

Lição 19

DEGRADAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS



O uso do solo (cidade de Piracicaba, SP e arredores)
Aquarela de Klaus (Nikolaus)
Reichardt (50x70 cm, 2008)

*No final, conservaremos apenas o que amamos,
amaremos somente o que compreendemos e
compreenderemos apenas o que nos ensinam.*
(Baba Dioum, ambientalista, em discurso de 1968
em Nova Délhi, Índia)

A humanidade depende de ar, água e solos de boa qualidade para que possa continuar a viver. Contudo, nem sempre o homem tem utilizado esses bens com o cuidado necessário para preservá-los. Em razão da preocupação com o depauperamento dos recursos naturais, vários encontros vêm sendo promovidos por ambientalistas e representantes de diversos governos, com o intuito de discutir esse problema e chegar a algumas decisões. Foi o que aconteceu, por exemplo, durante a "Eco 92" (ou "Rio 92"), a Segunda Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Nesse evento, chegou-se ao consenso de que a humanidade é a maior responsável pelo comprometimento da qualidade ambiental e que há uma escassez significativa de novas terras para as atividades agrícolas. Além disso, ficou evidente que essas questões ambientais ultrapassam os meios científicos, isto é, elas devem ser levadas em consideração não só nos programas governamentais, como também na atitude de cada cidadão, responsável pela proteção ao meio ambiente.

Entre as várias recomendações da Rio-92, e de reuniões internacionais posteriores, destaca-se um item da chamada "Agenda 21", a qual teve como foco o incentivo à cooperação de todas as nações para lidar com os problemas ambientais, como mudança climática, poluição, uso e gestão da água, desmatamento, perda da diversidade biológica e degradação do solo. As recomendações incluíram novas formas

de educação da população, preservação dos recursos naturais e planejamento de uma economia com base no desenvolvimento agrícola sustentável que, segundo a “Agenda 21”, foi definido como:

“O manejo e a conservação dos recursos naturais e a orientação da mudança tecnológica e institucional devem ser feitos de maneira a assegurar a obtenção e a satisfação contínua das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras”.

Passadas mais de duas décadas desse evento, não estamos vendo mudanças significativas; ao contrário, vários problemas globais – como o alto crescimento demográfico, a pobreza, a degradação dos solos e a poluição – estão aumentando diante da nova ordem econômica iniciada em meados do século passado.

O desenvolvimento da agricultura, apesar de alterar bastante os ecossistemas, pode e deve ser efetuado de forma sustentável, produzindo alimentos, fibras e combustíveis que atendam às crescentes necessidades da população mundial, mas com um mínimo de prejuízos ambientais. A população mundial está perto de atingir a casa dos sete bilhões, e continua crescendo (Fig. 19.1). A cada ano, vários milhões de novas bocas para serem nutridas são adicionadas a esse contingente e, para atender a essa demanda, são necessárias sérias medidas de preservação ambiental, a fim de que, desse modo, todos sempre tenham solo, ar, água e alimentos de boa qualidade.

19.1 A conservação dos solos

Já vimos que solo e vegetação são corpos interdependentes. Os vegetais que vivem no solo conseguem, com a energia da luz solar, o ar e a água, realizar a fotossíntese, na qual consomem gás carbônico e liberam oxigênio. Por meio das raízes, na solução aquosa por entre as partículas do solo, absorvem água e outros nutrientes liberados dos pontos de troca dos colóides. Conforme explicamos nas lições anteriores, ambos os fenômenos são tidos como os mais importantes para a manutenção da vida: é por intermédio da fotossíntese que os vegetais utilizam os gases da atmosfera e é pela troca de íons adsorvidos nos colóides do solo que os nutrientes são absorvidos junto com a água.

Questão 1

Por que os problemas ambientais relacionados ao solo estão cada vez mais evidentes nas últimas décadas?

Esses problemas vêm se agravando em razão do aumento considerável da população mundial nas últimas décadas, o que acarreta maior demanda de alimentos e maior pressão para a ocupação e o uso agrícola inadequados de áreas naturais, gerando graves problemas físicos e químicos nos solos, muitos dos quais não são aptos para a agricultura. Dessa maneira, as perdas elevadas de solo nas regiões mais úmidas têm se agravado nas últimas décadas. Além disso, após a revolução verde iniciada na década de 1960, agravaram-se os problemas de poluição do solo pelo uso irracional e indiscriminado de fertilizantes, pesticidas e herbicidas. Em períodos anteriores, em que a população mundial sequer havia chegado a um bilhão de habitantes, esses problemas já ocorriam, mas em pequena escala, devido às menores pressões sobre as áreas com vegetação natural. Por tudo isso, esses problemas chamam a atenção de conservacionistas da atualidade e entram na pauta de discussões das grandes reuniões internacionais sobre o tema.

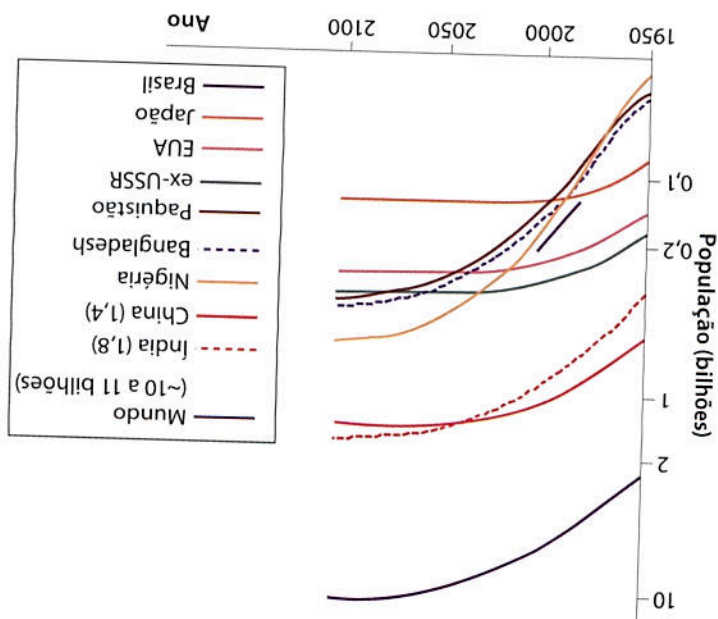


Fig. 19.1 Curvas de crescimento populacional a partir de meados do século XX e estimativas de crescimento populacional para o século XXI. Note que, entre os anos de 1950 e 2000, a população cresceu 300% (de 2 para 6 bilhões de habitantes)

Por sua vez, a superfície da Terra não é estática, pois vem sendo objeto de contínuas modificações desde a aurora dos tempos: os rios, os ventos, as geleiras e as enxurradas deslocam, transportam e depositam continuamente as partículas do solo e os nutrientes nelas adsorvidos. Esse dinamismo é denominado erosão geológica (ou erosão natural). Foi por intermédio de vagarosos processos naturais que foram esculpidos os vales e depositados os sedimentos das planícies dos rios. Em seu estado natural, a vegetação cobre o solo como um manto protetor, o que faz sua remoção, na maior parte da superfície da Terra, ser muito lenta e, portanto, compensada pelos processos de formação do solo. Dessa forma, esse desgaste erosivo é equilibrado por contínuas renovações e, assim, a vida na Terra vem sendo mantida por muitos milhões de anos (Fig. 19.2).

Quando, há dez milênios ou mais, os primeiros indígenas penetraram no Brasil, seus solos, florestas e cerrados encontravam-se em pleno climax, em termos de produtividade e exuberância. Era com essa natureza que eles viviam em grande intimidade, e era o solo um dos elementos por eles reverenciados, pois era visto não apenas como o berço que gerava e fazia crescer as árvores que lhes davam frutos e os plantios de seus roçados, ou como a fonte de matéria-prima para a confecção de seus utensílios domésticos, pinturas etc.; o solo também era visto como um ser vivente. Contudo, um dia, os primeiros europeus chegaram a nossas terras e, com eles, o desequilíbrio ambiental que, aos poucos, foi se expandindo e gerando consequências tão desastrosas que, hoje, se transformaram em um dos temas que mais preocupam a comunidade mundial. Com a retirada da maior parte da cobertura vegetal original para atender às demandas de urbanização, agricultura, pastoreio, o solo foi sendo gradualmente



Fig. 19.2 A erosão geológica lentamente remove o regolito de montanhas, esculpindo vales e depositando sedimentos em planícies (em primeiro plano: vista panorâmica das montanhas da Serra dos Órgãos, em Teresópolis, RJ; em segundo plano a planície da Baixada Fluminense por entre morros e morretes (Foto: Mendel Rabinovitch))

revolvido com o arado, adubado e, por vezes, irrigado. Essas operações, porém, muitas vezes são efetuadas sem o devido cuidado, promovendo a erosão acelerada e outras formas de degradação do solo. Infelizmente, a nossa história aponta que a agricultura e a pecuária nem sempre deram lugar a um novo sistema ecológico relativamente sustentável. Existem inúmeros exemplos de regiões outrora ricas e produtivas onde a intensificação da agricultura, provocada pelo aumento descontrolado da população, ocasionou (pelo descuido com o solo) a erosão acelerada, reduzindo a capacidade de produção agrícola a níveis ínfimos, além de provocar muitos problemas ambientais.

Nos últimos 50 anos, o uso indevido do solo vem causando sérios problemas de erosão e poluição. O uso intensivo de pesticidas e fertilizantes pode também causar problemas ambientais. Produtos descartados pelos centros urbanos e industriais, se colocados no solo incorretamente, podem representar um grande perigo à qualidade de nosso ambiente. Quantidades enormes de lixo doméstico e industrial estão sendo geradas cada vez mais, ano após ano, e representam um problema no que diz respeito à forma mais segura de descartá-las no solo. Para entendermos como esses problemas podem ser minorados, é bom conhecermos as causas do depauperamento do solo e as medidas adequadas que devem ser tomadas para evitar isso.

19.2 Causas do depauperamento dos solos

Um solo em harmonia com o seu ambiente é considerado sadio, ao passo que um solo em desarmonia está em degradação, e quanto maior e mais rápida for essa degradação, mais negativamente influenciará todo o ambiente em que se situa. Sempre que um solo estiver desprovido de sua vegetação natural, ele estará exposto a uma série de fatores que tendem a depauperá-lo. A intensidade e a velocidade com que esse trágico processo se processa variam com os atributos internos do solo, o clima, o relevo e as formas das ações humanas nele praticadas. A degradação intensa e acelerada sempre

Questão 2

Você já deve ter ouvido falar sobre o sistema de agricultura itinerante praticado pelos indígenas brasileiros durante séculos, em que se usava o fogo como forma de manejo. Por que tal sistema não pode ser considerado agressivo ao solo, como os sistemas que atualmente usam o fogo em cana-de-açúcar ou em pastagens?

O uso do fogo sobre os resíduos vegetais nas áreas agrícolas (que promove a rápida liberação de grande quantidade de nutrientes presentes nos tecidos de vegetais e animais) também reduz os danos provocados por pragas e doenças e controla ervas invasoras. Entretanto, o fogo oxida a matéria orgânica da parte mais superficial do solo (horizontes O e topo do horizonte A) e desprotege a superfície do solo contra o efeito da erosão hídrica. Os indígenas usavam esse sistema em pequenas áreas esparsas e durante poucos anos, até que os nutrientes liberados pelo fogo se esgotassem e as produtividades diminuíssem. Depois, mudavam-se para áreas adjacentes, daí a sua classificação como itinerantes. O desmatamento e o fogo não causavam danos ambientais porque as pequenas áreas abandonadas se recuperavam, em função da ocupação por espécies vegetais nativas que, aos poucos, promoviam a recuperação da matéria orgânica e da fertilidade superficial dos solos. Os sistemas agrícolas intensivos que predominam na agricultura moderna, muitas vezes praticam a queimada em larga escala e por dezenas de anos consecutivos, impedindo a recuperação do solo pela ocupação por vegetação natural, já retirada das áreas adjacentes. Isso provoca o esgotamento gradual dos recursos relacionados ao solo (nutrientes e atributos físicos) e da biodiversidade, causando o depauperamento dos solos e possibilitando o aparecimento de pragas e doenças em grande escala.

acontecerá se não houver um intenso combate às suas causas, as quais se relacionam aos seguintes fatores: (a) lixiviação e acidificação; (b) excesso de sais ou salinização; (c) desertificação; (d) poluição; (e) degradação física e (f) erosão (hídrica e eólica). A forma de degradação pela erosão é considerada como das mais malignas, razão pela qual merecerá atenção maior no final desta lição.

19.2.1 Lixiviação e acidificação

Os vegetais retiram do solo água e elementos nutritivos que são incorporados nos seus tecidos, principalmente nas sementes e nos frutos. Em condições normais, sem influência do homem, os restos vegetais retornam ao solo, onde passam por alguns processos de decomposição. Esses processos culminam com a mineralização, em que os elementos nutritivos voltam a um estado tal que podem ser novamente adsorvidos pelos colóides do solo (argilas e o húmus) e daí absorvidos pelas raízes. Se esses nutrientes deixam de ser continuamente reciclados, seus teores no solo diminuem e, em consequência, a acidez aumenta. Alguns tipos de solo têm grandes reservas minerais, podendo sustentar, durante vários anos, uma determinada agricultura, sem haver reposição dos nutrientes. Outros, ao contrário, dispõem de uma reserva pequena, podendo sustentar a agricultura por um período de apenas dois a três anos; e outros, ainda, são naturalmente tão pobres em nutrientes e ácidos que, se não forem devidamente corrigidos e adubados, desde o início dos plantios, nada produzirão.

A acidificação do solo é, portanto, uma das consequências de seu empobrecimento em cátions básicos trocáveis, principalmente cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). No entanto, ela é mais frequente em regiões de clima úmido, onde grande quantidade de chuva acarreta a lavagem progressiva, pela água gravitacional, de quantidades apreciáveis de bases adsorvidas nos colóides do solo, as quais, quando lavadas, ou lixiviadas, são trocadas pelo hidrogênio, que faz o solo ficar cada vez mais ácido. Essa acidez do hidrogênio (H^+) é depois convertida em alumínio (Al^{3+}), o qual, em

Por que a remoção de vegetação natural acentua a lixiviação de nutrientes de um ecossistema? Em que bioma brasileiro esse problema tem se tornado mais evidente nos últimos anos?

Questão 3

Nos ecossistemas de áreas tropicais úmidas, como os biomas da Amazônia e da mata atlântica, as plantas florestas desenvolvem-se na constante ciclagem de nutrientes promovida por sua mineralização a partir da decomposição biológica dos resíduos depositados sobre o solo. A maioria dos solos dessas regiões é muito intemperizada, de modo que boa parte dos cátions básicos já foi lixiviada durante os processos de formação dos solos, tornando-os pobres do ponto de vista químico. Quando se retira a vegetação desses locais, quebra-se esse ciclo, pois a biomassa, que contém os poucos nutrientes, é eliminada, fazendo com que os solos não possam reabsorver os nutrientes e manter-se com as demandas nutricionais. Apesar do aumento da fertilidade nos primeiros anos, já que os nutrientes são liberados ao solo pelas cinzas das queimadas, sua falta passa a ser sentida à medida que as demandas nutricionais das espécies agrícolas aumentam. Assim, após poucos anos, sente-se o esgotamento das reservas nutricionais dos solos e a consequente perda de produtividade, tornando-se impróprios às práticas agrícolas se não houver a aplicação de fertilizantes em quantidades adequadas. Isso tem se mostrado muito comum no bioma amazônico, onde a supressão da vegetação vem sendo muitas vezes irregularmente realizada para o cultivo de pastagens e culturas agrícolas anuais, causando assim grandes problemas ambientais.

altas concentrações, torna-se tóxico para a maior parte das plantas cultivadas. Esse é um processo natural na formação dos solos de regiões de clima úmido, mas pode ser acelerado pela remoção da vegetação natural, pelo plantio de lavouras e suas colheitas, conforme foi abordado na Lição 10.

Outra fonte de acidificação são as chamadas chuvas ácidas, que podem ocorrer perto dos grandes centros urbanos em consequência das fumaças ricas em enxofre e nitrogênio emitidas por indústrias e veículos automotivos. Além da lixiviação, o solo aos poucos torna-se empobrecido em nutrientes pela exportação de elementos nutritivos que são levados junto com os produtos das colheitas.

Para controlar a lixiviação e a acidificação, empregam-se as chamadas práticas edáficas, que recomendam o uso de adubos e corretivos para compensar as perdas dos nutrientes do solo. Por vezes, alguns adubos, quando utilizados inadequadamente, podem provocar lixiviação excessiva de alguns nutrientes e irão depois causar poluição das águas; é o caso dos adubos nitrogenados (mais sobre esse assunto no Boxe 19.1).

Boxe 19.1 POLUIÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA POR ADUBOS E OUTROS PRODUTOS ADICIONADOS AO SOLO

Muitas das atividades do mundo moderno usam e produzem muitos produtos que provêm do solo ou nele são descartados. Alimentos, fibras, madeiras, combustíveis e minérios estão sendo sempre produzidos e/ou extraídos do solo.

Quando adubos minerais ou orgânicos são utilizados incorretamente, podem causar sérios problemas de contaminação tanto em águas superficiais como nas águas dos rios e lagos, e também nas águas subterrâneas, como nos lençóis freáticos e nos aquíferos mais profundos. O enriquecimento em nutrientes, nos rios e lagos, causado principalmente por excessos de nitrogênio e fósforo, é denominado *eutrofização*. Outros nutrientes que normalmente contribuem para esse fenômeno são o enxofre, o potássio, o cálcio e o magnésio.

A eutrofização pode ocorrer naturalmente, como consequência da lixiviação da serrapilheira do solo ou por arraste superficial pela erosão após fortes chuvas, ou, mais comumente, pela ação do homem, seja com a erosão de cinzas das queimadas, seja com a descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais. Portanto, além da agricultura, muitas outras atividades humanas contribuem para esse tipo de poluição das águas. Ela quase sempre resulta no aumento desordenado e inconveniente da população de algas e outras plantas aquáticas maiores. Quando essas plantas morrem, sua decomposição diminui o nível de oxigênio dissolvido na água, um processo que ocorre também quando esgotos são descarregados nos rios sem tratamento prévio. Essa diminuição do nível de oxigênio da água causa a morte dos peixes e de outras formas de vida aquática.

Principais elementos poluidores

a) Nitrogênio

Os efeitos diretos da poluição das águas, especialmente por nitrogênio (na forma de nitratos), é uma preocupação de muitos países, especialmente os de clima temperado, onde os solos, menos profundos e oxidados, têm baixa capacidade de reter nitratos. A perda de fertilizantes nitrogenados e de solo, tanto pela lixiviação como pela erosão, pode aumentar a concentração de nitratos (NO_3^-) em mananciais subterrâneos e superficiais que são utilizados como fonte de água potável. Isso, além de ser um fator de eutrofização, é considerado prejudicial à saúde humana e de animais domésticos. Em geral, as perdas por lixiviação aumentam à medida que se intensifica a utilização de práticas da moderna agricultura. O nitrogênio que mais sofre lixiviação é o contido em fertilizantes com base em nitratos; os baseados em amônia não o fazem tão rapidamente.

Outra fonte de nitrato são os dejetos utilizados nos adubos orgânicos, como esterco, lodo de esgoto e produtos de compostagem de resíduos. Quando eles são aplicados em doses maiores que as necessidades dos cultivos, podem causar poluição das águas. Contudo, muitos desses resíduos orgânicos contêm valiosos

nutrientes que, se reciclados nos solos em quantidades e nas épocas que atendam melhor à demanda das plantas, podem aumentar a produção agrícola. O mesmo é válido para os fertilizantes sintéticos.

b) Fósforo

A contaminação das águas pelo fósforo do solo pode ter várias consequências maléficas. No ser humano, em quantidades excessivas, o fósforo se deposita nos tecidos ósseos e gordurosos, deslocando minerais dos ossos e músculos para a circulação, um processo que pode causar problemas de saúde pública e que também tem bastante efeito nos processos de eutrofização, pois é quase sempre o fósforo, e não o nitrogênio, que limita a produção de algas. Ao contrário do nitrogênio, o fósforo é relativamente imóvel no solo; portanto, somente pequenas quantidades desse elemento é que podem ser lixiviadas e essas quantidades são ínfimas nos solos muito profundos e ricos em óxidos de ferro, como os Latossolos. As maiores perdas que resultam em contaminação das águas por fósforo não são as provocadas por lixiviação, mas as decorrentes de fertilizantes aplicados ao solo por erosão e da descarga de esgotos e resíduos industriais.

As enxurradas que erodem a camada mais superficial do solo – a mais rica em húmus e nutrientes – levam o fósforo destinado à nutrição das plantas para os rios e lagos, onde vão nutrir as algas e outras formas maiores de vida aquática, como, por exemplo, os aguapés, que então se multiplicam. A quantidade que é arrastada depende das condições do solo, do clima e do uso da terra. Em locais de clima com chuvas mais intensas e onde há solos intensamente fertilizados, situados em declives fortes e cultivados sem práticas conservacionistas, as perdas serão maiores.

c) Metais pesados

O termo "metal pesado" é usado para descrever aquele que é quimicamente muito reativo e bioacumulável, isto é, os organismos que o ingerem não são capazes de eliminá-lo. Quimicamente, os metais pesados são definidos como um grupo de elementos situados entre o cobre e o chumbo na tabela periódica. Eles podem ser divididos em dois grupos: (i) elementos essenciais à vida (micronutrientes; ver Listas 1 e 12) e (ii) elementos não essenciais à vida. O cobre e o zinco, por exemplo, são essenciais para o crescimento dos organismos, mas podem tornar-se tóxicos se estiverem presentes em concentrações muito elevadas. Os seres vivos necessitam de alguns desses metais para a manutenção de suas funções vitais, a saber: cobre, cobalto, manganês, molibdênio, vanádio, estôncio e zinco. Porém, quando absorvidos pelo organismo, esses metais podem provocar várias doenças. Outros metais, como o mercúrio, o chumbo e o cádmio, não possuem nenhuma função nos organismos e podem provocar graves doenças, sobretudo em mamíferos.

Muitos desses metais são utilizados pelas indústrias e em utensílios domésticos. O cádmio, o chumbo e o níquel, por exemplo, são componentes de baterias e pilhas elétricas, e o cobre e o cromo são usados em tintas. Contudo, se esses produtos forem utilizados e/ou descartados incorretamente, podem tornar-se nocivos à saúde humana e de outros organismos. Quando esses metais entram na cadeia alimentar, eles tendem a se acumular num processo denominado biomagnificação. Peixes, por exemplo, alimentam-se de algas que vivem em águas poluídas por metais pesados, os quais se acumulam em seus tecidos. Desse modo, os seres humanos correm o risco de serem contaminados quando ingerem esses peixes.

Os metais pesados podem poluir o ambiente por meio de várias fontes, principalmente dejetos industriais. A queima de combustíveis fósseis também pode liberar certas quantidades de metais pesados para a atmosfera, os quais, por sua vez, podem contaminar solos e cultivos nelas desenvolvidos. Os lixões são outra fonte de contaminação do solo por esses metais. Felizmente, porém, muitos dos metais pesados são adsorvidos pelo solo e, em certas condições de acidez baixa, a sua mobilidade também é muito baixa. Contudo, alguma reação desses metais com o solo, como a complexação por moléculas orgânicas solúveis, poderá aumentar a sua solubilidade e lixiviação. Condições redutoras, comuns em solos mal drenados, também podem influenciar a mobilidade de íons metálicos.

Os esgotos são ricos em muitos dos nutrientes essenciais e costumam ser utilizados como fertilizantes orgânicos; porém, o conteúdo de metais pesados nesses dejetos, bem como de organismos patogênicos,

pode limitar seu uso. Depois da aplicação de produtos desse tipo, tais como lodos de estações de tratamento de esgotos, alguns metais pesados podem se acumular nos solos. Por isso, deve-se fazer um constante monitoramento desses solos para evitar esse tipo de contaminação.

c) Pesticidas

Pesticidas são produtos químicos destinados a controlar insetos, ervas invasoras e doenças causadas por micro-organismos prejudiciais aos cultivos agrícolas. No Brasil, eles são utilizados em grande escala onde o solo é mais intensamente cultivado, visando à alta produtividade agrícola. O emprego desses produtos químicos, por vezes denominados agrotóxicos, tem sido praticado há muitos séculos para controlar as mais de mil espécies de insetos e centenas de ervas daninhas – patologias vegetais que incluem milhares de nematoides que vivem no solo. Os antigos gregos, por exemplo, já usavam enxofre para evitar certas doenças de plantas. Misturas de cal e arsênio, bem como inseticidas naturais como a rotenona, eram usados no início do século passado para esse mesmo fim. Contudo, foi em 1939, a partir da descoberta do DDT e, mais tarde, do 2-4-D, que milhares de fórmulas químicas foram desenvolvidas e vêm, então, sendo utilizadas como pesticidas químicos na agricultura moderna para controle de doenças, pragas e ervas invasoras.

Apesar do efeito protetor desses produtos para cultivos e de seus grandes benefícios econômicos, eles podem causar diversos problemas. Alguns pesticidas não são biodegradáveis, razão pela qual tendem a permanecer no solo por muito tempo. Certos organismos predadores de plantas cultivadas, sobretudo insetos, têm desenvolvido resistência a esses agentes químicos, o que exige maiores dosagens ou o desenvolvimento de novos compostos, em substituição àqueles aos quais esses organismos estão se tornando resistentes. Por fim, além de insetos, tais produtos sintéticos podem afetar outros organismos, como ervas invasoras, bactérias e fungos, pragas que precisam ser eliminadas. Depois de aplicados, uma pequena parte desses produtos movimenta-se, podendo incorporar-se aos solos, afetando sua flora e fauna de maneira prejudicial, assim como peixes e outras formas de vida. Tal como acontece com os metais pesados, quando esses compostos químicos se inserem na cadeia alimentar, tendem a se acumular pelo processo de biomagnificação. Os diferentes níveis tróficos, tais como os consumidores secundários, terciários etc. – peixes, pássaros e mamíferos – podem apresentar acúmulo desses metais em seus tecidos em níveis verdadeiramente tóxicos. Por isso, surgiu a necessidade de desenvolver sistemas agrícolas alternativos, como o uso de espécies vegetais resistentes às pragas, por intermédio de cruzamentos, transgênicos ou o desenvolvimento de produtos químicos biodegradáveis.

No entanto, depois que os pesticidas entram em contato com o solo, eles podem ser removidos por volatilização para a atmosfera, decomposição biológica, decomposição química, lixiviação, erosão ou absorção pelas plantas e animais do solo. Desses processos, o mais importante é, provavelmente, a decomposição por organismos. Os fatores que influenciam o maior ou menor poder do solo em decompor tais produtos são o pH, a temperatura e o teor de umidade. Perdas por lixiviação ocorrem principalmente por produtos solúveis em água que não são adsorvidos na superfície dos colóides do solo, e essas perdas são maiores nos solos mais arenosos.

Fonte: baseado em McLaren e Cameron (1996).

19.2.2 Excesso de sais ou salinização

Salinização é o acúmulo de excesso de sais no solo, sobretudo próximo à superfície. Pode ser considerado como um processo oposto ao da lixiviação e, por vezes, provoca também a alcalinização do solo. Ocorre em regiões de clima árido e semiárido, nos locais em que a maior parte da água recebida pelo solo se evapora em vez de se infiltrar. Quando a evaporação é maior que a evapotranspiração, a quantidade de cátions básicos (sódio, cálcio, magnésio etc.) excede aquela possível de ser retida pela capacidade de troca dos solos, fazendo com que esses cátions se combinem e se precipitem dentro ou sobre o corpo do solo.

O aumento de sais solúveis em um solo eleva o seu potencial osmótico e, por isso, as plantas têm dificuldade de absorção de água e nutrientes, o que provoca a redução do seu crescimento e o aparecimento de injúrias foliares. A alta proporção relativa de sódio em relação a outros cátions compromete a capacidade de infiltração do solo, por causa da dispersão das argilas e da alcalinização; com as argilas dispersas, a estrutura do solo é desestabilizada e a macroporosidade, bastante diminuída. Em muitas partes semáridas do mundo, como a água do lençol freático tem um conteúdo de sais relativamente alto, alguns problemas podem surgir se o nível desse lençol for elevado, por exemplo, com a prática de irrigação. Se ele estiver profundo, mas salino, e os solos forem permeáveis, cuidados especiais devem ser tomados para não haver excesso de água nas irrigações, o que poderia elevar o nível do lençol, trazendo-o próximo à superfície, onde a evaporação concentra ainda esses sais. Por sua vez, a salinização pode ser agravada também se a água utilizada para irrigação for de má qualidade, isto é, salobra, com muitos sais em solução. Para resolver esses problemas, é necessário instalar um sistema adequado de drenagem para retirar o excesso de água que se acumula, por exemplo, nas partes mais baixas do terreno. Se o solo é pouco permeável, devido ao excesso de sódio, será necessário acrescentar sais de cálcio (gesso) para flocular as argilas e, assim, permitir a lixiviação do excesso de sais com a adição de água de boa qualidade à superfície do solo.

19.2.3 Desertificação

A desertificação é a extrema degradação de terras situadas em regiões áridas e semáridas. Ela pode ser ocasionada tanto por atividades humanas como por variações climáticas. No caso do uso indevido do solo, sua remoção pela erosão e, consequentemente, a remoção da umidade que ele retém, fazem com que a área dos desertos que lhes são limitrofes aumente. Ela acontece nas regiões mais secas, onde os solos são mais vulneráveis à agropecuária intensiva. Uma das principais causas da desertificação é o excesso do uso dessas terras quando nelas há um grande aumento de populações muito pobres. Esse problema está acontecendo mais na África, ao redor do deserto do Saara, onde há uma população que excede ao que seus recursos naturais podem suportar. Nos anos mais úmidos, os solos podem ser suficientemente produtivos para atender às necessidades locais de alimentos. Contudo, durante anos mais secos, a popula-

Como a prática da irrigação pode facilitar a remoção do excesso de sais do solo? E como pode intensificar o problema?

Questão 4

Em áreas afetadas pela salinização e sodificação dos solos, a irrigação deve ser feita de modo que provoque a lixiviação do excesso de íons básicos do solo (principalmente sódio); ela deve ser bem planejada, de modo que as quantidades de água adicionadas superem as altas taxas de evapotranspiração e não provoquem o acúmulo residual de íons. Além da utilização de água de boa qualidade, é necessário um bom sistema de drenagem (especialmente em Gleissolos e Planossolos) e a aplicação de sais neutros de cálcio (gesso) para flocular os colóides do solo e aumentar sua permeabilidade. Caso esses princípios não sejam respeitados, haverá concentração de sais no solo à medida que a água se evapora e não houver a lixiviação dos sais em solução. Da mesma forma, águas salobras ricas em sais adicionais mais compostos e elementos dissolvidos ao solo, agravando o problema.

ção permanece com o pastoreio de seus animais, que podem consumir até folhas de árvores que são cortadas. Com isso, o solo fica completamente desprotegido e suscetível de ser removido pelos ventos. Depois de muito tempo, quando vêm as chuvas, a erosão aumenta mais ainda. Se esse ciclo continua, com o desgaste contínuo do solo, vastas áreas com vegetação natural muito escassa incorporam-se aos desertos vizinhos, aumentando-os.

Um dos maiores impactos da desertificação é a redução da biodiversidade e da capacidade de os solos serem usados para a agricultura. Segundo estimativas da FAO, hoje, mais de 200 milhões de pessoas estão sendo diretamente afetadas pela desertificação, e cerca de um bilhão estão em risco de começarem a ser prejudicadas por esses processos de degradação do solo. Essas vítimas vivem, em sua maioria, nos países mais pobres, marginalizados e politicamente perseguidos.

19.2.4 Poluição do solo

Na natureza, o solo recebe, recicla e purifica seus restos orgânicos e a água que recebe. Contudo, se estiver contaminado com alguma substância que não é naturalmente produzida pela atividade de seus organismos, ele pode adicionar impurezas à água e ao ar, em vez de removê-las. Portanto, no ar que respiramos ou na água que bebemos, os solos podem ter uma importante participação, uma vez que afetam a mobilidade e o impacto biológico de muitas toxinas.

Entre as substâncias utilizadas na agricultura estão os adubos e os defensivos agrícolas. Nos sistemas de agricultura de tecnologia avançada, tais substâncias são necessárias, pois anualmente, para a obtenção das altas produtividades, os agricultores adicionam nutrientes ao solo aproximadamente na mesma proporção com que estes são removidos pelas colheitas. Contudo, se nutrientes são adicionados em excesso, o solo pode absorver alguns deles, mas outros podem ser lixiviados. Tais nutrientes podem provir tanto de fertilizantes minerais como orgânicos. A composição dos primeiros é bem conhecida, ao passo que a dos orgânicos, como os esterco, não o é. Em alguns casos, os orgânicos são aplicados em excesso por serem resíduos a serem descartados. Portanto, tanto adubos minerais como orgânicos devem ser adicionados em quantidades corretamente calculadas, pois, em excesso, poderão se mover como poluentes nas águas que percolam no interior do solo, escorrer nas enxurradas ou, ainda, ser volatilizados para a atmosfera.

Questão 5

Como a desertificação é capaz de reduzir a biodiversidade do solo? Isso tem impactos na produção agrícola?

Áreas desertificadas caracterizam-se pela perda e/ou depauperação excessiva do solo. Além disso, o solo é um ambiente extremamente propício ao desenvolvimento de micro-organismos e de milhares de espécies animais que contribuem ativamente para os altos índices de biodiversidade em regiões naturais, e mesmo em ecossistemas agrícolas. A perda do solo, portanto, leva a uma gradual eliminação da biodiversidade. Como já discutido nas lições anteriores, a perda da biodiversidade relacionada ao solo tem impactos diretos e indiretos na produção agrícola, mesmo nas áreas adjacentes, como problemas relacionados à decomposição da matéria orgânica e sua incorporação, degradação das propriedades físicas do solo, eliminação do equilíbrio entre espécies, facilitação do crescimento de pragas e patógenos, e outros efeitos extremamente danosos à produção agrícola em longo prazo.

O nitrogênio e o fósforo agem de maneira muito diferente. O primeiro, na forma de nitratos, pode ser lixiviado com facilidade para o lençol freático e daí para as nascentes. Por sua vez, o fósforo é bastante retido por colóides do solo, mas pode causar malefícios se arrastado com esses colóides nas enxurradas. Quando essas enxurradas atingem lagos e rios, fertilizam as plantas aquáticas (principalmente algas), as quais, crescendo desordenadamente, consomem o oxigênio da água num processo denominado eutrofização.

Inseticidas e herbicidas estão também sendo cada vez mais necessários para os sistemas de agricultura modernos. Muitos desses produtos, depois de utilizados, decompõem-se em substâncias mais simples e não tóxicas. Eles devem ser utilizados dos em quantidades mínimas necessárias e escolhidos entre os que se decompõem mais facilmente; por sua vez, o solo deve ser protegido contra a erosão para que tais substâncias não sejam arrastadas para os cursos d'água.

Outra fonte de contaminação são os dejetos industriais e residenciais. Alguns dos aterros sanitários estão localizados em solos sujeitos à lixiviação, e seus produtos podem atingir o lençol freático. Em relação aos dejetos das cidades, destacam-se os esgotos cujos resíduos, depois de tratados, são utilizados como fertilizantes orgânicos. Tais resíduos podem ser sólidos (o "lodo de esgoto") ou líquidos ("efluente do esgoto"). Ambos devem ser aplicados em quantidades adequadas e com muito cuidado, pois podem adicionar às lavouras tanto excesso de nutrientes como algumas substâncias tóxicas às plantas e aos animais, como os metais pesados. O Boxe 19.1 traz mais informações sobre essas substâncias tóxicas.

19.2.5 Degradação física interna

Uma das principais formas de degradação física do solo refere-se à modificação dos seus agregados. Os organismos do solo, incluindo as raízes, dependem do oxigênio e da água contida no espaço poroso existente entre os agregados que formam a estrutura do solo. Contudo, algumas práticas agrícolas podem alterar essa estrutura, provocando a diminuição dos poros e a consequente dificuldade de penetração das raízes, bem como carencia de ar e de água.

Imagine que os governantes de uma determinada prefeitura escolhessem uma área com solos arenosos em profundidade (p.ex., Neossolos Quartzarênicos) para a construção de um aterro sanitário para descartar todo o lixo recolhido na cidade. Você considera essa escolha correta do ponto de vista técnico? Justifique sua resposta.

Questão 6

Certamente não, pois solos arenosos possuem duas características extremamente negativas quando pensamos em um aterro sanitário: têm alta capacidade de infiltração de água e pouca quantidade de cargas devido à carencia de argila e matéria orgânica. Os fluidos gerados na decomposição do lixo doméstico e industrial, de natureza orgânica e inorgânica, contêm inúmeras substâncias de alta toxicidade, desde metais pesados até toxinas produzidas por micro-organismos patogênicos. Em um solo incapaz de reter grandes quantidades de água e de adsorver em seus colóides as substâncias poluentes, todo o fluido tóxico gerado pode sofrer lixiviação rapidamente e atingir os lençóis freáticos, causando contaminação da água e das áreas adjacentes. Portanto, essa escolha seria totalmente equivocada: o ideal seriam solos profundos, com grande quantidade de argila e ótima capacidade de retenção de água, como a maior parte dos Latossolos.

As principais alterações maléficas da estrutura são a compactação e o encrustamento. A primeira resulta da compressão mecânica do solo pela força exercida sobre ele tanto pelo tráfego de veículos pesados como pela aração. Quando o arado corta o solo para revolvê-lo, a parte logo abaixo da revolvida é comprimida pela força exercida pelo disco do arado e pela roda do trator que ali percorre. Essa camada compactada, ou “piso do arado” (denominada de “pã induzido”), prejudica o enraizamento e a penetração de água e, por isso, frequentemente tem que ser desfeita com o uso de outro implemento, chamado subsolador (Fig.19.3). Métodos de cultivo especiais podem evitar essa forma de degradação física do solo, como o plantio direto na palha, que será abordado mais adiante.

A formação de crostas acontece pelo impacto direto das gotas das chuvas na superfície de solos com argilas mais suscetíveis à dispersão. Essas crostas diminuem a infiltração de água no solo, mas podem ser evitadas mantendo-se o solo coberto com vegetação ou escarificando-o frequentemente. Apesar de essas perdas atuarem como despoluentes do solo, removendo os pesticidas a ele adicionados, representam mecanismos de poluição de lençóis freáticos, rios e lagos.

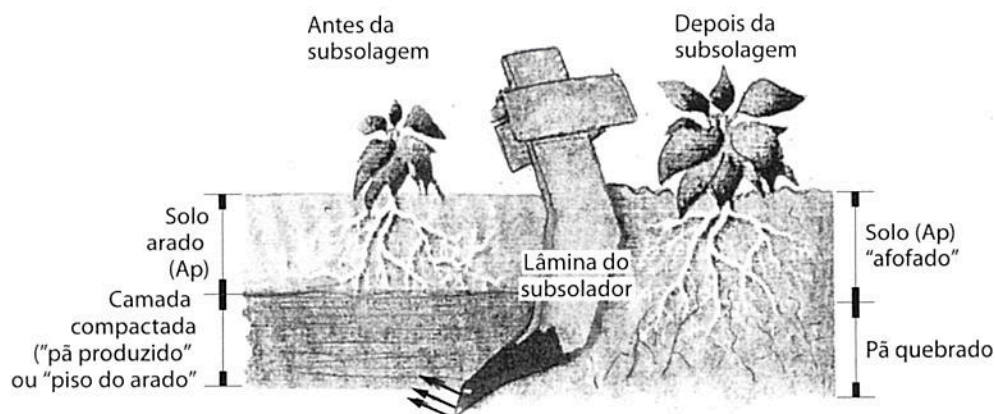


Fig. 19.3 Efeito no solo da haste e sapata (“ponteira”) de um subsolador, aparelho que, acoplado a uma trator agrícola de alta potência, tem a capacidade de romper camadas compactas do solo, aumentando a sua densidade. A subsolagem rompe a camada compactada (“piso de arado” ou “pã induzido” – ver Fig. 9.24) decorrente de repetidas operações inadequadas de aração. Com o rompimento da camada adensada, a água se infiltra mais rapidamente e as raízes das plantas cultivadas podem explorar um volume maior de solo

Fonte: adaptado de McLaren e Cameron (1996).

Questão 7

Qual tipo de densidade é afetado pela compactação: a do solo ou a de partículas? Como esse problema afeta a produtividade de um ecossistema agrícola? Em que situação esse tipo de densidade é desejável?

A densidade afetada pela compactação é a do solo, que inclui a fase sólida e os poros (que, nesse caso, são reduzidos pela pressão de implementos, animais ou máquinas). A densidade de partículas, que inclui somente a fase sólida, não se modifica. A compactação causa a redução da capacidade de infiltração e retenção de água no solo, além de reduzir a quantidade do ar do solo. Com isso, facilita a ação da erosão, dificulta a decomposição da matéria orgânica (menores teores de O_2), reduz a biodiversidade do solo e a capacidade de penetração das raízes, fatores que diminuem a produtividade local e facilitam os processos de perda e depauperamento do solo. Entretanto, ela é desejável na construção civil, para a formação de fundações de estrutura. Nesse caso, o aumento da densidade do solo, induzida pela ação direta de equipamentos, facilita a estabilização das estruturas que formam a base para as construções.

19.3 Erosão dos solos

Há muito tempo a erosão dos solos preocupa os cientistas, os políticos e os agricultores mais conscienciosos. Em muitos casos, até parece que o homem se empenha em provocá-la: as matas são derrubadas e queimadas desordenadamente, as encostas íngremes são aradas na direção da maior inclinação e os pastos são superlotados com rebanhos.

O Brasil apresenta, em muitas áreas, sinais evidentes de erosão acelerada do seu solo, apesar de ainda contar com uma produtividade agrícola que vem atendendo às necessidades de sua população. Valendo-se da abundância de terras para serem exploradas, a agricultura brasileira tem avançado descuidadamente, deixando em seu roteiro muitos sinais dos efeitos da erosão. Um dos exemplos ocorreu com os cafezais: desde o início do século passado, sempre em busca de terras virgens, o processo erosivo começou no Estado do Rio de Janeiro, depois caminhou para São Paulo e oeste do Paraná. Muitos solos foram, assim, empobrecidos, e vários deles até hoje não foram recuperados, como os das regiões montanhosas do vale do rio Paraíba. Apesar disso, sinais animadores começam a surgir a partir da conscientização daqueles que cultivam a terra de que é necessário proteger o ambiente, principalmente com técnicas adequadas de conservação do solo em lavouras, pastagens e reflorestamentos. Essa nova fase vem sendo implantada onde já existe, por parte dos agricultores, uma mentalidade de protecionismo ambiental e, por parte do governo, a pretensão de fornecer a eles serviços de crédito rural e assistência técnica para ampará-los e estimulá-los na adoção das modernas práticas de conservação do solo.

As tarefas rotineiras de exploração das terras que concorrem para acelerar a erosão são, destacadamente: a aração, o plantio e o cultivo (no sentido "morro abaixo"), as queimadas intensas e o pisoteio excessivo pelo gado. Além dos agricultores e pecuaristas, os madeireiros e mineradores também contribuem para a destruição da vegetação natural e o revolvimento do solo, facilitando a ação erosiva da água das chuvas e o assoreamento de grandes represas, o que prejudica também a produção de energia hidrelétrica.

Para o ano de 2001, calculou-se que cerca de um bilhão de toneladas de materiais dos solos agrícolas tenham sido erodidos, o que representa um grande prejuízo ecoló-

Lembre-se da ordem dos Argissolos, um dos mais comuns no território brasileiro. Você acha que eles são suscetíveis à erosão? Explique com base na dinâmica do processo erosivo e em sua provável relação com os atributos físicos do solo.

8 Questão

Argissolos possuem, como principal característica, gradiente textural, de modo que os horizontes mais superficiais (A e/ou E) possuem menores teores de argila em relação aos subsuperficiais (B textural). Dessa forma, a medida que as águas pluviais penetram no solo, encontram grandes poros e pouca argila nos horizontes mais arenosos de superfície, infiltrando-se com facilidade. Entretanto, à medida que a água atinge o horizonte B, a macroporosidade é reduzida e o teor de argila aumenta, junto com a capacidade de retenção dessa água. Assim, cria-se um gradiente de velocidade de infiltração e, conforme a água da chuva cai, satura o horizonte superficial, impedindo a infiltração de água e provocando a formação de enxurradas. Estas agravam o processo erosivo, carregando as partículas de superfície antes dispersas pela ação das gotas de chuva. Portanto, sem cobertura e manejo físico adequado, esse solo é bastante suscetível a processos erosivos.



Fig. 19.4 Impacto das gotas de água da chuva em solo desnudo. A grande energia carregada por essas gotas desfaz os agregados do solo com um "salpico", primeiro passo para a erosão hídrica

gico e econômico. Como já destacamos, a erosão acelerada é uma das principais causas do depauperamento dos solos, que se dá principalmente pela remoção seletiva das partículas do solo das partes mais altas, pela ação das águas da chuva (Fig. 19.4) ou dos ventos, e pelo transporte e deposição dessas partículas para as terras mais baixas ou para o fundo dos lagos, rios e oceanos.

19.3.1 Erosão hídrica

No Brasil, a erosão causada pelas águas (ou hídrica) é mais importante que a originada pelo vento (ou eólica). Ela se processa em duas fases distintas: desagregação e transporte. A desagregação é ocasionada tanto pelo impacto direto das gotas da chuva no solo (Fig. 19.4) como pelas águas que escorrem na sua superfície. Em ambos os casos, é uma intensa forma de energia do movimento (ou energia cinética) que desagrega e arrasta parte do solo.

A energia cinética é definida como proporcional ao peso (ou massa) do que está se movendo (água, junto com as partículas do solo) e ao quadrado de sua velocidade. As gotas da chuva atingem a superfície com uma velocidade entre 5 e 15 km/hora, ao passo que a água das enxurradas tem velocidade bem menor, usualmente não superior a 1 km/hora. A energia das gotas de chuva é, portanto, muito maior que a da enxurrada. Dessa forma, o primeiro passo para a erosão é o impacto direto das gotas de chuva, que provoca forte desagregação das partículas do solo, impacto este que se dá somente quando sua superfície está desprovida de vegetação. Contudo, se existir revestimento (p.ex., de uma floresta), a copa das árvores absorverá a maior parte da energia cinética das gotas de chuva e, além disso, o manto de folhas sobre o solo (serrapilheira) amortecerá a intensidade do impacto, que advém do segundo trajeto, ou seja, das copas até a superfície do terreno.

Grande parte do solo pode ser removida quando suas partículas estão desagregadas e suspensas nas águas das enxurradas, porque isso as torna suscetíveis de serem transportadas. A facilidade com que uma partícula é transportada depende de seu tamanho: a argila, o silte e a matéria orgânica são as mais facilmente carregadas pelas águas, por sua pequena dimensão, que favorece a formação das suspensões.

Quando a água da chuva escorre, formando a enxurrada, desgasta o solo de formas diversas, de acordo com a sua quantidade e a maior ou menor suscetibilidade à erosão do horizonte por sobre o qual ela escoar. Três tipos principais de erosão hídrica são reconhecidos: laminar, em sulcos e em voçorocas.

Erosão laminar é a remoção uniforme de uma delgada camada superior do terreno como um todo. Ao colidirem com a superfície do solo desnudo, as gotas de chuva rompem os agregados, reduzindo-os a partículas menores, passíveis de serem arrastadas pela enxurrada. Esse tipo de desgaste é constatado em certos terrenos desprotegidos, mesmo quando possuem inclinações pequenas. Alguns agricultores e pecuaristas não o percebem, considerando natural essa remoção de finas lâminas do solo. Se medidas de controle da enxurrada não forem adotadas pelo agricultor, essa ação erosiva, se continuar a ocorrer, provocará o aparecimento de sulcos.

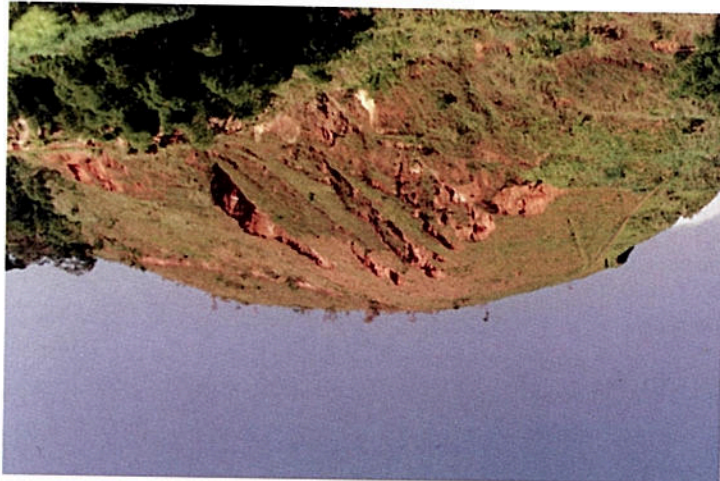


Fig. 19.5 Acima: erosão em sulcos rasos em um Argissolo recém-arado para cultivo e não protegido contra a erosão. Abaixo: sulcos muito profundos e voçorocas em Cambissolos sob pastagens em encostas muito inclinadas (Foto: I. F. Lepsch)

Os sulcos resultam de irregularidades na superfície do solo pela concentração da enxurrada em determinados locais (Fig. 19.5). Em algumas encostas, a água que escorre de pequenos sulcos converge para outros, mais acentuados, e, em se concentrando, chuva após chuva, nos mesmos sulcos, estes vão se ampliando até formarem grandes cavidades ramificadas. Quando os sulcos são desfeitos com a passagem de máquinas agrícolas de preparo rotineiro, são denominados rasos. Se o preparo do solo não os desfaz, denominam-se sulcos profundos.

Se, desde seu início, a enxurrada não for controlada, os sulcos poderão aprofundar-se ainda mais. O escoamento da água superficial, bem como da água subterrânea, que também pode arrastar os horizontes subsuperficiais, poderá então vir a transformá-los em voçorocas (ou boçorocas), as formas mais espetaculares de erosão, que se apresentam como “rasgos” disseminados nas encostas. Ao rasgar as encostas, elas podem atingir profundidades de vários metros, chegando até o horizonte C dos solos, com paredes quase verticais (Fig. 19.6). Esse tipo de erosão indica destruição total de áreas agrícolas e, por vezes, também de áreas urbanas.

Os sulcos e as voçorocas dificultam ou mesmo impedem o trabalho das máquinas agrícolas. A evolução dos sulcos para voçorocas é normalmente causada por aradura, semeadura e cultivo alinhados no sentido “morto abaixo”, que facilita o direcionamento das enxurradas. Também a pecuária, com animais caminhando

Questão 9 Qual dos três tipos de erosão hídrica mais causa perdas de solo, por ano, no Brasil? Faça uma breve pesquisa para responder.

Apesar do impacto visual causado pelas erosões em sulco e voçorocas, estas muitas vezes de proporções extremas, a erosão hídrica que mais causa perdas de solo no Brasil é a laminar. Apesar de difícil percepção, especialmente por pessoas não especializadas, ela é constante e não necessita de um fluxo concentrado de água para se formar, muitas vezes atingindo extensas áreas de maneira contínua. A dispersão de partículas superficiais e a formação de fluxo constante sobre o solo, acentuado em áreas sem cobertura vegetal adequada, facilita o processo. As duas outras erosões decorrem do agravamento da erosão laminar, quando o fluxo superficial homogêneo de água encontra direcionamentos físicos no terreno. A principal forma de controle está associada ao manejo da cobertura do solo, à escolha de períodos certos para o plantio (fora do pico da estação chuvosa), ao preparo adequado e mesmo a técnicas físicas de controle da velocidade do fluxo, como o plantio em nível e a construção de terraços, em casos mais extremos.



Fig. 19.6 Na concepção de Percy Lau, o início de enxurradas que se concentram para causar erosões (acima) e uma grande voçoroca desfigurando uma paisagem (à esquerda). Voçorocas são consideradas um dos aspectos mais graves da erosão acelerada; elas podem ter origem em trilhas do gado, valetas de estradas e antigas valas de delimitação de propriedades rurais, caminhos ao longo dos quais se concentram as águas correntes

Fonte: IBGE (1975).

repetidamente em uma mesma direção muito inclinada, além de estradas rurais mal planejadas e antigas valas que delimitam territórios de fazendas, têm concorrido para a formação das voçorocas.

19.3.2 Fatores que afetam a erosão

A erosão pela água é função da suscetibilidade do solo (erodibilidade) e da energia da chuva (erosividade). Ela tem sido descrita por fórmulas matemáticas, entre as quais destaca-se a chamada “Equação Universal de Perda de Solos”, que considera uma série de variáveis: erodibilidade do solo, comprimento do declive, grau de declive, uso e manejo e prática conservacionista (ver Boxe 19.2).

Questão 10 Com relação a duas das classes de solo existentes no Brasil – Latossolos e Luvisolos –, qual delas apresentará maior erodibilidade quando cultivada indevidamente? Por quê?

Luvisolos apresentam características físicas semelhantes aos Argissolos, discutidos na Questão 8, com dois agravantes: pequena espessura (e, muitas vezes, alta quantidade de cascalhos). Assim, sua suscetibilidade à erosão aumenta, já que também possui gradiente textural e problemas associados (como baixa permeabilidade no topo do horizonte B). Portanto, têm alta erodibilidade. Latossolos, por sua vez, são solos sem gradiente textural, cuja textura varia de média a muito argilosa, e apresentam elevada porosidade (macro e micro), em função da microagregação, ocupando regiões planas da paisagem. Essa alta capacidade de infiltração e ausência de qualquer barreira para a livre circulação de água diminuem sua suscetibilidade à erosão, o que confere a esses solos baixa erodibilidade. Entretanto, uma vez saturados, os Latossolos podem facilmente formar voçorocas, pela alta friabilidade de sua estrutura, quando úmidos. Portanto, cuidados devem ser tomados para que seja evitada a formação de fluxos de água preferenciais nesses solos.

Boxe 19.2 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS

A estimativa da quantidade de solo que pode ser perdida pela erosão é essencial para a adoção de um programa de manejo e conservação do solo, e muito útil para prever os impactos antes mesmo de determinar o cultivo, ou prática agrícola, ser implementado. Para isso, existem modelos que podem descrever matematicamente o processo de desprendimento, transporte e deposição do material erodido. Entre esses processos de modelagem, existe um muito utilizado, que é o da Equação Universal de Perda de Solos, desenvolvido por Wischmeier e Smith (1965).

Trata-se de uma expressão empírica que foi desenvolvida nos Estados Unidos a partir de inúmeros experimentos de campo baseados em análises estatísticas. A equação é expressa da seguinte forma:

$$A = R K L S C P$$

onde:

- A – perda de solo: calculada por unidade de área (expressa em t/ha);
- R – índice de erosão pela chuva: calculado de acordo com a intensidade média de chuva em 30 minutos (expresso em MJ/ha · mm/ha);
- K – erodibilidade do solo: um número que reflete a suscetibilidade do solo à erosão. As unidades dependem da quantidade de solo perdida, considerando a unidade de erosividade R, dentro de condições especificadas como padrão (expresso em MJ/ha · mm/ano);
- L – comprimento da rampa, ou do declive: uma relação que compara a perda de solo com aquela que ocorre em uma área de comprimento especificado de 22,6 m;
- S – grau de inclinação do terreno: uma relação que compara a perda de solo com aquela de uma área com um declive especificado de 9%;
- C – fator de uso e manejo: uma relação que compara a perda de solo com aquela de uma área com um manejo padrão (solo desnudo);
- P – fator “prática conservacionista”: relação entre as perdas de solo de uma área cultivada com determinada prática e as perdas de solo quando arado e cultivado no sentido do maior declive (“morro abaixo”).

– *Erosividade da chuva (R)*: também denominado “agressividade climática”. É relacionado mais com a intensidade da chuva do que com sua quantidade total. Chuvas de baixa intensidade são compostas mais de gotas pequenas caindo com velocidade baixa; portanto, têm uma energia cinética pequena. Gotas de chuvas de alta intensidade têm mais energia cinética e um maior potencial erosivo. O cálculo é feito diretamente a partir de registros pluviométricos locais. Para isso, é necessário que existam, além dos dados de quantidade (medidos com pluviômetros), também os de intensidade (medidos com pluviógrafos). Aparelhos que medem essa intensidade são escassos no Brasil. Para o Estado de São Paulo, já existem alguns mapas indicando valores médios anuais do fator R (Fig. 19.7).

– *Erodibilidade do solo (K)*: é basicamente uma função da estabilidade da estrutura do solo e sua capacidade de infiltração. Agregados fracamente desenvolvidos se desfazem com mais facilidade com o impacto das gotas de chuva e a infiltração do solo é, então, reduzida em consequência do bloqueio dos poros do solo. Cultivos excessivos (como aração e várias gradagens) podem fazer o solo ficar com agregados estáveis e superfícies desnudas, o que aumenta a força erosiva da enxurrada.

– *Comprimento de rampa (L)* e grau de inclinação ou gradiente (S): influenciam a quantidade e a velocidade da enxurrada que ocorre quando a capacidade de infiltração é excedida. Se a velocidade da enxurrada é duplicada, seu poder erosivo é quadruplicado.

– *Fator de uso e manejo (C)*: esse fator aumenta à medida que a porção da cobertura vegetal diminui. A vegetação tem quatro efeitos: (a) as copas absorvem as gotas da chuva, retendo muito da sua energia; (b) as plantas e seus resíduos reduzem a velocidade da enxurrada; (c) as raízes das plantas e a atividade biológica associada aumentam a estabilidade dos agregados e da infiltração; e (d) com a absorção de água, as plantas secam a parte mais superficial do solo, o que aumenta a taxa inicial de infiltração. Esse fator é o que mais facil-



Fig. 19.7 Valores médios anuais do fator R (erosividade da chuva) para o Estado de São Paulo (segundo Bertoni e Lombardi Neto, 1985)

mente pode ser mudado na equação de perdas do solo: florestas têm um valor C de 0,001, enquanto um solo desnudo pode ter um valor de 1,0. Sistemas de plantio como o cultivo mínimo na palha aumentam muito o nível de proteção do solo e, portanto, diminuem o fator C.

– *Fator prática conservacionista (P)*: é expresso em função da pior situação – um campo sendo arado “morro abaixo” e deixado desnudo. A Equação Universal de Perda de Solos foi desenvolvida para atender a uma agricultura mais sofisticada, na qual espera-se que as mais modernas práticas de conservação sejam implantadas rotineiramente. Vários métodos de conservação são possíveis nesse tipo de agricultura, como aração (segundo os contornos das curvas de nível), terraceamento etc. Alguns valores do índice P para algumas dessas práticas conservacionistas estão na Tab. 19.1.

Tab. 19.1 ALGUNS VALORES DO ÍNDICE P (FATOR PRÁTICA CONSERVACIONISTA) SEGUNDO BERTONI E LOMBARDI NETO (1985)

| Práticas Conservacionistas | Valores de P |
|---|--------------|
| Plantio no sentido do maior declive (ou “morro abaixo”) | 1,0 |
| Plantio seguindo linhas de nível (ou “em contorno”) | 0,5 |
| Alternância de capinas + plantio “em contorno” | 0,4 |
| Cordões de vegetação permanentes | 0,2 |

Fonte: adaptado de Hudson (1971) e Bertoni e Lombardi Neto (1985).

Além dos fatores mencionados no parágrafo anterior, a textura, a permeabilidade, a profundidade e o grau de fertilidade do solo também influem na sua maior ou menor erodibilidade. Um bom desenvolvimento das plantas propicia uma melhor proteção. Um solo naturalmente mais fértil, ou adequadamente adubado, oferece condições para um desenvolvimento mais vigoroso das plantas; por isso, fica menos sujeito ao desgaste pela erosão.

19.4 Os métodos de conservação dos solos

Sabemos que as plantas crescem bem quando lançam suas raízes no horizonte A, onde os resíduos orgânicos se acumulam e, em muitos solos, as argilas se movem para o B. O primeiro horizonte tem, então, uma estrutura facilmente penetrável pelas raízes, pelo ar e pela água e que está também plena de nutrientes, enquanto o segundo tem maior capacidade de armazenar água. Essa combinação criada pela natureza de um horizonte A, mais poroso e fértil, sobre um horizonte B, mais adensado – mas que pode reter mais água –, é um sistema muito apropriado para o cultivo das plantas. Contudo, com a erosão, a agricultura pode remover o horizonte A, expondo o B, onde as plantas terão dificuldades para crescer. Essa é uma das principais razões pelas quais o horizonte A deve ser protegido da erosão o máximo possível.

Tal proteção pode ser feita seguindo-se as chamadas práticas de conservação do solo, com as quais é possível cultivar o solo sem depauperá-lo demais, quebrando, assim, um aparente conflito ecológico que existe entre a agricultura praticada pelo homem e o equilíbrio do ambiente. Essas práticas conservacionistas fazem parte da tecnologia moderna e permitem controlar a erosão – ainda que não a anulem completamente –, reduzindo-a significativamente.

Em áreas onde se faz a agricultura conservacionista, ressalta-se, à primeira vista, a harmonia da paisagem. As partes mais inclinadas são ocupadas por flores-tas, onde a vida silvestre se desenvolve. Os campos de cultivo não apresentam sulcos “morto abaixo” e têm o aspecto harmonioso das culturas em linhas contornando as encostas (Fig. 19.8). Os rios têm águas límpidas e, se a poluição industrial e urbana for também controlada, serão bastante piscosos.

As práticas conservacionistas começam por evitar o impacto da água da chuva e, depois, o seu escoamento. Ao evitar as enxurradas, toda essa água infiltra-se no solo, não removendo o horizonte A, mas enriquecendo os mananciais subterrâneos. Não havendo escoamento superficial, os rios não são sobrecarregados, o que evita inundações dos campos de cultivo e de áreas urbanas. Essas práticas são, portanto, essencialmente benéficas a todos, porque proporcionam tranquilidade tanto no campo

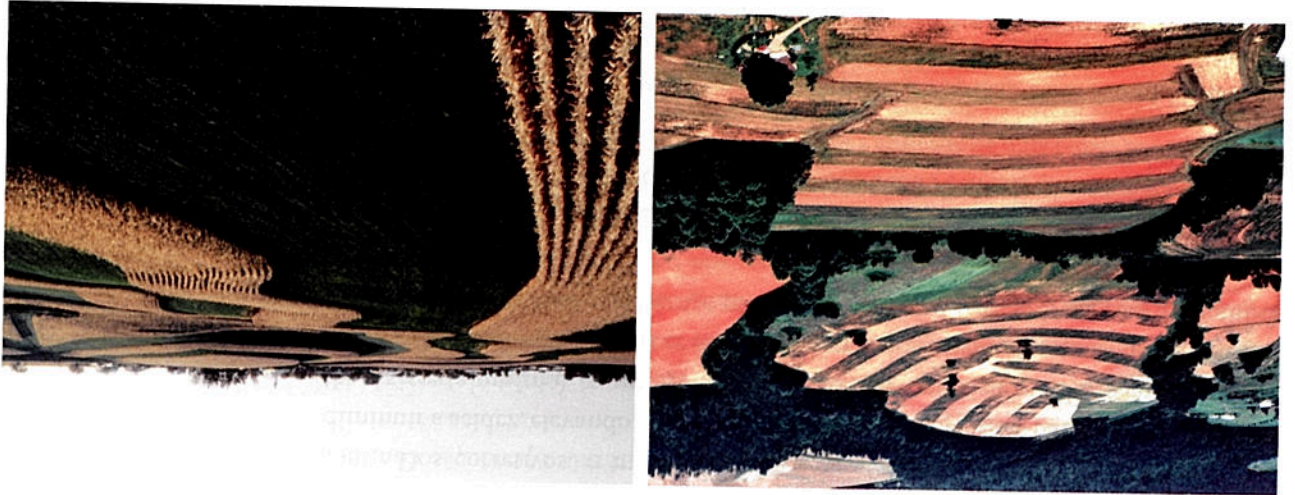


Fig. 19.8 Faixas em contorno. Esta é uma prática adotada por muitos fazendeiros para proteger o solo das erosões hídrica e eólica. Cultivando faixas de cultivos alternados, com plantas de diferentes portes aéreos e sistemas radiculares, tanto a desagregação como o transporte das partículas do solo são minimizados (Foto: cortesia do USDA-NRCS)

como na cidade. Para executá-las, necessita-se, sobretudo, conhecer o solo, pois, para conservá-lo, é necessário saber como ele é constituído e como se formou. Existem muitos meios de conservar o solo, os quais, para efeito didático, podem ser classificados em três grupos principais, representados por práticas de caráter edáfico, mecânico e vegetativo.

19.4.1 Práticas de caráter edáfico

As práticas de caráter edáfico são medidas que dizem respeito ao solo em si. Seu objetivo é manter ou melhorar a fertilidade do solo, principalmente no que diz respeito à disponibilidade de nutrientes mais adequada para as plantas. São medidas que se baseiam em três princípios: eliminação ou controle das queimadas, adubações (incluindo calagem) e rotação de culturas.

As queimadas são consideradas por muitos a forma mais rápida e econômica de limpar um terreno, de combater certas moléstias ou pragas das culturas, de facilitar a colheita (caso da cana-de-açúcar) ou de renovar pastagens. Em sistemas de agricultura itinerante, esta é, muitas vezes, a forma de fazer com que nutrientes contidos na biomassa da vegetação natural tornem-se rapidamente disponíveis, sob a forma de cinzas, para que lavouras de ciclo curto, como feijão, arroz e milho, possam produzir uma colheita razoável e contribuam para a subsistência do agricultor. No entanto, se a queimada for efetuada com muita frequência, deixará o solo desnudo, o que aumentará a erosão, volatilizará elementos úteis à nutrição das plantas e contribuirá para a poluição atmosférica. A queima de florestas, pastagens e restos culturais deve, portanto, ser evitada ou, pelo menos, controlada em um nível mínimo necessário.

As adubações e as correções visam adicionar ao solo os nutrientes que lhe faltam para proporcionar melhor desenvolvimento das lavouras. Além de corrigirem as deficiências naturais do solo, repõem os nutrientes que são removidos com as colheitas e corrigem sua acidez. Para saber como efetuar a adubação, o agricultor moderno retira uma amostra de seu solo e a envia para um laboratório, para que seja analisada, conforme foi exposto na Lição 12. Com base na análise, serão indicados os corretivos e os fertilizantes que devem ser usados.

Dos corretivos, o mais utilizado é o calcário moído, que serve tanto para diminuir a acidez, elevando o valor do pH a valores apropriados para eliminar elementos tóxicos (alumínio), quanto para fornecer os macronutrientes cálcio e magnésio. Os adubos são usados para fornecer outros elementos nutritivos, dos quais os mais necessários são o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o enxofre. Certas áreas com agricultura

Questão 11

Se você fosse o responsável pela recuperação de uma área degradada e tivesse que recuperá-la por meio do uso de espécies florestais nativas, aplicaria corretivos e fertilizantes agrícolas?

Sim. Apesar de adubos e corretivos serem mais utilizados para a produção agrícola, a boa nutrição de todas as espécies vegetais é fundamental para que os solos e a biodiversidade da área sejam devidamente recuperados. Muitas áreas degradadas, além dos problemas físicos decorrentes da erosão excessiva, apresentam perdas drásticas de nutrientes e acidificação. Por essa razão, a viabilidade do projeto de recuperação, que tem como base o crescimento da vegetação nativa, depende da adição de nutrientes e da correção da acidez, feitas com fertilizantes e calcários.

mais intensiva (p.ex., hortaliças ou pequenos pomares) podem ser tratadas também com adubações orgânicas, sob a forma de esterco de curral ou de composto formado pela decomposição de detritos orgânicos, tais como palhas diversas.

No sistema de rotação de culturas, alternam-se, em um mesmo terreno, diferentes culturas, em uma sequência regular. Muitas vezes, utilizam-se faixas alternadas de cultivo nesse sistema (Fig. 19.8). Baseia-se, portanto, em não repetir durante muito tempo o cultivo de uma espécie em um mesmo local. Essa prática é baseada no fato de as culturas terem sistemas radiculares e exigências nutricionais diferentes. A rotação alterna uma cultura que tem maior capacidade de extrair nutrientes do solo com outra com menor capacidade, como, por exemplo, a sequência algodão-soja-milho, altamente aconselhável porque, como a soja é menos exigente em nutrientes, fixando inclusive o nitrogênio do ar atmosférico, ela irá melhorar o solo, deixando resíduos ricos, que poderão ser posteriormente aproveitados pelo algodão e pelo milho.

19.4.2 Práticas de caráter mecânico

Trata-se das práticas que requerem utilização de ferramentas e/ou máquinas. Em geral, introduzem algumas alterações no relevo, procurando corrigir os declives muito acentuados por meio da construção de canais ou patamares em linhas de nível, os quais interceptam as águas das enxurradas, forçando-as a se infiltrar, em vez de escorrer. De uma maneira geral, essas práticas de conservação requerem maior dispêndio de recursos financeiros, mas podem ser indispensáveis para que terrenos muito inclinados possam ser utilizados convenientemente, sem o risco de serem severamente erodidos. Entre as principais práticas mecânicas de conservação, podemos citar a aração e o plantio em curvas de nível, os terraços do tipo camalhão e as estruturas para desvio e infiltração das águas que escoam das estradas. Alguns desses métodos já eram conhecidos de certos povos antigos, como os incas e os astecas, por exemplo, que constriam terraços do tipo patamares em íngremes encostas, principalmente para o cultivo da batata e do milho. Os terraços-patamares construídos por esses povos têm o aspecto de grandes degraus de uma escada, e foram feitos manualmente, durante muitas centenas de anos. Esse trabalho imponente mostra que esses povos já tinham consciência da necessidade de conservar seu solo para garantir a produção contínua de alimentos.

O preparo do solo com plantio em curvas de nível, também chamado de semeadura em contorno, consiste em executar todas as operações de plantio e cultivo seguindo o traçado das curvas de nível (linhas imaginárias sobre a superfície do solo unindo pontos de mesma cota). Sendo assim, cada uma das fileiras de plantas age como pequenos sulcos e montículos de terra, que as máquinas cultivadoras deixam na superfície, compondo obstáculos que interceptam a enxurrada. O plantio em contorno é uma prática que, além de ser uma medida simples de controle da erosão, facilita a adoção de outras práticas complementares de caráter vegetativo.

O termo "terraço" também é utilizado para designar o conjunto formado por um canal e um camalhão – ou dique de terra – (Fig. 19.9), os quais são construídos a intervalos regulares, no sentido transversal à inclinação do terreno, o que permite captar as enxurradas, forçando-as a se infiltrarem no solo, ou conduzindo-as a local não recentemente cultivado. O terracamento é uma prática mecânica muito eficiente

no controle da erosão, desde que seja bem planejado e executado, e que receba também uma adequada manutenção. Um sistema de terraços mal planejado poderá causar muito mais estragos que benefícios, pois, se um camalhão se romper, pelo transbordamento de água de chuva muito intensa, o mesmo acontecerá com todos os outros abaixo dele, causando profundos sulcos de erosão (Fig. 19.10).

Estradas mal planejadas, quer sejam vicinais ou internas à propriedade agrícola, podem ser também a causa de graves erosões. Com o arranjo retilíneo dos caminhos carregadores, as fileiras de cultivos tendem a se estabelecer no sentido do escoamento das águas, dificultando a prática do plantio em contorno e do terraceamento. Muitas vezes, também as enxurradas que se formam no leito das estradas são desviadas para os campos de cultivo, onde formam grandes sulcos que, com o tempo, transformam-se em voçorocas. Uma forma de controle é o planejamento racional dos carregadores, colocando-os, ao máximo, mais próximo das linhas de contorno em nível. Estruturas

especiais também podem ser colocadas a intervalos regulares das estradas, além de carregadores, para que a água que delas escoar seja interceptada e levada para local onde não poderá causar erosão.

19.4.3 Práticas de caráter vegetativo

São métodos de cultivo que visam controlar a erosão pelo aumento da cobertura vegetal do solo. Os principais são: reflorestamento, formação e manejo adequado de pastagens, cultivos em faixas, controle das capinas, faixas de árvores formando quebra-ventos e cobertura do solo com palha (*mulch*) ou acolchoamento.

Essas práticas são bastante efetivas no controle da erosão e baseiam-se no princípio de que, sendo o solo bem coberto, tanto com árvores como com folhagens, ou mesmo com resíduos vegetais (palhas), imita-se, assim, a natureza. Nesse caso, o revestimento vegetal permite a interceptação das gotas da chuva, o aumento da infiltração e a diminuição da velocidade das enxurradas. Além disso, fornece matéria orgânica e sombreamento ao solo. Os benefícios são também usufruídos pelos micro-organismos e animais úteis ao

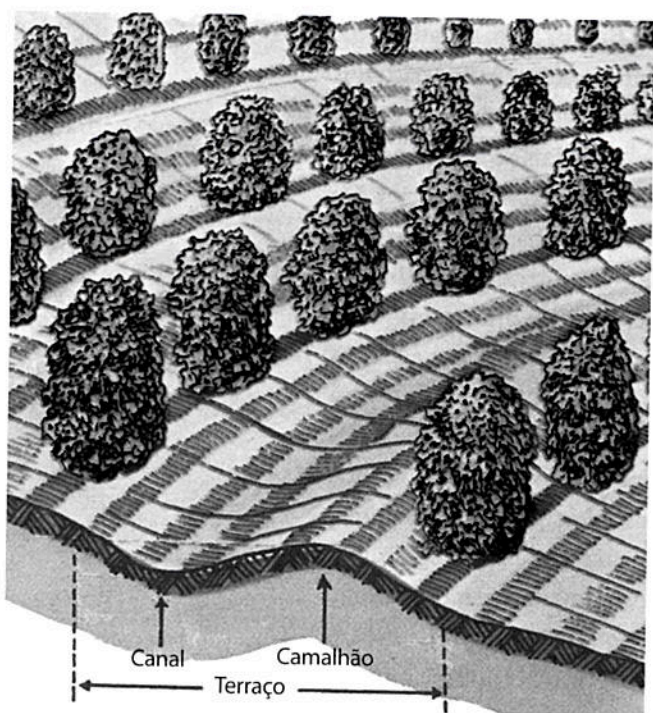


Fig. 19.9 Terraços são uma série de camalhões e canais construídos na direção das curvas de nível com a finalidade de reter e infiltrar ou escoar lentamente as águas das enxurradas, evitando que estas se concentrem e aumentem seu poder erosivo

Questão 12

Qual o princípio da maioria das práticas mecânicas de conservação de solo?

A maioria das práticas mecânicas de conservação de solo tem como objetivo controlar a velocidade do fluxo de água que se forma superficialmente (enxurrada), evitando que ganhe energia cinética e capacidade de transportar partículas desprendidas, ou mesmo desagregá-las. Plantio seguindo as curvas de nível, em posição contrária ao sentido da formação da enxurrada em uma vertente, é um exemplo da aplicação desse princípio para a conservação do solo. Terraços de infiltração ou escoamento e posicionamento das estradas em direção transversal à formação da enxurrada são outros exemplos de práticas mecânicas conservacionistas.

solo, como as minhocas. Há também uma redução das perdas de nutrientes provocadas pela lixiviação.

Para certos solos desmatados, se muito inclinados ou erodidos, o plantio de florestas artificiais é o mais recomendado. Áreas reflorestadas (com eucaliptos ou pinheiros, p.ex.), além de protegerem o solo, fornecem madeira, lenha e carvão, os quais, de outra forma, viriam de áreas de mata nativa (ver Fig. 9.1). Tem grande importância também o reflorestamento ciliar, utilizado para a proteção das margens dos rios, a fim de evitar o desbaratamento, empregando-se, preferivelmente, espécies arbóreas nativas, que, inclusive, fornecem néctar de flores à fauna doméstica (como as abelhas) e frutos comestíveis à silvestre (como os pássaros).

As áreas onde é mais difícil proteger adequadamente as lavouras contra a erosão podem também ser reservadas para pastagens. Por sua vez, a combinação de

lavouras com pecuária constitui, em muitos locais, a condição ideal, porque pastos bem conduzidos também evitam a erosão acelerada, embora menos que as florestas. Contudo, uma quantidade muito grande de gado pode resultar em pisoteio excessivo, redundando em aceleração da erosão hídrica. Para evitar que isso aconteça, o pecuarista deve fazer um rodízio dos pastos, subdividindo-os para que o gado os pasteje em um sistema de rodízio. Sem pisoteio, entre os tempos de descanso desse rodízio, as espécies forrageiras das pastagens terão mais tempo para se refazer, mantendo o solo mais bem protegido.

No cultivo em faixas, as lavouras são estabelecidas em porções alternadas de 20 a 40 metros de largura, de tal modo que, a cada ano, cultivos pouco densos se alternam com outros mais densos. É uma prática que combina plantio em contorno com rotação de

Questão 13 "O manejo da cobertura do solo é o método mais barato e eficiente para proteger o solo, além de recuperar a biodiversidade." Você concorda? Justifique sua resposta.

Certamente, pois sua atuação se dá no sentido de diminuir o efeito do impacto das gotas de chuva no solo, que causa desprendimento das partículas primárias e caracteriza-se como a etapa primária do processo erosivo. Também auxilia na redução da velocidade da enxurrada, a segunda etapa do processo erosivo, geralmente combatida com métodos mecânicos de altos custos em sistemas de cultivo tradicionais. O manejo da cobertura do solo exige apenas a adaptação do manejo cultural, que muitas vezes reduz custos e propicia economia de fertilizantes, apesar das maiores exigências em relação ao combate de pragas e doenças. Além do mais, recupera as propriedades físicas mais importantes do solo, por meio da incorporação de matéria orgânica, e aumenta a biodiversidade, facilitando o crescimento de populações microbianas e animais – fundamentalmente para o equilíbrio dos ecossistemas do solo –, já que os restos culturais tornam-se substrato para que isso aconteça.



Fig. 19.10 Práticas mecânicas de conservação do solo, como o terraceamento, requerem um planejamento adequado, para que o intervalo entre terraços e o tamanho dos seus canais e camalhões sejam adequadamente dimensionados. Terraços com falhas nos planos de sua locação e/ou na sua construção (como os da foto) ficam sujeitos a rompimentos por ocasião das chuvas de maior intensidade, causando aumento da erosão em sulcos (Foto: Gerd Sparoveck)

cultura e, frequentemente, com terraços. O efeito de controle da erosão advém tanto do parcelamento das encostas com cultivos de diferentes coberturas, como da disposição dos cultivos seguindo as curvas de nível que contornam as encostas (Fig. 19.9). As faixas que cobrem mais o solo ajudam a interceptar melhor as enxurradas.

Outra prática, tanto de caráter vegetativo como edáfico, que requer também o uso de máquinas agrícolas especiais, é o plantio direto na palha. Essa prática, pela sua atual importância, será abordada separadamente a seguir.

19.4.4 Sistema de plantio direto na palha

A alternativa de semear o solo sem revolvê-lo com o arado surgiu há muito tempo, tendo sua exequibilidade demonstrada experimentalmente na Inglaterra, em 1930. No entanto, só mais recentemente foi adotada em larga escala, porque, antes, havia dificuldade para o controle das ervas invasoras.

Nos sistemas tradicionais de lavouras anuais, como milho, soja, trigo e feijão, os horizontes mais superficiais do solo são anualmente revolvidos com o arado. Tal procedimento era considerado como indispensável e vem sendo utilizado desde os primórdios da agricultura (Fig. 19.11; ver também Fig. 1.2).

No entanto, essas operações decorrentes da aração provocam a compactação da camada de solo imediatamente abaixo da revolvida (ver Fig. 9.24) e expõe a superfície do solo à ação direta dos raios solares e das gotas de chuva, o que acelera muito a erosão do solo. Com a descoberta de herbicidas seletivos (ou “mata-ervas”), o sistema de plantio direto, sem aração, foi facilitado e tornou-se realidade. No Brasil, lavouras cultivadas sem o uso do arado começaram na década de 1970, no Estado do Paraná,

e hoje se estendem até o Brasil Central. Muitos consideram o plantio direto como uma das maiores conquistas da agricultura sustentável. No Brasil, no ano de 2010, cerca de 32 milhões de hectares foram cultivados sob o sistema de plantio direto.

Para evitar esse revolvimento do horizonte A, as ervas indesejáveis podem ser dissecadas com os herbicidas, e as sementes, colocadas abaixo da palha proveniente dos restos de cultivos anteriores feitos com o uso de máquinas especiais. Em uma só operação, elas cortam longas e estreitas fendas, alinhadas em curvas paralelas e de mesmo nível, sob a palha que, de certa forma, imita a serrapilheira (horizonte O) das matas. Sementes e adubos são, ao mesmo tempo, colocados alguns centímetros abaixo da palha. Tais operações substituem vantajosamente as do revolvimento do solo pelo arado. Ao permanecer coberto com a palha, o horizonte superficial terá sua capacidade de reter umidade aumentada, bem como a



Fig. 19.11 Desde os primórdios da agricultura, o arado – primeiro tracionado por animais (como na foto) e, depois, por pesadas máquinas motomecanizadas – vem sendo usado para revolver o solo antes dos plantios. Em terras planas, como essa, no interior da China, tal prática vem sendo usada há milhares de anos para o plantio de arroz irrigado por inundação, sem provocar erosões. Contudo, em encostas declivosas, boa parte dos agregados expostos do solo são desfeitos pelo impacto direto das gotas das chuvas, que arrastam partículas de argila, húmus, silte e areias com as águas que escorrem “morro abaixo” (Foto: S. W. Buol)

sombra, o que diminui o efeito indesejável das altas temperaturas. Com isso, aumenta-se a absorção de água, e o arraste das partículas do solo pela erosão diminui significativamente.

Em condições tropicais, outra grande vantagem desse sistema é o aumento das colheitas, pela oportunidade de, no mesmo ano agrícola, serem feitos dois cultivos, aos quais o agricultor chama de safra e "safrinha". Para a safra, que é a colheita principal, a semeadura geralmente é feita de setembro a novembro, início da estação chuvosa, e a colheita, de março a abril. Nessa mesma ocasião, uma nova cultura poderá ser semeada, uma vez que não é necessário gastar tempo com o revolvimento do solo. O tempo despendido pelas máquinas agrícolas também é menor, economizando combustível. O preparo de um hectare pelo sistema convencional é de aproximadamente sete horas, e com o sistema de plantio direto, de apenas duas a três horas.

Quando comparado ao cultivo convencional, o sistema de plantio direto apresenta tanto vantagens (ou impactos positivos) como desvantagens (ou impactos negativos). No entanto, o saldo de vantagens é maior:

- desvantagens: (alto custo dos herbicidas e cuidados com a sua aplicação) + (dificuldades em obter uma adequada quantidade de palha para cobrir o solo);
- vantagens: (controle da erosão) + (economia de maquinário e combustível) + (semeadura em época mais adequada e em tempo menor) + (maior retenção de água pelo solo) + (economia de mão de obra).

Portanto, com o sistema de plantio direto, racionaliza-se a agricultura, aumentando-se a quantidade de grãos colhidos por área cultivada, o que diminui a premissa do desbravamento de áreas novas, enquanto o solo é protegido da erosão e uma maior rentabilidade é proporcionada ao produtor rural (Fig. 19.12).

19.5 Capacidade de uso e planejamento conservacionista das terras

A exploração agrícola dos solos deve ser feita segundo preceitos conservacionistas e os aspectos econômicos envolvidos. Para isso, é necessária uma boa planificação de todas as atividades agrícolas, iniciando-se com um plano conservacionista do uso da terra. A programação das atividades de uma propriedade agrícola deve estar baseada em uma escolha apropriada tanto das espécies mais adaptadas como dos mais adequados solos para cultivo. Cada solo tem um limite máximo de possibilidade de uso, além do

Por que o plantio direto não é usado para todas as culturas agrícolas? Cite outro sistema de plantio conservacionista.

Questão 14

Porque algumas culturas, especialmente as anuais, exigem uma combinação de tecnologias, que vão desde o preparo adequado do solo com manutenção dos restos culturais até o combate de pragas e doenças e os métodos de colheita. Isso é relativamente específico para grupos de culturas e geralmente tem seu desenvolvimento limitado a algumas regiões (com clima, solos e relevo particulares). Por essa razão, a disseminação das práticas é lenta e exige o desenvolvimento de tecnologias específicas, além da sua adoção por parte dos agricultores, muitas vezes resistentes a mudanças. É o que vem acontecendo com a cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, cujos agricultores vêm, aos poucos, adaptando-se ao plantio direto. Outro sistema, semelhante ao plantio direto, é o cultivo mínimo, que se baseia na manutenção de aproximadamente 30% dos restos vegetais em superfície, na tentativa de adaptar certas técnicas de manejo bastante eficientes nas áreas de cultivo de eucalipto.

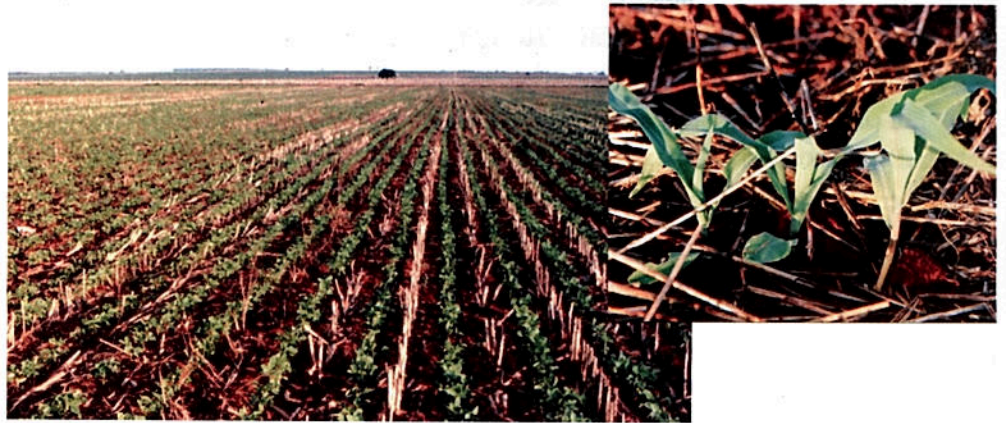


Fig. 19.12 Hoje, extensas lavouras são cultivadas em Latossolos da região dos cerrados, destacando-se as de soja (à dir.) e de milho (à esq.), que são alternadamente cultivados sob o sistema de plantio direto na palha. Esse sistema de cultivo possibilita duas colheitas por ano, sem irrigação artificial, e as perdas do solo por erosão são mínimas (Fotos: I. F. Lepsch)

qual não poderá ser explorado sem riscos de degradação pela erosão. Em outras palavras, as culturas certas devem estar nos lugares certos. Solos com declives muito acentuados, por exemplo, têm capacidade de uso, no máximo, para pastagem ou reflorestamento, sendo desaconselhável seu uso com culturas anuais, que necessitam, a cada novo ano, de revolvimento com o arado. Por sua vez, solos profundos e permeáveis, com declives suaves, podem ter vários usos, pois, nesse caso, a suscetibilidade à erosão é pequena.

A identificação do grau de intensidade máxima de cultivo que pode ser aplicada a determinado solo, sem que este se degrade ou sofra diminuição permanente da sua produtividade, é muito importante para ajudar na tomada de decisões, para se obter uma boa e permanente razão custo-benefício das atividades agrícolas. Para isso, um levantamento detalhado de solos e sua interpretação em um sistema de classificação técnica das “classes de capacidade de uso” serão muito úteis para a elaboração do planejamento racional de uso do solo.

O termo “capacidade de uso” está relacionado ao grau de risco de degradação dos solos e à indicação do seu melhor uso agrícola. As características do solo, do relevo e do clima servem de base para a identificação de oito classes de capacidade de uso da terra. Tais classes diagnosticam as melhores opções de uso da terra, bem como quais práticas devem ser implantadas para controlar melhor a erosão do solo e, ao mesmo tempo, assegurar boas colheitas.

Para diagnosticar a capacidade de uso das terras de uma propriedade agrícola, primeiro deve-se fazer um mapa detalhado de seus solos. Esse mapa, além dos diferentes solos e de suas respectivas classificações pedológicas, deve mostrar aspectos da topografia (ou “classes de declive”) e outros atributos físicos da terra, destacando os danos já sofridos com a erosão. Com a interpretação desses mapas, é possível então distinguir as classes e as unidades de capacidade de uso, a partir das quais – e tomando-se em conta fatores econômicos (demandas de mercados, custos de produtos agrícolas etc.) – são feitas as recomendações de diferentes sistemas de plantio, de acordo com o que as terras possam suportar, no seu mais elevado nível de produção, sem se degradar pela erosão.

Todos os solos de uma mesma unidade de capacidade de uso, quando sob o mesmo tipo de cobertura vegetal, são similarmente suscetíveis a erosões pela água ou pelo vento. Dessa forma, práticas de conservação similares podem ser aplicadas em todas as áreas classificadas em uma determinada classe de capacidade de uso. Essas classes podem ainda ser sucessivamente subdivididas em subclasses e unidades de uso. As classes são em número de oito (tradicionalmente conhecidas pelos algarismos romanos I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII) e podem ser agrupadas em três subdivisões: (a) Terras próprias para todos os usos, inclusive cultivos intensivos, compreendendo as classes I, II e III; (b) Terras impróprias para cultivos intensivos, mais aptas para pastagens e reflorestamento ou manutenção da vegetação natural, compreendendo as classes IV, V, VI e VII; e (c) Terras impróprias para cultivo, recomendadas (pelas condições físicas) para proteção da flora, da fauna ou para ecoturismo. O Quadro 19.1 apresenta um esquema dessas classes de capacidade de uso da terra, indicando a intensidade máxima com que cada classe pode ser usada com segurança, e a Fig. 19.13 mostra um exemplo de paisagem cujos solos foram classificados em diversas classes de capacidade de uso. Mais detalhes sobre essas classes de capacidade de uso no Boxe 19.3.

Quadro 19.1 INTENSIDADE MÁXIMA QUE AS TERRAS ENQUADRADAS NAS DIVERSAS CLASSES DE CAPACIDADE DE USO PODEM SER USADAS SEM RISCOS DE DEGRADAÇÃO ACELERADA. AS LIMITAÇÕES PARA USO AGRÍCOLA AUMENTAM DA CLASSE I PARA A VIII

| Classe de capacidade de uso | Aumento da intensidade do uso | | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|-----------------|-----------|--|---------|--|--|
| | Vida silvestre e ecoturismo | | Reflorestamento | Pastoreio | | Cultivo | | |
| I | Apto para todos os usos. O cultivo exige apenas práticas agrícolas mais usuais. | | | | | | | |
| II | Apto para todos os usos, mas práticas de conservação simples são necessárias se cultivado. | | | | | | | |
| III | Apto para todos os usos, mas práticas intensivas de conservação são necessárias para cultivo. | | | | | | | |
| IV | Apto para vários usos, restrições para cultivo. | | | | | | | |
| V | Apto para pastagem, reflorestamento ou vida silvestre. | | | | | | | |
| VI | Apto para pastagem extensiva, reflorestamento ou vida silvestre. | | | | | | | |
| VII | Apto para reflorestamento ou vida silvestre. Em geral, inadequado para pasto. | | | | | | | |
| VIII | Apto, às vezes, para produção de vida silvestre ou recreação. Inapto para produção econômica agrícola, pastagem ou material florestal. | | | | | | | |

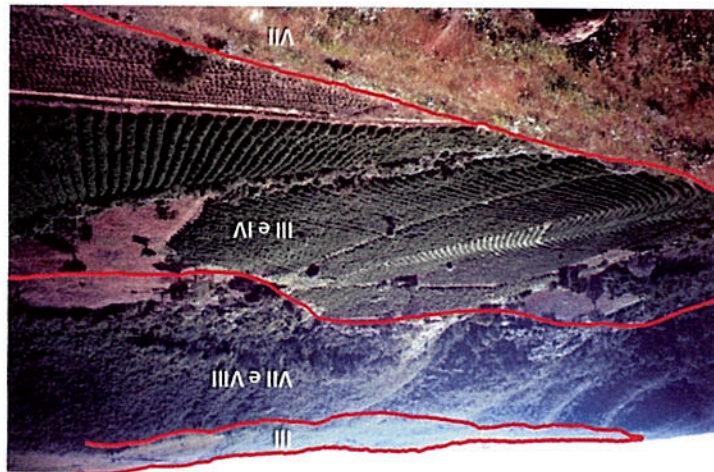


Fig. 19.13 Pastagens, matas e cafezais em terras do Sui de Minas Gerais e suas delimitações, de acordo com as classes de capacidade de uso. Alguns pés de café não foram plantados de acordo com essas classes, pois estão dispostos "morro abaixo" (Foto: A. Carlas Frasco)

Boxe 19.3 CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS EM CLASSES DE CAPACIDADE DE USO**A – Terras próprias para todos os usos, inclusive cultivos intensivos**

Classe I – Terras com limitações muito pequenas no que diz respeito à suscetibilidade à erosão, podendo seguramente ser cultivadas. Os solos são profundos, quase planos, produtivos e fáceis de lavar. Não são suscetíveis a inundações, mas estão sujeitos à erosão por lixiviação (movimento vertical de lavagem) e à deterioração da estrutura (p.ex., compactação). Quando usados sucessiva e intensivamente com lavouras, necessitam apenas de práticas construtoras (como calagem e fertilizações iniciais) ou mantenedoras da fertilidade (como adubações periódicas para reposição de nutrientes retirados pelas colheitas).

Classe II – Terras com limitações moderadas de uso, apresentando riscos moderados de degradação. Podem diferir da Classe I de várias maneiras: estão em áreas ligeiramente inclinadas, sujeitas a erosão, ou com algum excesso de água no solo. Quando usadas para a agricultura intensiva, essas terras necessitam de práticas simples de conservação do solo, como o plantio em nível, ou de métodos especiais de cultivo, como o plantio direto na palha.

Classe III – Terras também apropriadas para cultivos intensivos, mas que necessitam de práticas complexas de conservação. Em geral, os solos dessa classe têm declives mais pronunciados, são suscetíveis às erosões aceleradas e, portanto, mais limitações edáficas e maior risco de erosão que os enquadrados na Classe II. Quando usadas para agricultura intensiva, essas terras normalmente necessitam de práticas complexas de caráter mecânico, como a construção de terraços.

B – Terras impróprias para cultivos intensivos; mais aptas para pastagens e reflorestamento ou para manutenção da vegetação natural

Classe IV – Terras com muitas limitações permanentes à agricultura. Lavouras intensivas (milho, soja etc.) devem ser implantadas apenas ocasionalmente ou em extensão limitada (p.ex., arroz ou feijão durante um ano, alternado por quatro anos de pastagens). Os solos, em sua maior parte, devem ser mantidos com pastagens ou cultivos permanentes mais protetores (como laranjais e cafezais). Terras dessa classe já possuem características desfavoráveis à agricultura, por exemplo, pela forte declividade ou pela existência de muitas pedras à superfície.

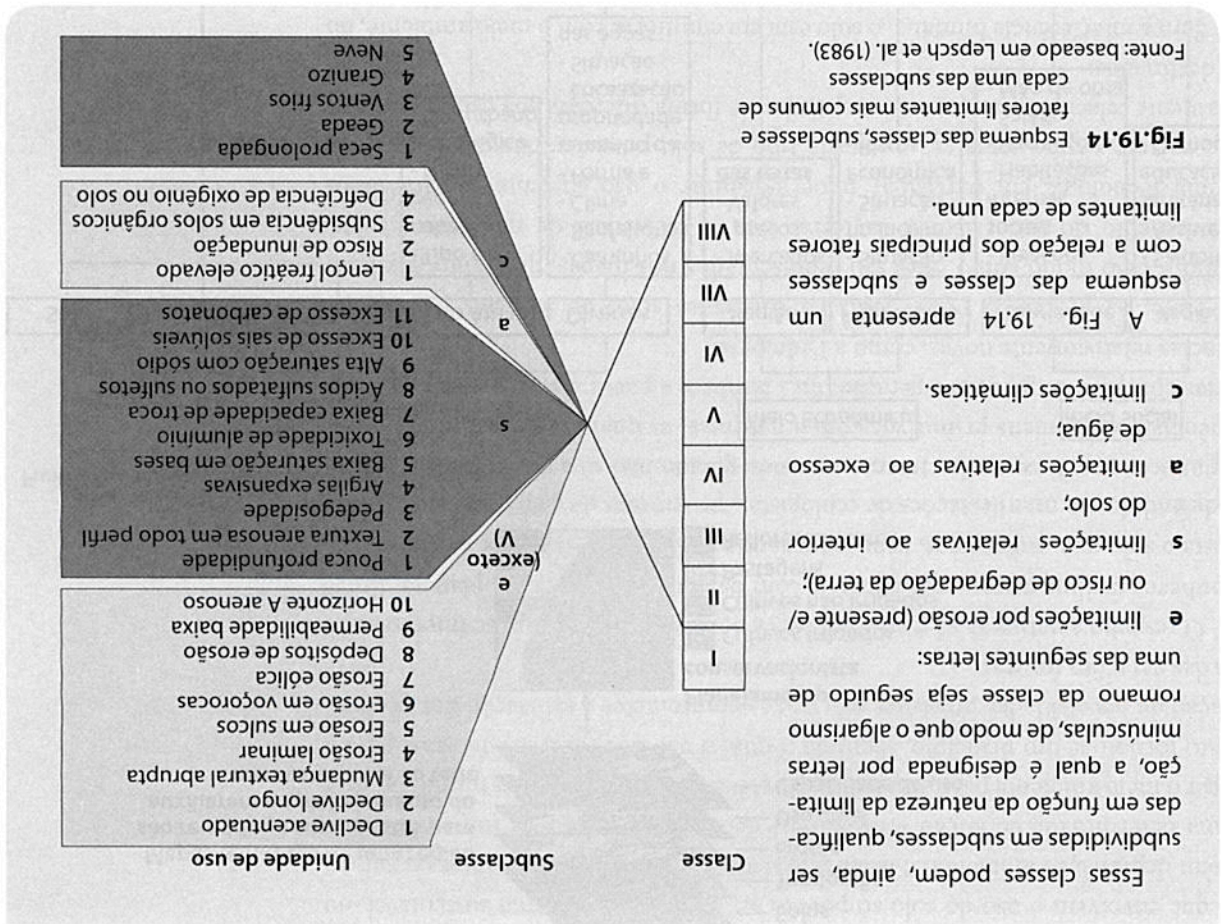
Classe V – Terras que devem ser usadas só com pastagens, reflorestamento ou mantidas com vegetação natural. Os terrenos são quase planos, pouco sujeitos a erosão, mas apresentam algumas sérias limitações ao cultivo, como muitas pedras à superfície ou encharcamento pronunciado, com impossibilidade de drenagem artificial.

Classe VI – Terras que não devem ser usadas com lavouras intensivas, sendo mais adaptadas para pastagens, reflorestamento ou, excepcionalmente, para cultivos especiais que protegem mais os solos, como o de seringais. Quando usadas para pastagens, requerem cuidados intensivos para evitar a erosão.

Classe VII – Solos sujeitos a limitações permanentes mais severas, mesmo quando usados para pastagens ou reflorestamento. São terrenos muito inclinados, erodidos, ressecados ou pantanosos, considerados como de baixa qualidade, devendo ser usados com extremo cuidado. O reflorestamento, quando a vegetação natural já foi removida, é o mais indicado nas regiões de clima mais úmido. Já a indicação de pastagens se dá no caso de solos situados em climas mais secos.

C – Terras impróprias para cultivo, recomendadas (pelas condições físicas) para proteção da flora, da fauna ou para ecoturismo

Classe VIII – Terras nas quais não é aconselhável qualquer tipo de lavoura, pastagem ou florestas comerciais. Devem ser obrigatoriamente reservadas para a proteção da flora e fauna silvestres ou para recreação controlada. São áreas muito áridas, declivosas, arenosas, pantanosas ou severamente erodidas. São, por exemplo, terrenos íngremes montanhosos e/ou com muitos afloramentos rochosos, dunas costeiras e mangues.

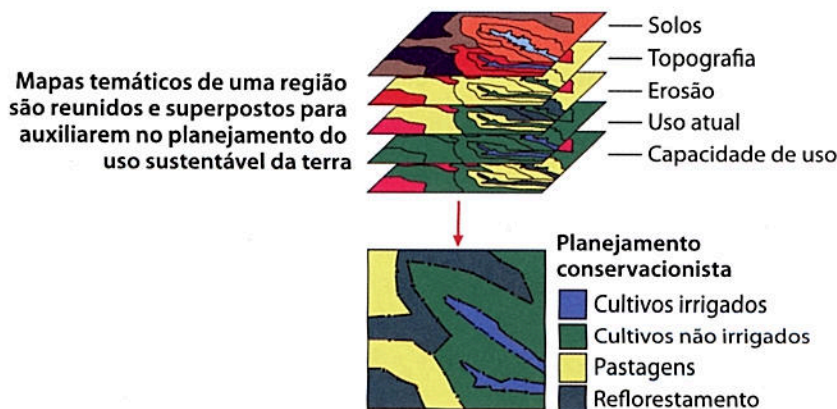


A classificação das terras em suas classes de capacidade de uso é muito útil para identificar as práticas conservacionistas mais recomendáveis e programar a sua execução, tanto em várias propriedades agrícolas (p.ex., as de uma pequena bacia hidrográfica). Nesse planejamento do uso racional da terra, além da capacidade de uso, serão considerados fatores econômicos e sociais, bem como aspectos relacionados à legislação ambiental (Fig. 19.15).

É possível recomendar o uso da terra em qualquer propriedade agrícola sem os conhecimentos básicos em Pedologia? Que tipo de solo você esperaria encontrar em uma terra classificada na subclasse de capacidade de uso VIII e,?

Questão 15

Não, pois todos os sistemas técnicos de capacidade de uso baseiam-se no conhecimento dos atributos físicos, químicos, mineralógicos e morfológicos das diferentes classes de solo, os quais podem ser bem entendidos e relacionados com os potenciais produtivos de cada classe somente a partir do conhecimento das suas características e das suas propriedades fundamentais, com base nos estudos pedológicos. De outra forma, as recomendações tornam-se empíricas e sem embasamento, dificultando a interpretação mais crítica das diferentes situações profissionais nesse sentido. Em uma terra com classificação VIII e, espera-se encontrar um solo pouco profundo, em declividade acentuada, com alta suscetibilidade à erosão e problemas internos para o desenvolvimento de culturas agrícolas, como baixa profundidade e alta quantidade de rochas. Muitos Neossolos Litólicos e Cambissolos seriam, assim, típicos como os solos mais propensos a uma maior suscetibilidade à erosão. Seu uso deveria estar restrito à manutenção da vegetação natural, mais eficiente na proteção do solo contra a erosão e outros problemas ambientais.



FLUXOGRAMA DO PLANEJAMENTO RACIONAL DO USO DA TERRA

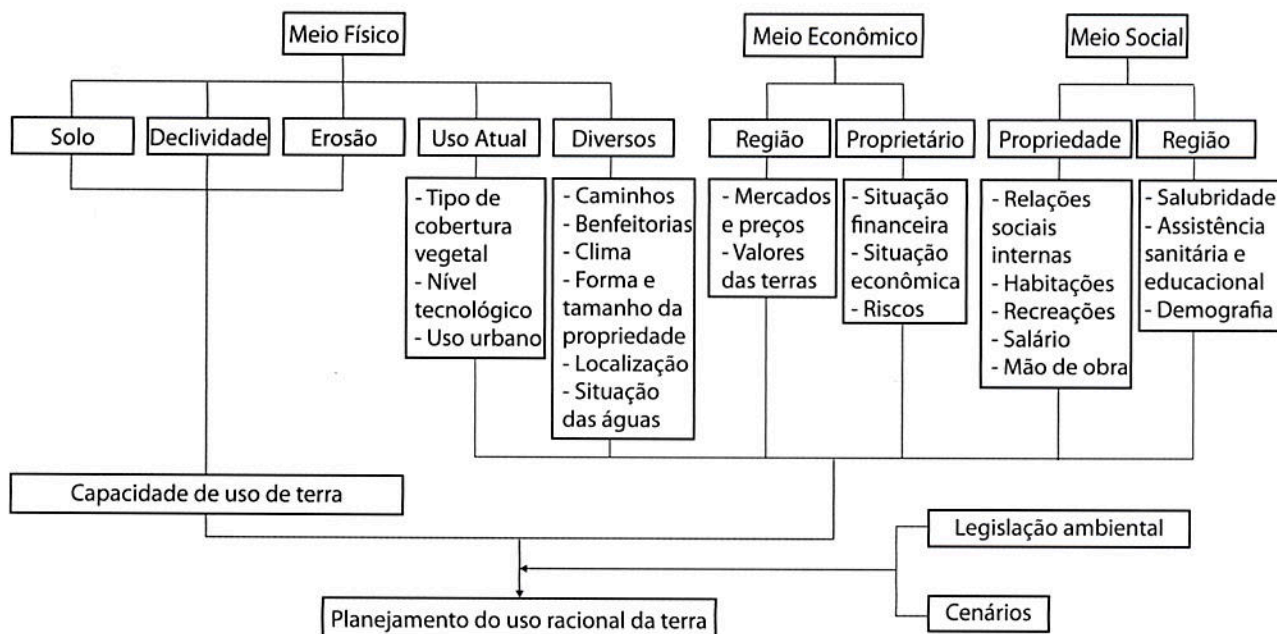


Fig. 19.15 Com superposição de mapas temáticos de uma propriedade agrícola (solos, topografia, erosão já ocorrida), é possível elaborar um mapa com as classes de capacidade de uso das terras. Com esse mapa, considerando também o uso atual do solo, aspectos econômicos e sociais, bem como a legislação ambiental (p.ex., o Código Florestal), é possível elaborar um planejamento do uso racional da terra que, se corretamente executado, evitará ao máximo a degradação dos solos e colaborará para a preservação dos recursos ambientais

Fonte: baseado em Lepsch et al., 1983.

Com a adequada programação de um conjunto de práticas de conservação do solo, as explorações agrícolas poderão ser conduzidas em bases conservacionistas, sem descuidar dos aspectos econômicos. Dessa forma, as modernas técnicas de mecanização e o uso de fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas podem ser adotados, promovendo o aumento da produtividade agrícola das terras e, ao mesmo tempo, conservando-as para as gerações futuras.

19.6 Retrospectiva e perspectiva

Hoje, mais do que nunca, o homem precisa produzir alimentos suficientes para sustentar a crescente população da Terra, abrir estradas para o transporte desses produtos e assentar suas moradias em lugares seguros. Temos a consciência de que essas e outras

ações que envolvem o uso do solo só podem ser efetivadas de forma sustentável, ou seja, sem degradação ambiental. Sustentabilidade é a habilidade de manter ou suportar uma determinada condição. Em tempos de conscientização da importância de proteger o meio ambiente para garantir a sobrevivência das populações mundiais, esse conceito tornou-se um princípio, segundo o qual o uso dos recursos naturais para a satisfação de necessidades presentes não pode comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras.

O respeito à natureza só é possível agora porque o homem vem se interessando em conhecer melhor os recursos naturais com os quais convive neste planeta. Entre eles, está o solo que, aos poucos, vem se tornando, assim como a água e as matas, um tema defendido em manifestações de ecologistas, programas de governo e até campanhas publicitárias. Esse conhecimento tem sido gerado não só a partir das primeiras experiências dos homens primitivos com a natureza, as quais se transformavam em histórias contadas de geração a geração, mas também a partir das teorias e pesquisas de ciências relativamente novas, como a Pedologia.

Hoje, os processos pelos quais os diferentes solos se formam podem ser entendidos pelo modo como estes são representados nos mapas, que tanto auxiliam o planejamento do uso racional da terra. Com a existência de numerosos solos, nenhuma tecnologia em particular pode assegurar o uso sustentável para todos eles ao mesmo tempo, uma vez que cada tipo de solo possui várias características, intimamente relacionadas, que irão responder de forma diferente aos usos e manejos a eles destinados.

Sem a interferência humana, o solo está em equilíbrio com o meio ambiente, do qual fazem parte a vegetação e outros organismos naturalmente mais bem adaptados ao solo. Essa vegetação natural pode protegê-lo da erosão e devolver-lhe os elementos nutritivos que dele foram extraídos. Mas o homem, estabelecendo a agricultura, passou a expor o solo à erosão acelerada, retirando dele os elementos nutritivos (na forma de alimentos, fibras e combustíveis). Com isso, os solos vêm sendo expostos a um desgaste e o que levou milhares de anos para ser construído pelas boas ações da natureza corre o risco de ser destruído em poucos anos pelas más ações do homem.

Contudo, conhecendo bem o solo, usando adequadamente os sistemas de manejo da terra (que produzem um máximo de retorno econômico, sem entrar em conflito com o equilíbrio da natureza) e assegurando uma contínua proteção ambiental, será possível reverter o quadro de degradação a que os solos vêm sendo expostos. Por isso, é importante realçar que compreender como o solo se formou, quais são as suas muitas funções e como podemos conservá-lo é de fundamental importância para a sobrevivência da humanidade.

O solo é a base fundamental em que se assenta qualquer nação. E onde são produzidos nossos alimentos, fibras e combustíveis, e também onde se assentam nossas matas, que mantêm a biodiversidade, recebendo e purificando também as águas das chuvas, que depois emergem nas nascentes.

O solo é importante sob o ponto de vista ecológico, econômico e social. Portanto, sua conservação é garantia da própria estabilidade do País e deve ser preocupação e responsabilidade de toda a sua população.

Igo F. Lepsch

19 lições de PEDOLOGIA

oficina 3º ano