi observado por Roth et al. (1986), através de estudos em lavoura cafeeira, onde diferentes níveis de calcário necessários para elevar o pH a 5,0 - 6,0 - 6,5 - 7,0 e gesso foram aplicados em um Latossolo Roxo Distrófico. Roth et al. (1986) observaram ainda que a estabilidade dos agregados tanto em relação à classe 9,5 – 5,7mm, como no diâmetro médio ponderado (DMP), aumentou com a elevação do pH, havendo um incremento significativo na infiltrabilidade. No tratamento com gesso, houve também maior infiltrabilidade em comparação com a testemunha, equivalendo ao tratamento com calagem para elevar o pH a 6,0. A percentagem de agregados foi correlacionada positivamente com os teores de cátions trocáveis (Ca e

Ca + Mg) e com o pH. Segundo Rajj (1988), para floculação dos colóides é importante a existência de cátions divalentes no solo, principalmente Ca²⁺, bem como um nível mínimo de eletrólitos na solução do solo.

A calagem e a gessagem melhoram as condições químicas do solo em áreas com problemas de acidez superficial e em profundidade. A calagem por sua vez, promove também maior fixação simbiótica do N pelas leguminosas. Disso resulta maior crescimento vegetal, que tem como conseqüência, maior retorno de matéria orgânica ao solo.

Radcliffe et al., citados por Rajj (1988), encontraram efeito positivo do gesso nas propriedades físicas de um Ultisol ácido que apresentava barreira física e química para penetração de raízes no subsolo. Três anos após aplicação de 10t/ha de gesso, o tratamento com o sal acusou uma menor resistência do solo e maiores agregados estáveis, na presença de vegetação. O que causou a melhoria das propriedades físicas foram as raízes que, ao penetrarem e desenvolverem-se no subsolo, alteravam as condições de macroporosidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cobertura do solo com plantas ou restos de plantas é o fator que mais influencia a infiltração de água e perda do solo por erosão. Técnicas de manejo dos restos culturais, principalmente entre pequenos e médios produtores, são pouco difundidas e a prática da queimada como forma de facilitar as operações de preparo do solo e plantio ainda é uma realidade.

Em áreas utilizadas para produção de forragem para obtenção de silagem (milho principalmente), a situação da grande exportação de nutrientes e de carbono orgânico é agravada pelo tempo que o solo permanece sem cobertura vegetal. Este tempo vai desde o início do outono até o plantio da próxima safra agrícola, que acontece no início do verão. Nestas áreas, a adubação verde teria um potencial muito grande não só pela proteção que oferece ao solo, como também pela reciclagem de nutrientes e fertilização com nitrogênio, no caso do uso de leguminosas.

Sistemas de cultivo formados por consorciação, sucessão e/ou rotação de culturas anuais e sobretudo pela rotação com pastagens formadas pela combinação de gramíneas e leguminosas, são os mais adequados para a manutenção de uma boa estrutura do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C.; PACHECO, E.B. Preparo do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.40-45, mar. 1987.
- ANDRADE, L.A.B. de. Efeitos da incorporação de *Crotalaria juncea* L. sobre algumas características do solo e do desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar (*Sacharum* spp). Piracicaba: ESALQ, 1982. 129p. Tese Mestrado.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. (Ed.). *Soil physics*. New York: John Wiley, 1972. p.253-280: The thermal regime of soils.
- BOND, J.J.; WILLIS, W.O. Soil water evaporation: surface residue rate and placement effect. **Soil Science Society of America Proceedings**, Detroit, v.33, p.445-448, 1969.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.3, p.369-373, set./dez. 1990.
- BUTTIERRES, M.F.M. Efeito do calcário e fosfato de potássio no ponto de carga zero (PCZ) e grau de floculação em três solos do Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM, 1980. 59p. Tese Mestrado.
- CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.197-201, maio/ago. 1983.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: GTZ/IAPAR, 1991. 272p.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Efeito residual da adubação verde de inverno sobre a umidade e temperatura do solo, e rendimentos de culturas de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19, 1983, Curitiba. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.110.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, p.761-773, jul. 1985.
- HATFIELD, J.L.; EGLI, D.B. Effect of temperature on rate of soybean hypocotyl elongation and field emergence. **Crop Science**, Madison, v.14, n.3, p.423-426, May/June 1974.
- JUCKSCH, J. Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro. Viçosa: UFV, 1987. 37p. Tese Mestrado.
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminium as a criterion for liming leached mineral soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Tucson, v.34, n.2, p.252-254, Mar./Apr. 1970.
- LAL, R. Effect of constant and fluctuating soil temperature on the growth, development and nutrient uptake of maize seedlings. **Plant and Soil**, Amsterdam, v.40, p.589-606, 1974.
- LASSUS, C. de. Composição dos resíduos vegetais em um solo manejado com nove sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.3, p.375-379, set./dez. 1990.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.71-75, jan./abr. 1987.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. p.285. Adubos orgânicos.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MELO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRANETO, A.; KIEHL, E.J. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel, 1984. 400p.
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, A.P. de; INFORZATO, R.; IGUE, T. Efeitos da cobertura e da incorporação do solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta, na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.32, p.349-363, nov. 1966.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó, SC, 1991. 336p.
- MOROTE, C.G.B.; VIDOR, C.; MENDES, N.G. Alterações na temperatura do solo pela cobertura morta e irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.81-84, jan./abr. 1990.
- PAULA, M.B. de; MESQUITA, H.A.; CARVALHO, J.G. **Recuperação de solos sob pastagem degradada**. Lavras: EPAMIG-CRSM, 1997. 28p. Relatório Técnico CNPq.
- PEREIRA, J.; KAGE, H. Manejo da matéria orgânica em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, 1978, Brasília. **Anais...** Brasília: Editerra, 1980. p. 581-591.
- PEREIRA, J.; PERES, J.R.R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel/EMBRAPA-CPAC, 1985. p.261-284.
- PRIMAVESI, A.M. **Manejo ecológico de pastagens**. Porto Alegre: Centaurus, 1982. 184p.
- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA, 1988. 88p.
- RELATÓRIO Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa do Trigo - 1979-1980. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1982. 176p.
- RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes, na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides, em Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.459-467, mar. 1982.
- ROTH, C.H.; PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MEYER, B.; FREDE, H.G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltração de água em um Latossolo Roxo cultivado com caféiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.2, p.163-166, maio/ago. 1986.
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José, Costa Rica: IICA, 1981. 660p.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F.X. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento das culturas de verão, em Latossolo Roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.9, n.2, p.4-5, 1984.
- VASCONCELOS, C.A.; PACHECO, E.B. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.37-40, mar. 1987.
- VIEGAS, G.P. Técnica cultural. In: CULTURA e adubação de milho. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, 1966. p.263-332.
- VIEIRA, C. Efeito da adubação verde intercalar sobre o rendimento do milho. **Experimentia**, Viçosa, v.1, n.1, p.1-24, maio 1961.
- VIEIRA, S.R.; NASCIMENTO, P.C. do; SARVASI, F.O.C.; MOURA, E.G. de. Umidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta por resteva de soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.2, p.219-224, maio/ago. 1991.

Práticas Mecânicas e Culturais de Recuperação de Características Físicas dos Solos Degradados pelo Cultivo

Renato Lara de Assis¹
Victor Gonçalves Bahia²



INTRODUÇÃO

O incremento da demanda de alimentos pelos povos e o grande desenvolvimento industrial contribuíram para uma mudança radical no sistema agrário, que passou do uso da tração animal e humana para o de maquinaria, no preparo do solo, plantio, adubação e colheita. Segundo Gameda et al. (1985), citados por Vaz et al. (1992), entre 1948 e 1968 houve, em nível mundial, um aumento médio de 2,7 para 4,5t na massa de tratores e na década de 80, a média está em torno de 6,8t, com alguns modelos alcançando 22,4t.

Associada a outros aspectos de manejo e às características do solo como um meio poroso não elástico, a compactação do solo passou a desempenhar um papel importante como um dos fatores limitantes da produção na agricultura.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

O conhecimento das principais características físicas do solo, cor, textura, densidade global, estrutura e porosidade, etc. é de grande importância na orientação dos trabalhos de manejo e controle do solo contra a erosão (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Cor

A cor é uma das características mais facilmente distinguíveis dos solos que, em geral, apresentam diversas tonalidades de cor parda. Esta cor, porém, vai-se tornando clara, à medida que se aprofunda no perfil.

Por via de regra, o solo é da cor do material de que se origina, mas essa proprie-

dade é alterada pela presença, maior ou menor, de matéria orgânica, água e óxidos de ferro.

Assim, pela sua cor, pode-se muitas vezes saber se um solo é bem ou mal drenado, se tem problemas de matéria orgânica, saber, enfim, as perspectivas de sua utilização.

Textura

A textura é a distribuição quantitativa das classes de tamanho de partículas de que se compõe o solo.

Ela é uma propriedade permanente do solo que depende das características do material originário e dos agentes naturais de formação do solo. Talvez seja ela um dos mais importantes fatores na determinação do uso do solo.

A experiência tem demonstrado que as culturas plantadas em solos arenosos respondem diferentemente aos fertilizantes que as plantadas em solos argilosos, mesmo que a análise química tenha revelado quantidade semelhante de elementos nutritivos disponíveis. Tal fato pode ser explicado pela diferença de textura.

Estrutura

A estrutura é a forma como se analisam as partículas elementares do solo. Determina a maior ou menor facilidade de trabalho das terras e permeabilidade à água, a referência à erosão e as condições de desenvolvimento das raízes das plantas. A estrutura pode ser modificada pelas práticas de manejo, tais como, o trabalho mecânico, o teor de matéria orgânica, a drenagem, a rotação de culturas.

Uma boa estrutura é a que tem poros e espaços porosos bastante volumosos para aeração, infiltração e desenvolvimento

radicular das plantas, além de agregados bastante densos e coesos.

Agregados estáveis em água permitem maior infiltração e maior resistência à erosão, porém agregados não-estáveis tendem a desaparecer e dispersar-se sob o impacto das gotas de chuva. Sua estabilidade é devida ao tipo de argila, ao elemento associado com a argila, à natureza dos produtos de decomposição da matéria orgânica e ao tipo de população microbiológica do solo.

A estrutura do horizonte B é de grande importância na absorção da água e na circulação do ar. Solos com uma camada adensada têm sérios problemas de manejo, pois a absorção da água da chuva é lenta e a penetração das raízes, limitada, pela falta de oxigênio. Não há muito o que fazer para melhorar a estrutura de um horizonte B muito argiloso: tem sido tentada a aração profunda e a subsolagem.

Porosidade

A porosidade refere-se à proporção de espaços ocupados pelos líquidos e gases em relação ao espaço ocupado pela massa de solo.

Os solos cultivados têm menor porcentagem de porosidade quando comparados com os mesmos solos não-cultivados. A perda de porosidade está associada à redução do teor de matéria orgânica, à compactação e ao efeito do impacto das gotas de chuva, fatores que, ao causarem uma diminuição no tamanho dos agregados maiores, reduzem, em consequência, o tamanho dos poros.

Permeabilidade

A permeabilidade é a capacidade que tem o solo de deixar passar água e ar atra-

¹Eng^o Agr^o - Mestrando/Solos e Nutrição de Plantas/Dep^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^o Agr^o, D. Sc. - Prof. Tit./Dep^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

vés do seu perfil. Está diretamente relacionada com o tamanho, volume e distribuição dos poros e varia nos diferentes horizontes de dado solo. Em geral, a permeabilidade é mais rápida no horizonte A e mais lenta no B, em razão do aumento da fração argila.

A permeabilidade é uma das mais importantes propriedades físicas para o estabelecimento de práticas conservacionistas.

AVALIAÇÃO DE QUATRO TÉCNICAS DE PREPARO DO SOLO

Os métodos de preparo do solo são constituídos por um conjunto de técnicas, supostamente ajustadas, o máximo possível às condições em que estão sendo usadas, objetivando melhor germinação das sementes e emergência das plantas, bem como melhor desenvolvimento destas, o que contribui para uma maior produtividade (Ardenghi, 1989).

Seguy et al. (1984) realizaram trabalho em que desenvolveram quatro sistemas diferentes de preparo do solo e procuraram verificar seus efeitos sobre a fertilidade dele, bem como o crescimento das raízes. São os seguintes os sistemas de preparo efetuados:

- preparo do solo com duas gradagens com grade aradora em solo seco;
- aração com arado de disco em terreno seco;
- trituração e pré-incorporação dos restos culturais e posterior aração com arado de discos em terreno seco;
- trituração e pré-incorporação dos restos culturais e aração em terreno úmido.

EFEITOS DAS TÉCNICAS DE PREPARO DO SOLO NA MELHORIA E CONSERVAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E NO CRESCIMENTO DAS RAÍZES DAS PLANTAS

O preparo do solo com técnicas aperfeiçoadas traz várias melhorias no que diz respeito à fertilidade natural do solo, a sua conservação, ao crescimento das raízes das plantas cultivadas e à operacionalização da prática da adubação profunda (Quadro 1).

Fertilidade natural do solo

A fertilidade natural do solo é proveniente da decomposição dos resíduos de colheitas, ervas em geral, etc.

QUADRO 1 - Efeito das Diversas Técnicas de Preparo do Solo sobre sua Fertilidade e Crescimento das Raízes

Efeitos Na (o)	Preparo com Grade Aradora	Preparo com Aração Convencional	Preparo com Pré-incorporação dos Resíduos, seguido de Aração
Fertilidade natural (proveniente da decomposição da matéria orgânica)			
- Perfil melhorado	Pouco profundo	Profundo	Profundo
- Velocidade de decomposição da matéria orgânica	Lento	Médio	Rápido
- Perigo de fermentação	Grande	Médio	Pequeno
Reserva de água x adubação	Pouco (baixa eficiência do adubo, se ocorrerem estiagens)	Bom (podendo ser prejudicada por sucessivas gradagens)	Bom (reduzida erosão laminar, maior reserva de água e maior eficiência do adubo)
Desenvolvimento das raízes	Dificultado e pouco profundo	Médio	Fácil e profundo
Adubação profunda			
- Execução da operação	Difícil	Difícil (devido à concentração de restos culturais)	Fácil
- Efeito sobre as raízes	Pouco	Bom	Ótimo

FONTE: Seguy et al. (1984).

Perfil melhorado

Este perfil depende da profundidade de incorporação dos resíduos; é melhor à medida em que os resíduos forem melhor triturados e incorporados a maior profundidade.

Decomposição da matéria orgânica

A decomposição da matéria orgânica também depende do grau de trituração e do contato dos resíduos orgânicos com o solo, possibilitando maior ataque e melhores condições nutricionais e ambientes para os microorganismos responsáveis pela decomposição. A incorporação superficial resulta em excesso de massa para um dado volume de solo, que, somado à menor disponibilidade de água na superfície, faz com que a decomposição seja lenta. No caso da aração convencional, as socas permanecem inteiras, apesar de muitas vezes serem incorporadas mais profundamente. Isto faz com que muita massa seja colocada em contato com pouco solo e não expõe o material a melhores condições nutricionais e ambiente para os organismos, além de prejudicar a multiplicação dos microorganismos. Com a pré-incorporação, seguida de aração profunda, os resíduos são finalmente triturados e incorporados em todo o perfil do solo, o que facilita e agiliza a sua decomposição. Com isto, ocorre, ainda, uma melhora quantitativa e qualitativa na microflora do solo, a qual promove inúmeros benefícios ao complexo nutricional.

Perigo da fermentação

Nos preparos superficiais há perigo de fermentação, principalmente quando realizados sem a antecedência necessária para a decomposição, porque os resíduos orgânicos são colocados em contato com reduzido volume de solo. Nessa situação, o processo de fermentação é lento e ocorre exatamente na região onde se desenvolve o maior volume de raízes das plantas cultivadas. A fermentação ou "febre" requer grande quantidade de nitrogênio, podendo, então, provocar séria imobilização desse nutriente no solo. Além disso, alguns microorganismos também podem causar injúrias às raízes das plantas cultivadas. Nos preparos com aração convencional, este perigo ainda existe porque as socas são incorporadas inteiras, o que torna lento o processo de fermentação.

Reserva de água e adubação

A água é o veículo de solubilização dos adubos e de transporte da maioria dos nutrientes até as raízes e, daí, para a parte aérea das plantas. É importante salientar que, em água, os adubos, na maioria sais, podem provocar sérios prejuízos à germinação das sementes ou às raízes das plântulas. Quanto mais superficial for o preparo do solo, menor será a possibilidade de aprofundar a adubação e menor o potencial do solo em reservar e fornecer água para a solubilização e transporte dos nutrientes. A aração profunda, com pré-

incorporação dos resíduos orgânicos, propicia maior infiltração e armazenamento de água, minimizando, ainda, a erosão laminar, responsável pelo arrastamento da camada fértil do solo.

Desenvolvimento das raízes

As raízes das plantas desenvolvem-se em busca de água e nutrientes e, não havendo barreiras, principalmente ligadas à compactação e desuniformidade de fertilidade, elas se desenvolvem até uma profundidade considerável. O preparo do solo, superficial ou profundo, mas com sucessivas gradagens niveladoras, forma a camada subsuperficial compactada, impedindo o desenvolvimento das raízes e o armazenamento de água. Com o sistema radicular superficial, as plantas sofrem muito com as estiagens e exploram muito pouco a fertilidade natural dos solos. A trituração dos resíduos orgânicos e sua incorporação a maior profundidade melhoram o perfil do solo, facilitando o desenvolvimento radicular a maior profundidade e o armazenamento de água e reduzindo os riscos dos veranicos.

Adubação profunda

A adubação profunda, até 10cm abaixo das sementes, é técnica altamente recomendada, principalmente para as regiões sujeitas ao veranico ou com chuvas irregulares ou deficientes. Esta prática propicia menor perda do adubo por erosão laminar; diminui os danos que os adubos causam às sementes; diminui o contato adubo/solo e, portanto, a sua fixação; melhora a solubilização e transportes de adubo, devido à maior umidade nas camadas mais profundas; e, o mais importante, provoca um maior e mais volumoso desenvolvimento do sistema radicular.

Facilidade de operação

A adubação profunda é feita, geralmente, com o auxílio de sulcadores na forma de facão adaptado a plantadeiras, o qual abre sulcos no solo para permitir a distribuição localizada e profunda do adubo. Como a profundidade mais indicada para a colocação do adubo é de 15cm da superfície ou 10cm abaixo das sementes, as plantadeiras de disco, na sua maioria, não conseguem realizar a prática convenientemente. Nos preparos superficiais do solo, é muito difí-

cil fazer esta operação, além do que, ela exige maior tração do trator. O preparo do solo com aração convencional também pode não facilitar a operação, porque as socas ou resíduos incorporados ao solo acumulam-se no facão das plantadeiras, causando entupimento no distribuidor do adubo. Assim sendo, a trituração e a pré-incorporação dos restos culturais e sua distribuição uniforme no perfil do solo, pela aração profunda, facilitam a operação da adubação profunda.

Efeito sobre as raízes

Este efeito está diretamente relacionado com a profundidade de adubação e é óbvio que, se a adubação for realizada mais profundamente, maior será a profundidade de crescimento e de exploração das raízes.

PROCESSO DE COMPACTAÇÃO

A compactação do solo ocorre, quando a proporção do volume de poros em relação ao volume total do solo está inadequada ao máximo desenvolvimento de uma cultura ou ao manejo eficiente do campo. A compactação pode ser considerada em termos da porosidade e densidade do solo e de sua resistência à penetração (Silveira, 1988a).

O teor de umidade tem grande influência no processo de compactação. Cada solo tem o teor de umidade ótimo que favorece a obtenção de um valor máximo de densidade, ou seja, de compactação, ficando esse valor próximo ao da umidade correspondente à capacidade de campo.

Causas da compactação

Num perfil de solo, em função de processos pedogenéticos ou decorrente do seu manejo, podem aparecer camadas com graus diferentes de compactação. Assim sendo, denominar-se-á de camadas adensadas aquelas em que a sua compactação é devida a processos pedogenéticos, reservando o termo de camada compactada àquela em que sua compactação é devida ao manejo do solo.

A maior compactação de uma camada é decorrente do maior volume da matéria sólida por unidade de volume e uma porosidade mais baixa que as camadas adjacentes.

As camadas compactadas e adensadas produzem as seguintes condições desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas:

- a) impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular;
- b) restrição do movimento da água e do ar ao longo do perfil.

Compactação artificial

A compactação artificial é causada por máquinas agrícolas usadas no preparo do solo, cultivo ou mesmo transporte, com um teor de umidade acima da média. Operações de preparo do solo realizadas à mesma profundidade formam gradativamente uma camada compactada.

Compactação natural

O adensamento subsuperficial é natural, quando tem origem genética. Este é o caso dos solos de cerrado principalmente o Latossolo Vermelho-Escuro Orto, com relevo plano ou suavemente ondulado.

Efeitos da compactação

São os seguintes os efeitos da compactação:

- a) prejudica o desenvolvimento do sistema radicular;
- b) dificulta a penetração dos adubos;
- c) provoca pequena infiltração de água;
- d) diminui as trocas gasosas entre o solo e atmosfera, etc.

Como evitar a compactação

Para que a compactação seja evitada, aconselha-se:

- a) reformular o sistema de produção. É importante a rotatividade de culturas, incluindo os adubos verdes e/ou coberturas mortas;
- b) modificar o espaçamento do plantio;
- c) alargar a bitola do trator, deixando ruas livres nas quais as rodas do trator não passam. Pode-se também reduzir a pressão dos pneus sobre o solo, utilizando-se pneus mais largos ou de rodagem dupla e suplementos mais leves;
- d) manter e melhorar os níveis de matéria orgânica no solo;
- e) fazer o preparo do solo, tendo em mente a conservação dele, e provocando-lhe o mínimo de desagregação necessária para a criação das

condições essenciais e uma rápida germinação, bom estande final e rápido desenvolvimento das plantas.

PRÁTICAS MECÂNICAS DE RECUPERAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS

Subsolagem

Segundo o Manual... (1985), a técnica ou a operação de rompimento e reestruturação da camada compactada que se forma no solo, a uma profundidade que varia de 15 a 30cm da superfície, depende do tipo de solo e do tipo de implemento usado.

A eficiência da técnica da subsolagem, entre outros fatores, depende:

- da época correta em que se realiza a operação, em relação às condições de umidade que apresenta o solo na ocasião. Quando os solos estão com alto teor de umidade, poderá agravar-se o problema de compactação, o que será mais significativo em solos de textura argilosa;
- da regulagem certa da profundidade de trabalho e da manutenção uniforme dela durante toda a operação, mesmo em declives mais acentuados e em superfícies irregulares de terreno;
- da relação que deve existir entre o espaçamento dos dentes no chassi e a profundidade de trabalho, o que é de 1 a 1 ½ vezes, para subsoladores com dentes convencionais.

Outro lado técnico de real importância é o da relação existente entre a profundidade de trabalho e a potência do trator. Observações de campo mostraram que foi necessário um acréscimo de, aproximadamente, 90 a 95% na potência da máquina, quando a profundidade passou de 35 para 45cm, a contar da superfície original do terreno, para um melhor tipo de dentes.

Benefícios da subsolagem

Os benefícios da subsolagem são os que seguem:

- rebaixamento da densidade do solo em níveis mais compatíveis com as exigências da atividade do sistema radicular das culturas;

- aumento na quantidade e no volume dos espaços aéreos entre as partículas sólidas (macroporos);
- maior e mais rápido fluxo vertical da água através do perfil.

Melhor época para subsolar

Para o Manual... (1985), se o agricultor pudesse dispor de sofisticados aparatos e instrumentos, ou soubesse manejá-los, poderia medir, com rigorosa exatidão, a densidade do solo, a resistência à penetração e a velocidade de infiltração da água através do perfil do solo, dados que indicariam, com precisão, a melhor época para realizar a subsolagem. Como isso não acontece, deve ele ter um acurado senso de observação:

- para estar certo de que é, de fato, necessário realizar a operação (condição primordial);
- para decidir a escolha da melhor época de realização.

Para isso, o agricultor pode utilizar um instrumento simples e corriqueiro, que é a pá de corte. Com um bom conhecimento prático dos solos de sua propriedade, bastará proceder a um número representativo de amostragens, cravando a pá de corte no solo em vários pontos e observando a maior ou menor resistência à penetração. Deverá também fazer uma observação visual na parede de cada corte feito, o que evidenciará se existe ou não uma camada compactada e, em caso positivo, se ela já se encontra em estágio que deve ser rompida.

Surge, agora, um ponto mais importante da operação e que mais insucessos tem causado aos que desconhecem o problema: o teor de umidade do solo deverá ser baixo, tanto quanto permita que este continue friável. Se houver alto teor de umidade, haverá menor consumo de potência, mas poderá ocorrer compactação abaixo da superfície deslizante da extremidade do dente, dependendo de seu formato.

Tempo de duração da subsolagem

Uma subsolagem bem-feita, em condições ideais de umidade e utilizando implemento construído dentro das especificações técnicas citadas, terá efeito duradouro por dois, três e até quatro anos, em solos argilosos, os mais sujeitos à

compactação.

Deve-se ter em mente o alto custo da subsolagem antes de preconizá-la, visando a um aumento do armazenamento de água e subsequentemente de produção resultante. Outro fator desfavorável, e que não pode ser esquecido, é que uma operação como essa, que fende o subsolo, pode acelerar as perdas por evaporação da água já armazenada (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

No Quadro 2, cujos dados foram obtidos em um experimento de subsolagem em Capão Bonito-SP, num Latossolo Vermelho-Escuro Orto, observa-se que a subsolagem proporcionou, em média, um aumento de 9% na produção de milho, porém os melhores resultados foram obtidos, quando se fez a subsolagem no primeiro ano. Esse efeito positivo de subsolagem menos intensiva quanto ao espaçamento, profundidade e frequência talvez se prenda ao fato de que, nessas condições, as perdas de água por evaporação sejam menores e ao mesmo tempo, haja aumento da infiltração.

Escarificação

Entende-se por escarificação o rompimento do solo na camada arável.

A escarificação, além de ser uma técnica de preparo reduzido do solo, como forma de cultivo mínimo, é também uma prática conservacionista de grande importância, quando empregada criteriosamente e nas condições de terreno que a justifiquem (Manual..., 1985).

Seus objetivos gerais são:

- destruição das ervas daninhas;
- rompimento de camadas superficiais compactadas e melhoramento da estrutura do solo, por meios mecânicos, para maior infiltração das águas das chuvas e melhor aeração;
- preparo reduzido do solo sem incorporação total das restevras que, em grande parte, ficam sobre a superfície do terreno (até 70%) com reduzida pulverização do solo;
- manutenção dos agregados, em tamanhos menores do que os resultantes do preparo convencional, o que dá à superfície do terreno uma rugosidade altamente eficiente no controle da erosão hídrica.

QUADRO 2 – Efeito da Freqüência, Profundidade e Espaçamento da Subsolação na Produção de Milho

Fatores	Subsolação					
	1 ^o ano		2 ^o ano		Média	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Freqüência						
- Sem subsolação	2.762	100	1.706	100	2.234	100
- Só no 1 ^o ano	3.171	115	1.830	107	2.500	112
- Anualmente	2.939	106	1.788	105	2.363	106
Profundidade						
- Rasa (0,30m)	3.200	116	1.835	107	2.517	112
- Média (0,50m)	2.914	105	1.779	104	2.346	105
- Profunda (0,70m)	3.051	110	1.813	106	2.432	109
Espaçamento						
- 1m	2.759	100	1.651	97	2.205	99
- 2m	2.946	107	1.873	110	2.409	108
- 4m	3.460	125	1.903	111	2.681	120

FONTE: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

O rompimento e a desagregação dos torrões na superfície do solo, a uma profundidade que pode variar de 10 a 25cm, são um dos pontos altos da escarificação e a principal característica que a diferencia da subsolação.

Segundo Mazuchowski & Derpsch (1984), a utilização do equipamento escarificador apresenta vantagens e limitações como a seguir:

a) vantagens:

- rompe as camadas compactadas que se formam a 10 e 25cm de profundidade (solo arável);
- permite o preparo reduzido do solo, deixando 60 a 70% da resteva na superfície;
- deixa o terreno com mediana rugosidade superficial;
- aumenta a infiltração e a capacidade de retenção de água;
- permite o preparo do solo, mesmo em condições de seca;
- não movimenta a terra lateralmente, como no caso da aração;
- pulveriza menos o solo do que o preparo com arado e/ou grade;
- permite maior rapidez de trabalho, economia de combustível e tempo, se comparado com a lavração e a gradeação;

- facilita a regulagem e operação;
- não forma o “pé-de-arado” ou “pé-de-grade”, pois as rodas do trator não trabalham dentro dos sulcos.

b) limitações:

- trabalha mal em áreas muito inçadas com plantas trepadeiras (corda de viola);
- trabalha mal em áreas infestadas com ervas daninhas com grande densidade e altura;
- não é adequado para áreas novas, com tocos e raízes, ou com afloramento de rocha, ou com regular pedregosidade na superfície;
- sofre embuchamento em terrenos com restevas não picadas, ou espalhadas de forma irregular, ou em quantidade excessiva;
- não consegue substituir todos os anos o uso do arado e da grade pesada, em sucessão ininterrupta das mesmas culturas;
- exige tratores com potência não inferior a 80 CV, para um rendimento compensador e eficiência no trabalho. (Cada dente exige, aproximadamente, 10 CV; para um espaçamento de 20 a 25cm entre dentes, que dará uma largura aproximada de 2m, serão necessários no mínimo oito dentes).

Arado de aivecas

Segundo o Manual... (1985), o arado de aivecas é constituído por ferramentas de ferro ou aço, especialmente montadas em um suporte rígido e destinadas a cortar e revolver o solo, sendo conhecidas como “relha” e “aiveca”. Ligeiramente recurvadas e dispostas em ângulo apropriado em relação ao sentido do deslocamento, as aivecas promovem a movimentação e a inversão das leivas de terra com mais eficiência do que o arado de discos. Conforme Silveira (1988b), a forma das aivecas varia com o tipo de solo e os objetivos visados. Atua numa profundidade de 20 a 35cm.

a) vantagens do uso do arado de aivecas de acordo com o Manual... (1985):

- penetra melhor no solo do que o arado de discos, especialmente em condições adversas, como em solo seco ou compactado;
- rompe ou quebra as camadas compactadas, melhorando a infiltração de água no solo;
- apresenta melhor enterrio de sementes de ervas daninhas e eliminação dessas plantas, do que o arado de discos;
- oferece serviço de melhor qualidade em áreas planas, notadamente nas várzeas drenadas.

b) desvantagens:

- má performance em solos argilosos, quando o teor de argila ultrapassa aproximadamente 30%, pois o solo gruda na aiveca. Somente em solos de textura média ou arenosos, com menos de 30% de argila, a aiveca fica limpa e consegue fazer um bom trabalho de inversão da leiva;
- maior dificuldade de regulagem deste arado em relação à regulagem do arado de discos;
- superfície do solo livre de resíduos vegetais e, conseqüente risco da erosão.

Cabe observar que as desvantagens do arado de disco, mostradas a seguir, são válidas para o arado de aiveca.

Arado de discos

Este tipo de arado é composto de discos colocados separadamente sobre rolaamentos no corpo do arado, mantendo determinados ângulos vertical e horizontal. O transporte e a inversão das leivas do solo arado são provocados pela rotação do disco, que gira pela força exercida para o solo (Silveira, 1988b).

a) vantagens do uso do arado de discos, conforme Mazuchowski & Derpsch (1984):

- pode ser usado em condições difíceis, como em terrenos recentemente desbravados com grande quantidade de raízes, pois o disco rola por cima destas;
- mistura melhor o solo do que o arado de aiveca, fato importante para a incorporação de calcário;
- rompe ou quebra as camadas compactadas que ocorrem nos solos com mecanização intensiva, a uma profundidade de 10 a 20cm, melhorando a infiltração de água.

É importante destacar que consegue-se boa penetração do arado, quando a umidade do solo é boa, a regulagem do arado é correta e não há excesso de resíduos vegetais na superfície.

b) desvantagens:

- rendimento de trabalho é muito baixo em comparação com outros implementos de preparo;
- consumo de combustível é alto;
- roda do trator passa pelo sulco recém-aberto, causando compactação (pé-de-arado);
- deslocamento da terra é lateral, podendo provocar, com o passar dos anos, acúmulo de terra nos terraços, caso não se trabalhe com alternância de sentido de tombamento das leivas;
- eficiência é prejudicada, quando a leiva é tombada morro acima;
- superfície do solo fica bastante livre de restos vegetais, o que aumenta o risco de erosão;
- geralmente, o arado não penetra bem no solo, quando há restesvas úmidas na superfície dele.

Terraceamento

O terraceamento é uma técnica auxiliar de recuperação das propriedades físicas do solo.

É uma das práticas mais eficientes para controlar a erosão nas terras cultivadas. A palavra terraço é usada, em geral, para significar camalhão ou a combinação de camalhão e canal, construído em corte da linha de maior declive do terreno (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

A declividade do terreno é um dos fatores que determina a praticabilidade do terraceamento, uma vez que a erosão aumenta com esse declive; entretanto, o custo da construção e da manutenção do terraço aumenta com o grau do declive do terreno.

Tipos de terraços

a) quanto à função, os terraços podem ser de:

- retenção;
- escoamento.

Os terraços de retenção, também chamados de absorção ou infiltração, são construídos sobre linhas marcadas em nível, portanto, sem gradiente. Os terraços com gradiente ou em desnível têm uma ou duas extremidades abertas, por onde deve escoar a água coletada.

A eleição de um tipo ou outro varia de acordo com a situação do terreno, tipo de solo, finalidade a que se destina, etc.

b) quanto à construção, podem ser:

- tipo Nichols;
- tipo Mangun.

Os terraços tipo Nichols apresentam canais de secção mais ou menos triangulares e são construídos cortando-se a terra e jogando-a sempre para baixo. Têm a vantagem de serem construídos em declives de 15 a 18%.

Os terraços tipo Mangun são construídos movimentando-se a terra de cima para baixo e de baixo para cima, ora num sentido, ora noutro, em passadas de ida e de volta, com implemento no sentido da linha demarcada com as estacas.

c) quanto à faixa de movimentação de terra, os terraços são chamados:

- de base estreita (até 3,00m de largura);

- de base média (de 3,00 a 6,00m de largura);
- de base larga (de 6,00 a 12,00m de largura).

PRÁTICAS CULTURAIS DE RECUPERAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS DEGRADADOS PELO CULTIVO

A escolha da prática a ser utilizada é uma função do tipo de solo, da cultura, do nível de exploração adotado e do agricultor entre outros fatores. É importante ter sempre em mente que não existe uma prática que por si só resolva todos os problemas, na maioria das vezes os melhores resultados são obtidos quando se combinam duas ou mais delas.

Rotação de culturas

A rotação de culturas é uma prática pela qual se alternam, em uma mesma gleba, diferentes culturas, obedecendo-se a uma seqüência racionalmente planejada (Manual..., 1985).

A escolha das culturas que deverão entrar numa rotação, segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), terá que levar em conta as condições do solo, a topografia, o clima e a procura do mercado.

Os principais objetivos dessa rotação consistem em melhorar a organização da distribuição das culturas na propriedade agrícola; economizar o trabalho; auxiliar no controle das ervas daninhas e insetos; ajudar na manutenção da matéria orgânica do solo e do nitrogênio; aumentar a produção e reduzir perdas por erosão. Assim, a rotação de culturas tem em vista a preservação da produtividade do solo e a manutenção das colheitas.

Há dois critérios razoáveis, para avaliar se a fertilidade do solo está sendo mantida: manutenção da matéria orgânica do solo e estabilização das produções. A matéria orgânica retém de duas a três vezes o seu peso em água, aumentando a infiltração, do que resulta uma denominação das perdas por erosão. Poder-se-ia fazer a estimativa de que um acréscimo de 1% no teor de matéria orgânica, de uma camada de 30cm de solo, resultaria em um aumento da capacidade de retenção de água desse solo equivalente a cerca de 7mm de chuva. Com

a rotação, cultivam-se plantas com diferentes exigências nutricionais e alternam-se aquelas cujas raízes penetram profundamente com outras de raízes superficiais. O solo, assim, é explorado mais homogênea-mente, evitando a ocorrência de deficiências críticas. Além disso, com uma planta de raízes profundas, há melhoria das condições físicas do solo e subsolo, o que facilita a circulação de água e ar pelos canalículos que se formam, quando se decompõem as raízes, propiciando assim um meio mais adequado para o crescimento do cultivo seguinte.

A variação periódica em práticas culturais e sua redução em número, a manutenção de um bom conteúdo de matéria orgânica, o melhoramento das condições de permeabilidade do solo, a manutenção de uma cobertura vegetal durante a maior proporção do tempo são fatores que se traduzem em menor erosão, quando se utiliza uma rotação adequada.

A Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) vem conduzindo vários ensaios de rotação de culturas, citados por Bertoni & Lombardi Neto (1990).

O experimento de rotação trienal milho-algodão-amendoim, após 13 anos, apresentou um aumento médio de 16% na produção de milho; de 52% na de amendoim e de 6% na de algodão, no Podzólico Vermelho-Amarelo, por efeito da rotação; no Latossolo Roxo, 36% na produção de milho e 37% na produção de amendoim, não havendo efeito positivo na cultura de algodão, segundo pode-se observar no Quadro 3.

Aducação verde via leguminosas

A adubação verde é uma prática agrícola programada, que consiste na incorporação de massa verde ou semidesidratada de plantas de cobertura, com a finalidade primordial de manter ou aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo e melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas, para favorecer o crescimento e o rendimento das culturas econômicas em sucessão (Monegat, 1991).

Constitui uma das formas mais baratas e acessíveis de incorporar ao solo a matéria orgânica, sendo notórios seus efeitos na estabilização e mesmo no aumento das produções.

QUADRO 3 – Efeito da Rotação Trienal Milho-Algodão-Amendoim, na Produção

Solo	Cultura		Produção	
			kg/ha	%
Podzólico	Milho	Contínuo	2.594	100
		Rotação	3.018	116
	Algodão	Contínuo	852	100
		Rotação	901	106
	Amendoim	Contínuo	889	100
		Rotação	1.351	152
Latossolo	Milho	Contínuo	5.523	100
		Rotação	7.535	136
	Algodão	Contínuo	1.965	100
		Rotação	1.744	89
	Amendoim	Contínuo	2.223	100
		Rotação	3.047	137

FONTE: Bertoni & Lombardi Neto (1985).

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), deve-se preferir, na adubação verde, as plantas da família das leguminosas, que, além de matéria orgânica, incorporam também nitrogênio ao solo. Tais plantas têm a propriedade de possuir bactérias fixadoras de nitrogênio do ar, vivendo em simbiose em suas raízes. Dessa forma, tiram desta energia para suas atividades e fornecem em troca o nitrogênio retirado do ar, que passa, assim, a fazer parte da constituição da planta. As leguminosas são, por isso, em geral, muito mais ricas em nitrogênio do que as demais plantas. Nas condições brasileiras, destacam-se como principais as seguintes: a mucuna, o feijão-deporco, o feijão-guandu, as crotalárias e o lablabe.

O plantio dos adubos verdes é feito, em geral, na mesma época que o das demais culturas anuais; por essa razão, o adubo verde requer um ano sem cultura econômica no terreno.

Aducação orgânica

A adubação com esterco de curral ou com composto exerce importante papel de melhoramento das condições para o desenvolvimento das culturas. Sem dúvida, dos mais destacados, é a influência da matéria orgânica na redução das perdas de solo e água por erosão (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

O esterco de curral, além de fornecer ao

solo a matéria orgânica já em estado de decomposição e elementos nutritivos, tem a vantagem de fornecer também certos compostos orgânicos que têm uma função estimulante de crescimento das plantas.

O composto é, em geral, formado por detritos orgânicos diversos, tais como, palhas, varredura de terreiros, etc., depois de misturados e curtidos.

Principais funções do húmus no solo

De acordo com o Manual... (1985), as funções do húmus no solo podem ser assim resumidas:

- exerce ação termorreguladora na camada superficial;
- favorece o aumento da atividade microbiana;
- melhora as condições de germinação das sementes, através da citada ação regulada da temperatura e da umidade;
- atua como regulador na absorção dos macronutrientes (Ca, P, N, S) pelas plantas;
- é o mais eficiente mecanismo armazenador de água, aumentando a capacidade de retenção do solo e liberando-a gradativamente, à medida que aumenta o déficit hídrico nos tecidos vegetais;
- melhora consideravelmente a estrutura do solo, pela ação contínua dos ácidos flocculantes que atuam meca-

nicamente entre as partículas do solo, "cimentando-as" e agregando-as, do que resulta:

- maior permeabilidade (infiltração e movimentação da água);
 - menor escorrimento superficial das enxurradas e menor erosão;
 - maior resistência dos agregados ao deslocamento e ao arrastamento pelos ventos fortes (erosão eólica);
 - menor densidade da camada arável, pelo maior número de poros;
- g) aumenta o poder tampão do solo, o que é um fator muito importante para as terras que vêm sendo continuamente tratadas com fertilizantes químicos.

Culturas em faixas

Este tipo de cultura é uma prática auxiliar. Consiste na disposição das culturas em faixas de largura variável, de tal forma que a cada ano se alternem plantas que oferecem pouca proteção ao solo com outras de crescimento denso. Pode-se considerá-la como uma prática complexa, pois combina o plantio em contorno, a rotação de culturas, as plantas de cobertura e terraços (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

A disposição alternada de culturas diferentes faz com que as perdas por erosão sofridas por determinada cultura sejam, em parte, controladas pela que vem logo abaixo; culturas como o feijão, mamona e mandioca perdem mais solo e água por erosão do que amendoim, algodão e arroz, e estas, por sua vez, perdem mais que soja, batatinha, milho e cana-de-açúcar.

Cordões de vegetação permanente

Esta é uma prática também auxiliar. Os cordões de vegetação permanentes são fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em contorno (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Os cordões de vegetação permanente deverão ter de 2 a 3m de largura. A vegetação a empregar na sua formação, além de apresentar, de preferência, valor econômico subsidiário para a fazenda, deverá possuir as características seguintes:

- a) crescimento rápido e cerrado;

- b) formação de uma barreira densa junto ao solo;
- c) durabilidade;
- d) caráter não-invasor para as terras de cultura adjacentes;
- e) não-fornecimento de abrigo para moléstias e pragas das culturas em que tiver que ser intercalada.

As espécies mais recomendadas são: capim-chorão, erva-cidreira e leucena.

O espaçamento entre os cordões de vegetação permanente deverá ser, aproximadamente, o mesmo dos terraços tipo de base estreita, também chamados cordões em contorno, que tenham de ser empregados nas mesmas condições.

Cobertura morta

A cobertura morta protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento da enxurrada e incorpora ao solo a matéria orgânica que aumenta a sua resistência ao processo erosivo.

A cobertura morta com palha ou resíduos vegetais contribui para a conservação da água, devendo ser preconizada nas zonas de precipitações pouco abundantes. Diminui ainda a temperatura do solo, reduzindo, assim, as perdas por evapotranspiração (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

A cobertura morta tende a melhorar a estrutura do solo na camada superficial.

A cobertura com palha ou resíduos vegetais tem influência na quantidade de microorganismos do solo e nas suas atividades, uma vez que estimula a decomposição e, em consequência, determina a rápida redução da disponibilidade de nitrogênio, especialmente nas primeiras semanas de decomposição. Para que tal prática tenha sucesso na produção, é necessário que haja adequado suprimento de nitrogênio para a atividade microbiana do solo e para o uso de planta.

As espécies de capim mais usadas para a produção de palha a ser distribuída dentro das culturas são o capim-gordura e o capim-elefante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espaço poroso, a par de sua importância na movimentação do ar e da água e

no crescimento das raízes, é bastante alterado com o preparo do solo. Diferentes tipos de implementos e condições de umidade do solo no preparo acarretam resultados diferentes; solo e clima variados, com todas as suas implicações, também proporcionam condições de porosidade diversas.

Devemos atentar realmente para os sistemas de preparo que alteram estas características físicas do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDENGI, A.F. Efeito de métodos de preparo do solo e de controle de plantas daninhas sobre propriedades físicas e químicas de um Latossolo Roxo eutrófico cultivado com milho durante dez anos. Viçosa: UFV, 1989. 68p. Tese Mestrado.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.L. *Conservação do solo*. Piracicaba: Livroceres, 1995.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.L. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1990. p.182-207: Sistemas de manejo do solo.
- MAZUCHOWSKI, J.Z.; DERPSCH, R. *Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas*. Curitiba: IAPAR/ACAREA/GTZ/EMATER-PR, 1984. 68p.
- MONEGAT, C. *Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades*. Chapecó, SC, 1991. p.241-275: Considerações sobre alguns efeitos em relação ao uso e manejo de plantas de cobertura.
- MANUAL de conservação do solo e água. 3.ed.atual. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1985. 287p.
- SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G. da; BLUMENSCHNEIN, F.N.; DALL'ACQUA, F.M. *Efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 26p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 17).
- SILVEIRA, G.M. da. *O preparo do solo: implementos corretos*. Rio de Janeiro: Globo, 1988a. p.199-207: Compactação.
- SILVEIRA, G.M. da. *O preparo do solo: implementos corretos*. Rio de Janeiro: Globo, 1988b. p.208-227: Escarificação - subsolagem.
- VAZ, C.M.P.; CRESTANA, S.; REICHARDT, K. Tomografia computadorizada na avaliação da compactação de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.153-159, maio/ago. 1992.

Controle da Erosão em Terras não Cultivadas

Luiz Henrique A. Figueiredo¹
Victor Gonçalves Bahia²

INTRODUÇÃO

O controle da erosão em áreas não cultivadas tais como: margens dos cursos d'água, estradas, carreadores e áreas urbanas constitui um grande desafio.

Neste artigo, serão enfocados aspectos relacionados à erosão em áreas urbanas.

Nos países mais industrializados, a população das cidades cresce num ritmo muito rápido, devido ao seu aumento natural e também à atração que exercem a cidade e suas indústrias sobre os habitantes das regiões rurais. Com isso, ocorre um aumento das cidades em superfície e uma diminuição das áreas destinadas à produção agrícola, devido à construção de casas, estradas, ferrovias, fábricas, aeroportos, etc... Esta concentração urbana exige fonte de ar puro e áreas de recreação, sendo necessárias áreas verdes ao redor das cidades, diminuindo mais ainda as áreas destinadas à agropecuária.

CONTROLE DA EROSIÃO EM ÁREAS URBANAS

A erosão não está restrita somente ao campo. Quando não são tomadas medidas preventivas, nas áreas urbanas, que consideram as particularidades do meio físico e as condições sociais e econômicas, ela pode atingir proporções incontroláveis.

A urbanização contribui para acelerar o processo de erosão do solo. Os Quadros 1 e 2 mostram valores que indicam a erosão do solo em função das características topográficas e do tipo de uso do local. Pode ser observado maior processo de erosão em áreas com grande declive ou quando o processo de urbanização ainda está em desenvolvimento (Mota, 1981).

O estudo dos rios da Região Metropolitana de São Paulo demonstra que o assoreamento resulta quase que somente da erosão urbana, ainda que metade da área

QUADRO 1 – Erosão do Solo em Função da Topografia

Topografia	Quantidades de Sedimentos Produzidos (t/milha quadrada por ano)
Áreas de florestas (plana)	10 a 40
Áreas de florestas (em declive)	25 a 100
Áreas urbanas (plana)	25 a 100
Áreas urbanas (em declive)	75 a 500

FONTE: U.S. Forest Service (1969), citado por Mota (1981).

NOTA: 1 milha quadrada = 2,59 quilômetros quadrados.

QUADRO 2 – Volume de Sedimentos Erodidos, por Tipo de Uso do Solo

Uso do Solo	Volume de Sedimentos Erodidos (t/milha quadrada por ano)
Áreas com vegetação	100
Áreas rurais de uso misto	300
Áreas agrícolas (fazendas)	500
Áreas em desenvolvimento leve	10.000
Áreas em desenvolvimento intenso	100.000

FONTE: Leopoldo (1963), citado por Mota (1981).

da bacia seja de uso rural. Apenas 12% da área urbana com erosão intensa responde substancialmente pelo aporte dos 3 milhões de m³ anuais de sedimentos (Araujo, 1995).

O Serviço de Conservação do Solo, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Standards..., 1975), associa um incremento na erosão do solo em área em processo de urbanização em razão de:

- um grande número do volume de escoamento superficial de água, devido à:
 - remoção da cobertura vegetal protetora;
 - exposição do subsolo de formações geológicas menos permeáveis e/ou mais sujeitas à erosão do que o solo original da superfície;
 - redução na capacidade dos solos de absorver as águas de chuva, devido à compactação causada por

equipamentos pesados;

- aumento das áreas de drenagem, causado pelas operações de nivelamentos e desvios e de construções de vias;
 - prolongada exposição de áreas alteradas e não protegidas, devido a problemas de programação e/ou dilatação das obras de construção;
 - redução do tempo de concentração do escoamento superficial, causada por alterações na declividade, na distância ou na rugosidade das superfícies;
 - aumento das superfícies impermeáveis, associado com a construção de vias, prédios, calçadas, estradas e áreas de estacionamento;
- alterações no regime de água subterrânea, afetando adversamente os sistemas de drenagem, a estabilidade de encostas e a sobrevivência de vegetação existente ou recém-plantada;
 - exposição de materiais subsuperficiais com características rochosas, ácidas ou secas ou, de algum modo, não-favoráveis ao desenvolvimento de vegetação;
 - alterações adversas dos sistemas naturais de drenagem de águas superficiais, como resultado de construções e outras obras próprias do processo de desenvolvimento.

As principais conseqüências da erosão, no meio urbano para Mota (1981), são:

- obstrução de cursos d'água, aumentando as possibilidades da ocorrência de inundações e causando prejuízos à navegação;
- redução da capacidade de armazenamento de água em reservatórios, prejudicando o abastecimento público e industrial, a prática de recreação ou de outro uso;
- alterações na qualidade da água, in-

¹Eng^o Agr^o - Mestrando/Solos e Nutrição de Plantas/Dep^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

²Eng^o Agr^o, D.Sc. - Prof.Tit./Dep^o Ciência do Solo/UFLA - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

- fluindo na elevação do custo do tratamento, quando ela é utilizada para abastecimento público ou industrial;
- d) alterações ecológicas no ambiente aquático. A mudança na cor da água ou a deposição de materiais no fundo de reservatórios ou cursos d'água pode causar reduções nos tipos e quantidades de organismos aquáticos;
- e) modificações na estrutura natural do solo, provocando deslizamentos, rachaduras, fendas e outros efeitos que exigem obras de engenharia, às vezes onerosas, para reparos.

As medidas de controle de erosão em um meio urbano devem ser de caráter preventivo (Mota, 1981), podendo ocorrer sob duas formas:

- a) pela própria orientação na definição do uso e ocupação do solo de determinada área sob planejamento;
- b) através de técnicas específicas de controle da erosão, a serem adotadas, de modo temporário ou permanente, quando do desenvolvimento de determinada área.

Um plano de controle de erosão deve iniciar-se com um completo levantamento das características relacionadas ao processo (Ramos, 1995), devendo incluir:

- a) levantamento planialtimétrico, com curvas de nível de metro em metro, perfil longitudinal e algumas seções transversais, incluindo também um levantamento da bacia hidrográfica para se obter a área de drenagem contribuinte;
- b) sondagem, para se obter a resistência do solo, nível do lençol freático e obtenção de amostras para análise em laboratório com o intuito de se obterem informações sobre granulometria, plasticidade, índices de compactidade, etc;
- c) área de drenagem, declives, forma da bacia hidrográfica contribuinte, tempo de concentração;
- d) equação de chuvas intensas para o município, para se obter a intensidade de chuva;
- e) obtenção do coeficiente de escoamento superficial (runoff), com base em vistorias na área contribuinte e com utilização de tabelas de uso do solo e

grau de urbanização;

- f) utilização do método racional para áreas de drenagem inferiores a 2km², para o cálculo da vazão de projeto a ser adotada. Este método tem sido empregado, devido à quase totalidade das áreas urbanas de drenagem contribuintes das erosões urbanas serem inferiores a 2km². No caso de áreas de drenagem superiores a 2km², tem-se utilizado o método de "I-PAI-WU", que tem proporcionado resultados satisfatórios para sua faixa de aplicação;
- g) período de retorno (TR) adotado para microdrenagem tem sido de dez anos nas áreas críticas;
- h) correta coleta e afastamento das águas pluviais. Para tanto, retirar as águas de escoamento superficial da área urbana e depositar no fundo do vale, sem provocar erosão, requer estruturas de condução e dissipação de energia das águas que executem essas funções com segurança e que tenham vida útil compatível com o esperado para a obra. Para facilitar a manutenção, recomenda-se, quando possível, manter as estruturas a céu aberto;
- i) identificação da vegetação natural do lugar.

Partindo do conhecimento de todos os aspectos que podem influir no processo erosão, fica mais fácil seu controle.

O princípio básico no controle da erosão é o seguinte: planejar o uso e a ocupação do solo em comum acordo com a preservação das características topográficas, de solo, de drenagem da água e da vegetação natural do local.

Com base neste princípio, serão enumeradas, a seguir, algumas medidas propostas por Mota (1981), que visam o controle da erosão.

Ocupação do solo em função da declividade do terreno

Áreas em declividade acentuada são mais sujeitas à erosão e seus efeitos, devido à ocorrência de maior escoamento superficial da água.

Assim, uma ocupação ordenada das encostas, reduzindo-se sua intensidade e, portanto, a densidade de construção, em função do maior declive, é uma medida de

grande importância no controle preventivo da erosão.

Alguns Estados e Condados dos Estados Unidos (EUA) têm definido dimensões de lotes e porcentagens de áreas do solo a permanecerem em seu estado natural, em função da declividade do terreno.

No Quadro 3, serão transcritos valores para as dimensões dos lotes determinados pela Comissão de Planejamento e Desenvolvimento da Região de Montanhas do Estado da Geórgia, EUA. Estes valores são elevados comparados com os padrões brasileiros e servem apenas como exemplo de um modelo de ocupação, considerando a declividade do terreno.

No entanto, pode-se aproveitar a idéia, adaptando, às condições específicas de cada caso em estudo, as porcentagens de áreas recomendadas para permanecerem no estado natural. Aliás, sugerimos que o controle seja feito, definindo-se taxas de ocupação do solo em função da declividade.

Para se adaptar às taxas de ocupação, as dimensões dos lotes variarão, sendo maiores onde for maior a área a permanecer em estado natural.

Como sugestão, para adaptações em função das características próprias do local, é apresentada, no Quadro 4, mostra das porcentagens de solo exigidas a permanecer em estado natural, em três Condados dos EUA, em função da declividade do terreno.

Já o Condado de Davidson, Tennessee, sugere intervalos de declividades indicadas para cada uso do solo, conforme é mostrado na Figura 1. É enfatizado, no entanto, que os intervalos recomendados servem apenas como um guia geral, já que outros fatores podem contribuir para aumentar ou diminuir estes limites.

Os exemplos indicados até agora, embora apresentando valores diferentes, têm um só objetivo: uma taxa de ocupação do solo cada vez menor, à medida que aumenta a declividade do terreno. Além do controle de erosão, este disciplinamento tem outros objetivos, tais como: preservação da paisagem (controle da poluição visual); drenagem adequada das águas; preservação da vegetação para outros fins; aspectos relacionados com a estabilidade das concentrações.

As taxas de ocupação em função da

QUADRO 3 – Lotes em Função da Declividade do Terreno – Região Montanhosa do Estado da Geórgia, EUA

Declividade Média	Área Mínima (m ²)	Largura Média Mínima (m)	Profundidade Média Mínima (m)	Superfície do Solo a Permanecer no seu Estado Natural
1-10%	10.393	18	27	50%
10-15%	1.672	24	30	60%
15-20%	2.044	24	33	65%
20-25%	2.600	30	36	70%
25-30%	3.250	30	46	75%
30-35%	4.085	36	53	80%
35-40%	5.016	46	60	85%
40-50%	6.038	53	76	90%
50-70%	7.896	60	91	95%
70-100%	(1)	(1)	(1)	95%
> 100	(2)	(2)	(2)	100%

FONTE: Geórgia Mountains Planning and Development Commission, citado por Mota (1981).

(1) Lotes não inferiores a 20.235m². (2) Nenhum desenvolvimento é permitido.

QUADRO 4 – Ocupação em Função da Declividade do Terreno em Três Condados dos EUA

Inclinação Média (%)	Porcentagem da Área a Permanecer em Estado Natural		
	Chula, Califórnia	Vista Pacífica, Califórnia	Thousand Oaks, Califórnia
10	13.75	32	32.5
15	31.25	36	40.0
20	43.75	45	55.0
25	62.5	57	70.0
30	90.00	72	85.0
35	90.00	90	100.0
45	90.00	100	100.0

FONTE: Thurow et al., citados por Mota (1981).

declividade variam em função de vários fatores: vegetação; escoamento natural das águas; extensão do declive, tipo de ocupação desejada. Assim sendo, preferiu-se indicar intervalos de densidades de ocupação em função da declividade, conforme mostrado na Figura 2. A escolha dos valores exatos para as diversas taxas de ocupação fica a critério dos planejadores, dependendo das características especificadas de cada local.

Neste caso, devem ser entendidas como "áreas ocupadas", todo terreno impermeabilizado por construções ou pavimentações de vias públicas. Isto significa que as áreas restantes devem permanecer em seu estado natural.

Áreas adjacentes aos cursos d'água e reservatórios

Os terrenos situados às margens de coleções superficiais de água têm grande importância no controle da quantidade deste líquido que alcança os mananciais.

Dependendo das condições existentes, maior ou menor quantidade de água é retida nas margens. Para isso, a vegetação e as condições de permeabilidade do terreno existentes muito contribuem.

Quando há uma ocupação intensa, por construções, vias públicas ou obras que resultam na impermeabilização do solo, há um aumento no líquido escoado e, conseqüentemente, maior potencial de erosão.

Por isso, é recomendável a adoção de

faixas de terra praticamente em condições naturais, às margens de coleções superficiais, para diminuir o escoamento superficial, reduzir a erosão e, conseqüentemente, a ocorrência de enchentes.

A largura desta faixa é mais função das condições da drenagem do local e pode ser associada a uma faixa de proteção sanitária.

Áreas de solos mais sujeitos à erosão

Determinados tipos de solos estão mais sujeitos à erosão, devido as suas próprias características de desagregação.

Áreas com solos deste tipo devem ser identificadas e protegidas através de preservação total ou fixação de pequena densidade de ocupação para elas.

Estes locais podem ser destinados para áreas de lazer, mantendo-se uma vegetação protetora sobre eles.

Escoamento natural das águas

Toda bacia hidrográfica tem um escoamento natural das águas, seja em vales úmidos - rios, riachos - ou em vales secos, por onde a água escoar após precipitação pluviométrica.

Alterações no sistema natural de drenagem, através de obras de construções ou aterramentos, normalmente provocam um incremento no processo de erosão, além de outras conseqüências indesejáveis.

Este aspecto deve ser considerado, procurando-se, ao máximo, respeitar o escoamento natural. No caso de haver necessidade de mudanças nos cursos normais de águas, estas devem ser executadas após cuidadosa análise dos efeitos que podem resultar destas alterações.

Na Figura 3 são mostrados dois esquemas indicando a maneira certa e a errada de ocupação do solo, em função da drenagem natural da água.

Cobertura vegetal

A vegetação constitui fator mais importante no controle da erosão, principalmente porque:

- constitui barreira física ao transporte do material;
- proporciona uma estrutura mais sólida ao solo, devido ao sistema radicular;
- amortece o impacto das águas de chuva sobre o solo;
- eleva a porosidade do solo e, portanto, sua capacidade de absorção da água.

O transporte de solo é muito reduzido nas regiões onde o solo é coberto de árvores ou de capim. De um modo geral, as gramíneas, possuidoras de denso sistema radicular superficial em forma de cabeleira, são particularmente vantajosas para a fixação da terra.

Em geral, podem ser seguidos os seguintes princípios de controle de erosão, relacionados com a vegetação:

- onde o uso do solo não requer a remoção de árvores ou de outra vegetação natural, elas devem ser mantidas e preservadas;
- onde existe uma vegetação inadequada, deve-se substituí-la por outra mais conveniente;
- áreas críticas com respeito à erosão devem ser protegidas por vegetação adequada. Por exemplo: encostas, margens de cursos d'água e áreas de solos facilmente desagregáveis.

Outras medidas de controle

Além das medidas já citadas, outras podem ser adotadas, em caráter permanente ou temporário, principalmente em áreas sujeitas a intenso processo de desenvolvimento. Entre elas podem-se citar:

- proteção das áreas expostas à erosão por vegetação temporária ou outro material que contribua para a conservação da umidade, agregação do solo e fixação da cobertura vegetal;
- exposição dos solos de áreas em desenvolvimento o mínimo período de tempo possível;
- exposição da menor área de terra possível;
- execução de obras para dirigir os fluxos de água no terreno ou retê-los, tais como: valas de escoamento (canais), pequenos diques interceptores; barragens de acumulação; drenos, etc;
- construção de vias, acompanhando o contorno natural do terreno.

DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO URBANO

As soluções para correção e prevenção dos problemas erosivos em áreas urbanas passam pela necessidade de desenvolvimento de soluções normativas e de projetos de obras adequados para cada situação do meio físico encontrado. Uma diretriz municipal de controle da erosão, além dos aspectos dos condicionantes téc-

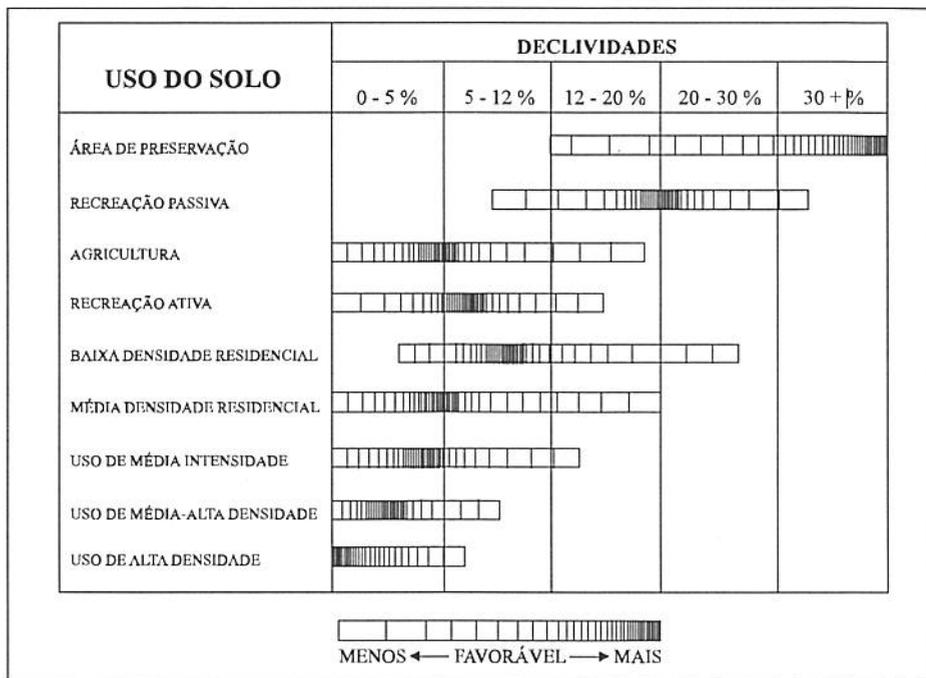


Figura 1 – Uso do solo em função da declividade do terreno

NOTA: Área de preservação – área do terreno a ser ocupada por construção: 1%; Área de recreação passiva – área a ser ocupada: 1 a 3%; Agricultura – área a ser ocupada: 1 a 5%; Recreação ativa – área a ser ocupada: 3 a 10%; Baixa densidade residencial – área a ser ocupada: 10 a 25%; Média densidade residencial – área a ser ocupada: 25 a 45%; Uso de média intensidade: apartamento, pequeno comércio e indústrias – área a ser ocupada: 25 a 35%; Uso de média-alta intensidade: comércio e médias indústrias – área a ser ocupada: 55 a 75%; Uso de alta intensidade: comércio intenso, grandes indústrias, grandes complexos de apartamentos – área a ser ocupada: 75 a 100%.

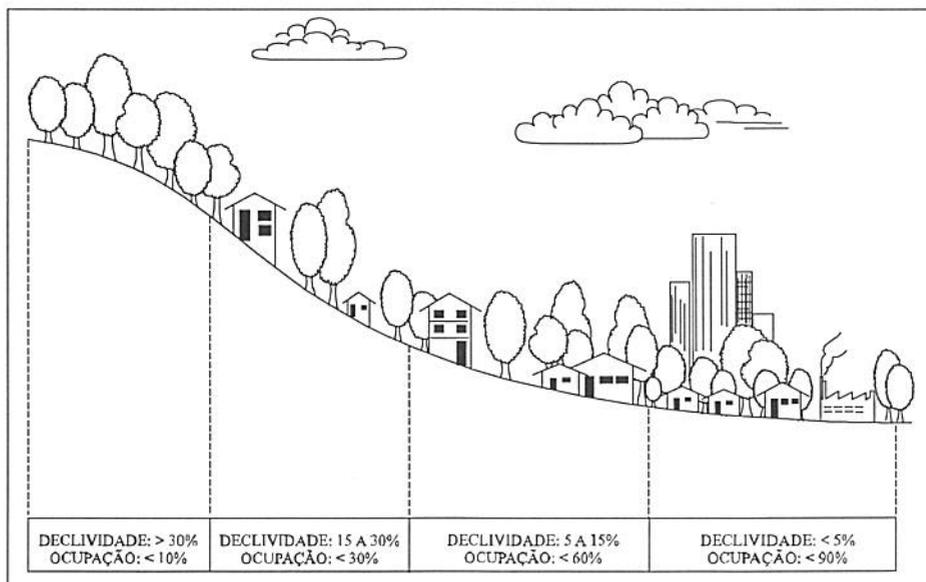


Figura 2 – Proposta para a ocupação do solo em função da declividade

nicos envolvidos, terá que se embasar em dispositivos legais específicos e de mecanismos administrativos que garantam a sua observância.

Na legislação federal vigente, entretanto, não há norma ou lei específica destinada ao controle eficiente da erosão urbana.

A Lei nº 6766, de 19/12/1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, contempla indiretamente tópicos relacionados à prevenção da erosão nas áreas urbanas, nos seguintes artigos:

Art. 3.º: “Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em

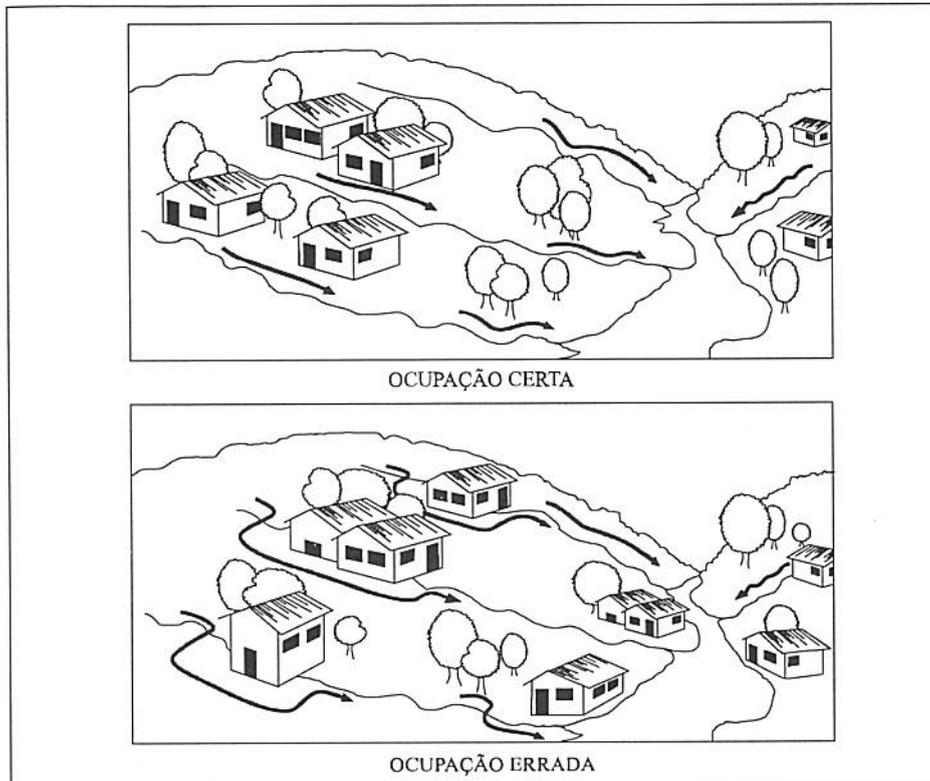


Figura 3 – Ocupação do solo e escoamento natural das águas

zonas urbanas ou de expansão urbana, assim definida por lei municipal.

Parágrafo Único: Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços e sujeito a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com materiais nocivos à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento) salvo atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a população impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.”

Art.6.º: “Antes da elaboração do projeto de loteamento, o interessado deverá solicitar à Prefeitura Municipal que defina as diretrizes para o uso do solo, traçado dos lotes, do sistema viário, dos espaços livres e das áreas reservadas para equipamento urbano e comunitário, para este fim, requerimento e planta do imóvel conten-

do, pelo menos:

I - as divisas das glebas a serem loteadas;

II - as curvas de nível à distância adequada, quando exigidas por lei estadual ou municipal;

III - a localização dos cursos d’água, bosques e construções existentes;

IV - a indicação dos arruamentos contíguos a todo o perímetro, a localização das vias de comunicações, das áreas livres, dos equipamentos urbanos e comunitários existentes no local ou em suas adjacências, com as respectivas distâncias da área a ser loteada;

V - o tipo de uso predominante a que o loteamento se destina;

VI - as características, dimensões e localização das zonas de uso contíguas.”

Art.7.º: A Prefeitura Municipal, ou o Distrito Federal quando for o caso, indicará, nas plantas apresentadas junto com o requerimento, de acordo com as diretrizes de planejamento estadual ou municipal:

I - as ruas ou estradas existentes ou projetadas;

II - o traçado básico do sistema viário principal;

III - a localização aproximada dos terrenos destinados a equipamento urbano

e comunitário e das áreas livres de uso público;

IV - as faixas sanitárias do terreno necessárias ao escoamento das águas pluviais e as faixas não-edificáveis;

V - a zona ou zonas de uso predominante da área, com indicação dos usos compatíveis.”

Art.8.º: “O município de menos de 50.000 (cinquenta mil) habitantes poderá dispensar, por lei, a fase de fixação das diretrizes previstas nos artigos 6.º e 7.º desta Lei, para a aprovação do loteamento.”

Na legislação paulista de alcance regional, destaca-se o Decreto nº 13.069, de 29/12/1978, que aprova Normas Técnicas Especiais (NTE) relativas ao Saneamento Ambiental nos loteamentos urbanos ou para fins urbanos (Controle..., 1989).

As NTE estabelecem critérios para o parcelamento do solo e para os planos de loteamento. Alguns dispositivos (Controle..., 1989) podem ser considerados úteis no que se refere ao controle de erosão. São eles:

Art.11.º: “Os planos de loteamentos deverão ser apresentados em 4 vias, contendo os seguintes elementos:

I - planta geral, escala de 1:1.000 ou 1:2.000 com curvas de nível de metro em metro, com indicação de todos os logradouros públicos e da divisão das áreas em lotes;

II - perfis longitudinais e transversais de todas as vias e logradouros em escalas horizontais de 1:1.000 ou 1:2.000 e verticais de 1:100 e 1:200;

III - indicação do sistema de escoamento das águas pluviais e das águas servidas com projetos das respectivas redes, quando for o caso;

IV - memorial descritivo e justificado do plano de loteamento e dos projetos de seus equipamentos.”

Art.23.º: “Não poderão ser loteados os terrenos baixos, alagadiços e sujeitos à inundação, antes de realizadas obras de drenagem e escoamento das águas.”

Cabe lembrar também a Lei Estadual nº 997, de 31/05/1976, que dispõe sobre o controle de poluição do meio ambiente e de seu Regulamento contido no Decreto Estadual nº 8.468, de 08/09/1976. Nele, todo e qualquer loteamento de imóveis é considerado fonte de poluição e sua instalação dependerá de licença prévia da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

(CETESB). Os órgãos da Administração Centralizada ou Descentralizada do Estado e Municípios deverão exigir a apresentação da licença de instalação antes de aprovarem projetos ou fornecerem licenças ou alvarás para a atividade (Controle..., 1989).

A análise do quadro legal existente, das questões relativas ao parcelamento do solo urbano, mostra que uma política de prevenção e controle da erosão urbana deve abranger medidas e ações de planejamento urbano, de disciplinamento legal do uso e ocupação do solo e do desenvolvimento de um código de obras específico para áreas susceptíveis à erosão e recuperação das áreas degradadas.

Destacam-se, a seguir, com base nos estudos realizados na Bacia de Peixe-Parapanema, os seguintes aspectos que podem contribuir para o planejamento urbano e para o aperfeiçoamento da legislação vigente (Controle..., 1989):

- a) o mapa de áreas de risco com a localização delas e suas características constituem o primeiro passo para o enfrentamento do problema em cada cidade atingida, incluindo medidas preventivas e corretivas. Torna-se necessário rever ou implantar o planejamento urbano. Com os dados demográficos e sócio-econômicos, é possível elaborar o plano diretor da cidade e buscar as medidas estruturais mais adequadas para o controle de erosão;
- b) com relação à legislação federal mais diretamente relacionada ao controle de erosão urbana anteriormente citada (Lei nº 6.766/1979), são apresentadas as seguintes observações:
 - os terrenos com declividade superior a 30% em formações geológicas com recobrimento de solos de textura média e arenosa são caracterizados como áreas de maior risco à ocorrência de ravinas e voçorocas que correspondem a terrenos com limitações e restrições do parcelamento do solo, conforme prescrição dos Parágrafos III e IV do Art. 3.º;
 - os Arts. 6.º e 7.º garantem à prefeitura o estabelecimento das diretrizes do uso do solo e os locais de instalação dos equipamentos públicos e comunitários para a gleba a ser parcelada. Para os terrenos susceptí-

veis à erosão, a aprovação do loteamento deve ser condicionada a uma série de medidas preventivas a serem implantadas pelo loteador, principalmente no tocante a obras de drenagem e proteção superficial dos terrenos;

- o Art. 8.º praticamente dispensa os requisitos contidos nos artigos 6.º e 7.º, para os municípios com menos de 50.000 habitantes. Entretanto, os problemas de erosão atingem indistintamente todos os municípios, independentes do porte, devendo esses artigos, portanto, ser entendidos para todos os municípios.

De qualquer forma, o problema da erosão urbana está ainda a merecer legislação específica de prevenção e controle adequados às características e ao porte das cidades afetadas.

A conservação do solo em todas as atividades que o utilizam, deverá ser prevista, em uma abordagem integrada e multidisciplinar, desde a elaboração dos planos diretores municipais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, D.E. Considerações sobre as obras de controle de erosão do solo urbano no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. *Anais...* Bauru: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1995. p.63-69.
- BRASIL. Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo e dá outras providências. **LEX**: coletânea de legislação e jurisprudência – legislação federal e marginalia. São Paulo, v.43, p.1008-1016, out./dez. 1979.
- CONTROLE de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de voçorocas urbanas. São Paulo: DAE/IPT, 1989. 92p.
- MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: UFC, 1981. 242p.
- RAMOS, C.L. A erosão urbana no contexto de drenagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. *Anais...* Bauru: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1995. p.101-103.
- STANDARDS and specifications for soil erosion and sediment control in developing areas. College Park, Maryland: USDA – Soil Conservation Service, 1975.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Governador: Eduardo Azeredo

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Secretário: Alysso Paulinelli



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG

Presidência

Guy Tôrres

Diretoria de Operações Técnicas

Reginaldo Amaral

Diretoria de Administração e Finanças

Marcelo Franco

Gabinete da Presidência

Cláudio Amílcar Soares Chaves

Assessoria de Marketing

Luthero Rios Alvarenga

Assessoria de Planejamento e Coordenação

Sebastião Gonçalves de Oliveira

Assessoria Jurídica

Maria Auxiliadora Duque Portugal

Assessoria de Informática

Mauro Lima Bairo

Auditoria Interna

Ronald Botelho de Oliveira

Departamento de Pesquisa

Alberto Marcatti

Departamento de Produção

José Braz Façanha

Departamento de Recursos Humanos

Dalci de Castro

Departamento de Patrimônio e

Administração Geral

Argemiro Pantuso

Departamento de Contabilidade e Finanças

Geraldo Dirceu de Resende

Centro de Pesquisa e Ensino/Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Fernando Antônio Resplande Magalhães

Centro de Pesquisa e Ensino/Instituto Técnico de Agropecuária e

Cooperativismo

Marcello Garcia Campos

Centro Regional de Pesquisa do Sul de Minas

Adelson Francisco de Oliveira

Centro Regional de Pesquisa do Norte de Minas

Rogério Antônio da Silva

Centro Regional de Pesquisa da Zona da Mata

José Luis dos Santos Rufino

Centro Regional de Pesquisa do Centro-oeste

Geraldo Antônio Resende Macêdo

Centro Regional de Pesquisa do Triângulo e Alto Paranaíba

Reginério Soares de Faria

A EPAMIG integra o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, coordenado pela EMBRAPA

A EPAMIG PESQUISA. VOCÊ COLHE O RESULTADO.

A pesquisa agropecuária desenvolve a tecnologia para produzir melhor e colher mais. A tecnologia que aumenta a produtividade do rebanho e permite ao homem conservar e usar melhor os recursos naturais. Hoje, e cada vez mais todos estão colhendo os frutos da pesquisa agropecuária.

EPAMIG: tecnologia agropecuária e bons resultados para o campo e a cidade.





COM ELES, O SOLO RESPIRA ALIVIADO.

NOVOS MODELOS CHALLENGER. MAIOR DESEMPENHO, MENOR COMPACTAÇÃO.

A Caterpillar apresenta os novos modelos que estão revolucionando o conceito de tratores de esteiras: Challenger 35, 45 e 55. Indicados tanto para a preparação do solo quanto para o cultivo, possuem esteiras de borracha, bitola variável e maior vão livre. Como os

demais tratores da linha Challenger, eles também proporcionam maior potência na barra de tração, conforto do operador e menor compactação do solo. Passe num revendedor Caterpillar e conheça de perto o Challenger. O solo, aliviado, agradece.

Modelos	35	45	55	65D	75D	85D
Potência Bruta (hp)	221	243	285	300	330	330/370
Potência na Barra de Tração (hp)	150	170	191	219	240	265

- Direção Diferencial: servodireção totalmente hidráulica • Sistema de Monitoração Eletrônica • Servotransmissão com Modulação Eletrônica de Embreagem
- Bitola de 1,5 a 3,0 m • Vão livre do Solo = 48 cm • Engate de 3 Pontos = categorias II, III N e III SAE - ASAE • Tomada de Força = 1.000 rpm à rotação de 1.900 rpm do motor

BAHEMA - Tel.: (071) 255-7589 - Fax: (071) 255-7575. **LION** - Tel.: (011) 278-0211 - Fax: (011) 278-6177. **MARCOSA** - Tel.: (085) 247-3300
 Fax: (085) 227-0225. **PARANÁ EQUIPAMENTOS** - Tel.: (041) 270-2211 - Fax: (041) 270 2200. **SOTREQ** - Tel.: (062) 204-2000 - Fax: (062) 204-1776
<http://www.cat.com/brasil>

CATERPILLAR®