

FORMAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS PARA O ENTEDIMENTO DE SUA IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

Cleverson V. Andreoli
Fabiana de Nadai Andreoli
Jorge Justi Junior

INTRODUÇÃO

Podemos começar este capítulo com a seguinte questão: você alguma vez já se perguntou, ou tem conhecimento sobre a importância dos solos, seja ela ambiental ou agrícola?

Podemos então rebater esta questão com outras três: Mas o que vem a ser o solo? Há alguém estuda exclusivamente os solos? Ele tem realmente alguma importância ambiental e agrícola?

Sendo assim, ao longo deste capítulo tentaremos esclarecer a temática acerca deste assunto, e principalmente, demonstrar o quanto importante ele é ao meio ambiente, a agricultura e a sociedade como um todo. A premissa fundamental deste capítulo é a inserção deste conhecimento na sociedade permitindo um melhor entendimento quanto à preservação ambiental em geral. De fato, Foucault (2001) afirma que práticas sociais podem produzir domínios do saber, que além de criarem novos objetos, conceitos e técnicas, também são responsáveis pelo nascimento de novos sujeitos e de sujeitos de conhecimento.

O que se perceberá aqui, é que o solo é fundamental ao desenvolvimento de diversas atividades humanas, das quais podemos citar algumas principais: construção civil (fundações, telhas, tijolos, etc), tratamento de resíduos (esgoto, resíduos sólidos etc.), produção de alimentos

(agropecuária), ornamentação (produção de espécies vegetais para paisagismo etc.), silvicultura (produção de madeira para móveis, residências etc.), além de inúmeras outras não comuns no dia a dia.

Num sentido amplo, a palavra solo tem vários significados, mas normalmente a definição mais tradicional afirma que o solo é o meio natural para o crescimento de plantas terrestres (USDA, 2010).

Já a Embrapa (2009), seguindo uma denominação técnica, define o solo como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e podem, eventualmente, ter sido modificados por interferências antrópicas.

Podemos dizer ainda que a ciência responsável pelo estudo dos solos é a Pedologia. Esta palavra tem origem grega: *pedo(n)* = solo, terra; *logos* = estudo de um assunto particular, portanto, a etimologia da palavra pedologia corresponde ao estudo dos solos.

Essa ciência teve origem na União Soviética, em meados de 1880 (IBGE, 2007), por Vasily Dokuchaiev, considerado o pai da pedologia. Lepsch (2002) a descreve como sendo aquela que se dedica a estudar os solos, considerando sua origem, morfologia, classificação e mapas, formulando propostas para seu melhor uso, dentro dos preceitos da sustentabilidade (proteção ambiental).

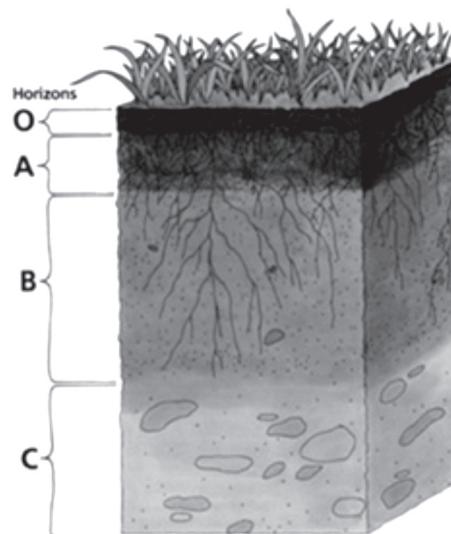
FORMAÇÃO DOS SOLOS

O solo é formado a partir da decomposição das rochas, por meio de um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, que podem ser denominados intemperização¹. Dentre os processos físicos podemos listar o atrito entre as partículas de solo, a temperatura, o vento, a pressão, entre outros fatores. No que se refere aos processos químicos, temos a atuação da água, ácidos, bases, sais e outros compostos, finalmente dentre os processos biológicos podemos citar a ação dos micro-organismos, da matéria orgânica, das raízes das plantas, entre outros. Todos esses processos atuam em conjunto e são responsáveis pela pulverização da rocha em partículas menores, resultando em frações de material e dimensões ou granulometria² variável, responsáveis pela formação dos diferentes tipos de solos.

Essa característica de formação do solo permite, normalmente, separá-lo em duas camadas, denominadas horizontes: o primeiro, mais profundo, conhecido como horizonte genético ou horizonte B; o segundo, mais suscetível aos agentes intemperizantes, e também com maior quantidade material orgânico, uma vez que está na superfície do solo, denominado de horizonte A.

Algumas vezes, dependendo de seu processo de formação, esses horizontes podem estar ausentes, bem como pode haver a formação de novos horizontes, com menor ocorrência. Segundo Embrapa (2009), os solos quando examinados a partir da superfície consistem de seções aproximadamente paralelas – denominadas horizontes ou camadas – que se distinguem do material de origem inicial, como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria.

O clima, tipo de material de origem e a deposição do material orgânico na superfície conferem ao perfil de solo; cores diferenciadas. Normalmente as camadas mais superficiais, constituídas pelo horizonte A tendem a apresentar cores mais escuras em função do maior teor de matéria orgânica. No horizonte B as cores variam do vermelho (regime de formação mais seco) a amarelo (regime de formação mais úmido). Por fim, áreas onde o solo se encontra saturado por água, devido à oxidação do ferro, a coloração tende a ficar pálida, acinzentada, podendo inclusive haver mosqueados de coloração avermelhada.



Fonte: Brasil Escola, 2012

TIPOS DE SOLOS

A Embrapa, em parceria com diversas instituições de ensino e pesquisa de todo o Brasil, vem ao longo dos anos desenvolvendo e aprimorando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Esse sistema, considerando o território nacional, divide os diferentes tipos de solos em Níveis Categóricos. O primeiro e o mais importante, denominado ordem, separa os solos em

13 níveis (EMBRAPA, 2009): Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Organossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Planossolos, Plintossolos, Vertissolos e Latossolos. Cada qual apresenta uma definição decorrente de suas características, em especial resultantes de seu processo de formação. De forma geral, podemos separá-los pelo seu grau de desenvolvimento, teor de material mineral e orgânico, textura ao longo dos horizontes e saturação por água.

Os demais níveis categóricos são definidos pelas características e propriedades dos solos como, por exemplo, sua coloração.

CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS

Os diferentes tipos de solos são condicionados, em geral, pelas suas características e propriedades, das quais podemos separar algumas, fundamentais do ponto de vista ambiental e da agricultura:

- Cor – Tem relação com a formação dos solos, normalmente solos com cores avermelhadas indicam uma formação em regime climático mais seco; já as cores amareladas indicam que esta formação ocorreu num regime mais úmido que o anterior; e solos com cores pálidas ou acinzentadas indicam saturação por água (hidromorfismo) que também pode ser caracterizada por mosqueados (pigmentações) vermelhas e amarelas ao longo do perfil.
- Hidromorfismo – Refere-se à superficialidade do lençol freático, indicando que o solo está permanentemente ou sazonalmente saturado por água. Normalmente os solos com esta característica, conforme já citado, tem coloração pálida ou acinzentada podendo apresentar mosqueados; outro fator indicativo desta característica é a deposição de material orgânico, que deixa a coloração dos solos muito escura, praticamente preta. Solos com esta característica tem uma elevada fragilidade ambiental, recomendando-se na grande maioria das vezes destiná-los à preservação.
- pH – Potencial Hidrogênio, indica a acidez dos solos, tem relação direta com a fertilidade, e conseqüentemente com a produção agrícola, pode ser facilmente corrigido por meio de calagens (aplicação de calcário).
- Textura – Refere-se à proporção dos particulados do solo determinados de acordo com suas dimensões (granulometria): areia (mais grosseira), silte (intermediário) e argila (mais fina). Influi na velocidade de infiltração e na capacidade de retenção de água no solo, em decorrência da porosidade.

- **Atividade Química** – Definida pela Capacidade de Troca de Cátions (CTC), que tem papel importante na retenção de substâncias contaminantes, ou ainda de nutrientes, daí então sua importância como filtro sob o ponto de vista ambiental, e na agricultura, influenciando na fertilidade dos solos, respectivamente. Analogamente, a CTC atua como uma espécie de imã, e os nutrientes seriam simples peças de metal atraídas por estas cargas do solo.
- **Material mineral x material orgânico** – Na massa de solo podemos separar duas frações, uma mineral e outra orgânica. Normalmente, temos o predomínio da fração mineral. A fração orgânica se concentra nas camadas superficiais do solo em decorrência da decomposição da vegetação em sua superfície, enquanto nas camadas mais profundas, onde o solo está em processo de formação (intemperização da rocha), esta fração é reduzida. A fração mineral fornece nutrientes as plantas de forma mais lenta, enquanto a orgânica, estes nutrientes estão prontamente disponíveis. Outro aspecto importante a se considerar é que a fração orgânica do solo é responsável por armazenar carbono, um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global.

As características citadas acima são apenas algumas de muitas outras, porém, dentre todas, essas são as mais comuns e diretamente relacionadas aos aspectos agrícolas e ambientais. Além disso, todas elas se relacionam entre si, uma influenciando e sendo influenciada por outras.

IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA DOS SOLOS

O solo é imprescindível para as atividades agrícolas em larga escala, pois, além de servir de suporte as plantas (visão simplista), fornece nutrientes e água para o seu desenvolvimento. Porém podemos considerá-lo como um recurso não renovável, principalmente no que tange aos seus nutrientes. A agricultura empregada de forma intensiva é responsável pelo depauperamento do solo por diversas vias, dentre elas podemos destacar a absorção dos nutrientes pelas plantas, sem haver sua reposição (ciclagem de nutrientes) por meio de adubações, ou ainda, a instalação de processos erosivos que carregam partículas de solo, com nutrientes adsorvidos³ a elas, para as partes mais baixas do terreno. As queimadas, muito comuns num passado recente, também eram responsáveis pela degradação dos solos, visto que alguns nutrientes são voláteis⁴, como o nitrogênio, além de ser eliminada praticamente toda a microflora e microfauna das camadas superficiais do solo.

Dessa forma, podemos dizer que efetivamente, a principal importância dos solos para a agricultura é o fornecimento de nutrientes e água para as plantas. Não basta apenas ter um solo com nutrientes e água, se estes, por alguma razão, não estiverem disponíveis às plantas; então, numa análise geral, devemos considerar a quantidade armazenada de nutrientes e água e também sua pronta disponibilidade à vegetação.

Solos mais desenvolvidos tendem a ter uma melhor fertilidade natural, porém o que determina sua disponibilidade é a carga do solo e qual o percentual dela está ocupada com estes nutrientes (saturação por bases). No solo há um elemento, conhecido como Alumínio, que além de ser tóxico, limita a absorção de nutrientes pelas plantas ocupando a maior parte das cargas, conhecida CTC, o mesmo comportamento é válido quando nos referimos à acidez do solo (pH), que também é responsável por limitar a absorção de nutrientes pelas plantas, mesmo que tenhamos uma boa disponibilidade deles no solo. O desequilíbrio de nutrientes é outro fator que pode vir a interferir na absorção; o excesso ou falta de um determinado elemento pode vir a limitar a absorção dos demais.

Conforme citado, para o desenvolvimento das plantas, há o consumo dos nutrientes do solo, devido a este fato é que devemos repô-los por meio de adubações, que podem ser químicas, minerais ou ainda com a adição de material orgânico. Caso não se proceda a essa reposição, haverá o depauperamento do solo, reduzindo gradativamente a produtividade ao longo do tempo, até que não se consiga mais viabilizar um cultivo agrícola no terreno degradado.

Mesmo que os solos se encontrem em condições originais no que tange à fertilidade (disponibilidade de nutrientes), as plantas dependem de certa quantidade, que muitas vezes não são encontradas nos solos em condições naturais. Para tal, também se faz necessária a adubação, com objetivo não só de repor a reserva consumida pela planta, mas também suprindo sua demanda de absorção, que, conforme citado, podem ser de três tipos: a química, a mineral e a orgânica.

Na adubação química geralmente consideramos como fertilizantes apenas os macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e o Potássio (K), daí então o nome dos adubos de NPK. Quando citamos números, como exemplo 4-14-8, nos referimos à proporção de cada um desses elementos no adubo, respectivamente, ou seja, neste caso o adubo exemplificado teria quatro partes de Nitrogênio (N); 14 partes de Fósforo (P) e oito partes de Potássio (K). Porém, muitas vezes temos no solo deficiência de outros elementos, sejam eles macronutrientes ou micronutrientes. Em ambos os casos, faz-se necessária a consulta a um engenheiro agrônomo, que irá indicar quais nutrientes e a quantidade de cada um a ser aplicado para uma determinada cultura agrícola e tipo de solo, com base nas análises de solo e na necessidade de cada cultura.

A adubação mineral se refere à aplicação de frações de rochas moídas, normalmente provenientes do processo de trituração da pedra brita. É pouco difundida dado o custo, a disponibilidade do insumo e um retorno que não ocorre de forma imediata.

Na adubação orgânica, em geral, utilizam-se resíduos vegetais, restos de alimentos, esterco (diversas fontes, incluindo a “cama” de criadouros de animais). Este material orgânico pode ser aplicado diretamente, o que não é recomendado, ou ainda por meio da compostagem, que, segundo o Instituto de Biociências da USP (2012), compreende um processo biológico em que os micro-organismos transformam a matéria orgânica, como estrume, folhas, papel e restos de comida, num material semelhante ao solo, a que se chama composto (húmus), e que pode ser utilizado como adubo. Este processo é chamado de humificação, e que por sua vez pode ocorrer de forma natural, decorrente da ação de bactérias, fungos, vermes (minhoca); ou ainda via ação humana quando aplicados produtos químicos para ocorrer sua formação. Este produto tem elevada eficiência, visto que o nutriente está prontamente disponível à planta.

A adubação, seja ela química, mineral ou orgânica, só terá efeito se o solo estiver corrigido, ou seja, seu pH (acidez) esteja próximo à neutralidade (levemente ácido). A acidez dificulta a absorção dos nutrientes, portanto, de nada adianta realizar uma adubação adequada, se o solo não estiver, antes de tudo, corrigido. Para tal, aplicamos calcário ou gesso, sendo o primeiro mais eficiente na neutralização da acidez do solo.

Outro aspecto a se considerar para o desenvolvimento das plantas é a disponibilidade de água no solo, visto que, muitas vezes, é necessária a suplementação por meio da irrigação em épocas de seca. No solo devemos considerar a existência de micro e macroporos (pequenos e grandes poros respectivamente) que interferem diretamente na capacidade de infiltração e retenção de água. Solos com maior quantidade de macroporos permitem uma rápida infiltração, diminuindo assim o escoamento superficial e conseqüentemente os processos erosivos; no entanto, sua capacidade de retenção é baixa, podendo causar déficit hídrico (murcha) nas plantas em períodos de pouca chuva, esta característica de retenção de água é comum em solos arenosos. Em contrapartida, solos com maior quantidade de microporos têm uma menor capacidade de infiltração, no entanto, sua capacidade de retenção de água é maior, diminuindo a possibilidade ou frequência de haver murchamento nas plantas. Conforme citado, quando o solo está em déficit hídrico, num estágio de desenvolvimento da planta crítico, ou seja, que possa resultar em prejuízos na produtividade, se faz necessária a irrigação, suplementando essa deficiência.

Todavia, a matéria orgânica junto com a CTC são as principais responsáveis pela formação de agregados e estrutura do solo. Solos arenosos, devido à predominância de macroporos, apresentam

uma maior aeração, fato que resulta numa rápida decomposição do material orgânico aliada à baixa carga destes tipos de material, significando que o solo terá poucos agregados e estrutura fraca, tornando-os muito suscetíveis à erosão, mesmo tendo uma elevada velocidade de infiltração.

IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DOS SOLOS

Do ponto de vista ambiental, ao se abordar um dos assuntos mais discutidos atualmente: a disponibilidade de água com qualidade, pouco se fala sobre o que o solo (características intrínsecas) pode vir a contribuir para a manutenção dessa qualidade. Solos com uma elevada carga (CTC – Capacidade de Troca de Cátions) têm um elevado poder de filtro, vindo a reter eventuais contaminações do solo, antes mesmo de atingir o lençol freático ou um corpo hídrico. Solos saturados com água, no entanto, possuem uma carga quase nula, conseqüentemente uma capacidade filtrante baixa, sendo uma das justificativas para a preservação de planícies e porções baixas próximas a canais de drenagem.

Certas características dos solos lhe conferem uma determinada capacidade filtrante, e a CTC pode ser considerada como um dos principais agentes deste comportamento. Normalmente, quando um determinado tipo de solo apresenta CTC baixa, a profundidade do perfil e a textura acabam compensado tal deficiência. Dessa forma, o uso em locais com solos de baixa CTC, pequena espessura e textura arenosa, o risco de contaminação da água subterrânea é elevado.

Assim, podemos concluir que, caso os solos não tivessem características e propriedades filtrantes, a qualidade da água que consumimos estaria seriamente comprometida.

Já os solos com elevados teores de material orgânico, comuns em áreas de várzea quando drenados, passam pela decomposição acelerada do material orgânico (oxidação) com a liberação de GEE – Gases de Efeito Estufa, principalmente Dióxido de Carbono e Metano (cujo potencial de aquecimento global é 21 vezes superior ao CO₂), apontados por algumas literaturas como os grandes responsáveis pelo aquecimento global. A exemplo disso, se considerarmos um solo de várzea, com solos “turfosos” com profundidade não inferior a 2 metros, poderíamos atingir cerca de 2.000 toneladas de carbono armazenado em um hectare; quantidade esta equivalente ao que uma floresta comercial de Pinus, plantada em 3 hectares, fixa em pelo menos 18 anos de ciclo.

A drenagem destes solos tem ainda outras implicações ambientais negativas, dentre elas o que chamamos de subsidência, que trata do rebaixamento do nível do solo por perda de volume, inicialmente pela retirada da água, e posteriormente pela decomposição da matéria orgânica de forma acelerada. Esse comportamento pode implicar danos a eventuais edificações e (ou) estruturas que existam nestes solos.

Ainda no que se refere aos solos de várzea, devemos considerar sua importância como regulador hídrico dos rios, visto que atuam semelhantes a uma “esponja”, ou seja, em períodos de chuva, em que se tem a vazão dos rios aumentada, essas áreas absorvem o excedente de água, retendo-o temporariamente, e liberando esta água armazenada gradativamente em períodos de estiagem, mantendo uma certa constância na vazão dos rios, e mitigando os efeitos dos picos de vazão, como cheias, alagamentos, inundações, ou o secamento do curso hídrico, respectivamente.

Entre as décadas de 1970 e 1980 o Ministério da Agricultura promoveu um programa denominado Pró-várzea que dava incentivos e facilidade aos agricultores na abertura de novas áreas agrícolas, por meio da drenagem das áreas de várzea. O material orgânico desses solos lhes confere uma grande fertilidade, porém temporária, visto que é rapidamente decomposta, além disso não havia a devida reposição de nutrientes, cujas implicações já foram relatadas. O desenvolvimento de um programa desse tipo só foi possível devido ao conhecimento limitado sobre esses solos, já que para o seu sucesso haveria um grande impacto ambiental, por meio da liberação de grandes quantidades de carbono para a atmosfera, perda de nutrientes, rebaixamento do nível do solo (subsistência), interferência sobre o regime hídricos dos rios, e rápido depauperamento dos solos, inviabilizando seu uso futuro na agricultura.

Outro fato importante a se considerar sobre os solos no que tange ao meio ambiente, cada vez mais comuns nos noticiários, são a instabilidade de encostas e o risco de deslizamentos (risco geotécnico) em períodos chuvosos. Na verdade, esses eventos são consequência de uma soma de aspectos: climático (intensidade e frequência de chuvas), pedológico (características do solo) e antrópico (ocupação em áreas de fragilidade ambiental). A dinâmica de deslizamentos ocorre quando o solo superficial, na encosta, fica saturado por água em decorrência de um grande volume de chuva, passando a se comportar como um fluido; este processo ocorre naturalmente e pode ser considerado como um dos fatores responsáveis pela formação dos solos e da paisagem. O problema está na ocupação desordenada e descontrolada dessas áreas, que deveriam ser destinadas à preservação, colocando, dessa forma, toda uma população em risco.

Por se tratar de áreas de encosta, normalmente os solos são pouco espessos (rasos) por apresentarem impedimento rochoso logo abaixo, diminuindo assim sua capacidade de infiltração, armazenamento de água e estabilidade.

Conforme exposto, percebe-se a fragilidade dos solos, cujas características e propriedade estão intimamente relacionadas entre si, e que qualquer modificação que ocorra em uma delas pode vir a comprometer o sistema (solo) como um todo, implicando não somente sua degradação, mas também de toda uma cadeia ambiental dependente dele – água, flora e fauna –, dessa forma

interferindo negativamente e significativamente sobre as mais diversas atividades humanas, em especial a agricultura e a construção civil.

As características dos solos, da vegetação formam um complexo indissociável. Em geral a vegetação é responsável por reduzir os danos causados pelo impacto da gota da chuva sobre o solo, além de aumentar a rugosidade da superfície, facilitando a infiltração da água, bem como reduzindo a energia do escoamento superficial. Esses aspectos têm relação direta com a qualidade da água. Áreas desprovidas de vegetação, quando localizada em encostas, são altamente suscetíveis a processos erosivos, cujos sedimentos, em áreas agricultadas, podem ser carreados para cursos hídricos, contaminando sua água com defensivos agrícolas e fertilizantes. Conforme citado, o solo em decorrência de sua carga tem um potencial filtrante, sendo assim, quando a água é infiltrada, eventuais contaminantes são retidos pela CTC do solo, antes de atingir qualquer corpo hídrico, seja ele subterrâneo ou superficial.

DEGRADAÇÃO DOS SOLOS

Há diversos usos ou atividades que implicam a degradação do solo. A consequência final dessa degradação terá impacto direto ou indireto sobre os recursos hídricos, sejam eles superficiais ou subterrâneos. Esses impactos são resultados dos processos erosivos e da contaminação do solo, portanto, o comum é que toda e qualquer degradação do solo resulte num desses dois impactos.

Na agricultura, principalmente aquela de forma intensiva, podemos elencar os seguintes fatores responsáveis pela degradação do solo:

- Remoção da camada nativa de vegetação – Antes de qualquer uso normalmente é removida a camada de vegetação nativa sobre este solo, o expondo a fatores climáticos, aumentando assim sua suscetibilidade à erosão;
- Pulverização do solo – Arações e tradagens são procedimentos comuns na agricultura convencional, porém se empregadas frequentemente podem ocasionar a pulverização do solo, que se trata da perda de estrutura do solo. Esse fator tem relação direta com o aumento da suscetibilidade à erosão dos solos;
- Queimadas – Além da desestruturação do solo, também é responsável por eliminar a biologia do solo, e principalmente por queimar a matéria orgânica que nele existe, reduzindo assim sua fertilidade natural; além disso, a matéria orgânica permite uma melhor estruturação do solo, que, caso seja comprometida pela queimada, também implicará uma maior suscetibilidade à erosão;

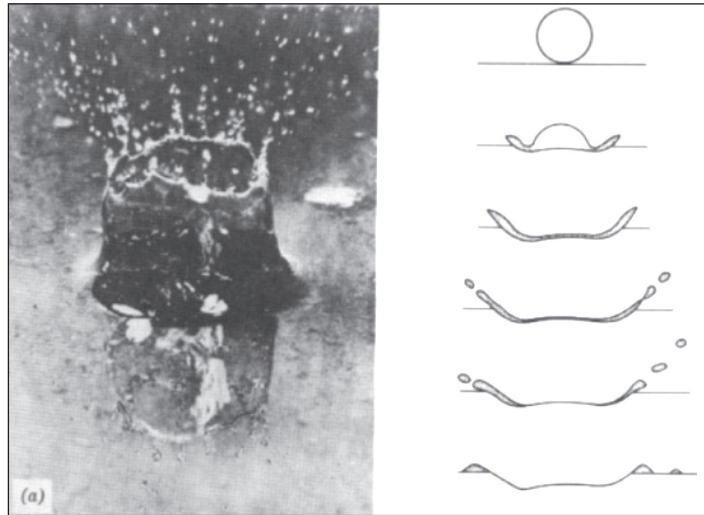
- Superdosagens de fertilizantes – A alteração do pH de forma inadequada pelo uso de corretivos e a elevação da concentração de um determinado nutriente pode inibir a absorção de outros pelas plantas. Além disso, superdoses de fertilizantes pode conferir aos solos certa toxicidade, bem como resultar na salinização dele, dificultando ou até mesmo impedindo o desenvolvimento de plantas;
- Remoção ou perda de horizontes do solo – Os processos erosivos e o próprio preparo do solo implicam a perda ou revolvimento do solo. Conforme já citado, as camadas superficiais do solo são as mais férteis, principalmente em decorrência da deposição da matéria orgânica e são justamente estas que são perdidas pela erosão laminar. Com o revolvimento do solo, ou ainda sua perda pela erosão, a produtividade agrícola fica comprometida dada a perda desses nutrientes, ou sua relocação em camadas não atingidas pelas raízes das plantas;
- Compactação – Quando há um tráfego intenso exercendo pressão sobre a superfície do solo, tem-se uma redução/diminuição dos macroporos do solo, causando com isso seu adensamento. Isso interfere diretamente sobre a velocidade de infiltração da água no solo, favorecendo assim a instalação de processos erosivos. Além disso, compromete a penetração das raízes das plantas no solo, influenciando negativamente no seu desenvolvimento.
- Uso inadequado de agrotóxicos – As pragas nada mais são do que insetos filófagos, que têm um grande estímulo ao crescimento populacional pelo aumento do nível trófico (oferta de alimentos). Com o aumento dessas populações, a natureza tem mecanismos para promover o ajuste, como o desenvolvimento de inimigos naturais. Assim, o controle de pragas e doenças deve considerar as condições ambientais, utilizando práticas mecânicas, físicas, biológicas e químicas, que denominamos manejo integrado de pragas. Quando o uso de agrotóxicos é realizado de forma inadequada, sem uma análise sistêmica das causas da surgência de pragas e doenças, pode causar impactos ambientais como a contaminação do solo, da água e dos alimentos, além de promover desequilíbrios biológicos que podem ampliar as perdas na agricultura.

Não somente a agricultura, mas outros usos também são responsáveis pela degradação dos solos. Nos centros urbanos é comum haver a contaminação do solo por efluentes domésticos em decorrência do sistema de fossas para seu tratamento. Além disso, para as obras de construção civil, as intervenções no solo são muito severas, das quais podemos relacionar:

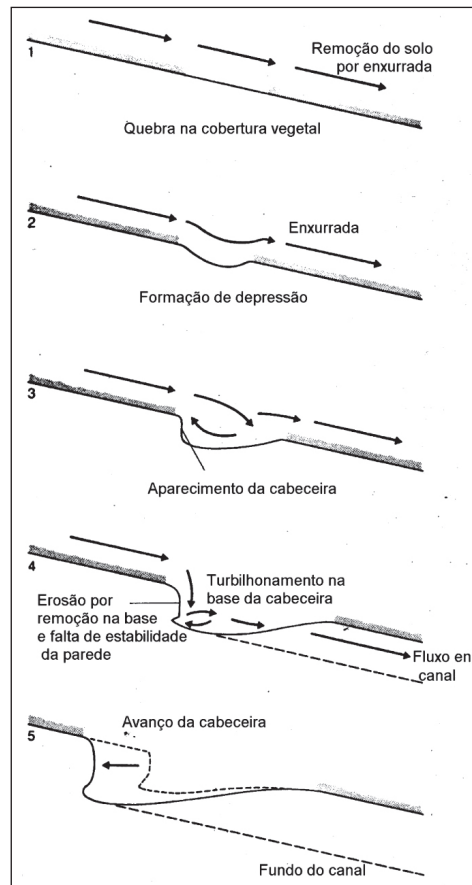
- Corte – Obras de corte são necessárias para a eliminação da camada superficial do solo, rica em matéria orgânica, o que lhe confere baixa capacidade de suporte, devido a este fato, para garantir a estabilidade das estruturas e edificações é removida esta camada. O corte do solo também é empregado para nivelamento do terreno em projetos urbanísticos, visando adequar o relevo à proposta de ocupação.
- Aterro – Empregado para, normalmente, corrigir imperfeições do terreno. Tem importância também na mitigação dos efeitos de inundações e alagamentos, com a elevação do nível do terreno. O material utilizado para aterro deve ser adequado, permitindo sua compactação e sua estabilidade após esta etapa, o que interfere significativamente no regime de infiltração dos solos.

Dentre outras atividades relacionadas à degradação dos solos está a disposição de resíduos sobre sua superfície, comuns em aterros sanitários e lixões. Estas atividades, caso não tenham as devidas estruturas de impermeabilização, permitirão que o chorume (resultado da decomposição) infiltre no solo e atinja o lençol freático, com isso, contaminando a água. O solo até um determinado ponto é capaz de reter esta contaminação com a sua carga (CTC), porém, neste caso, estamos falando de grandes volumes, ficando o solo impossibilitado de conter toda esta contaminação.

Porém, o principal fator, e mais comum dentre os relacionados à degradação dos solos é a erosão, que compreende: a desagregação de partículas, causado pelo impacto da gota da chuva na superfície do solo, justificando, assim, a manutenção de uma camada vegetada permanente sobre ela; o transporte destas partículas de solo, formando sulcos e canais de erosão, e em casos extremos as voçorocas; e, por fim, quando a água perde sua energia de carreamento de partículas, ocorrendo sua deposição, normalmente nas cotas mais baixas do terreno, causando o assoreamento dos rios. Junto com o solo também são perdidos seus nutrientes, matéria orgânica, fertilizantes, e muitas vezes resíduos de agrotóxicos recém-aplicados na agricultura.



Fonte: ROLOFF, 2008



Fonte: ROLOFF, 2008

Kamiyama (2011) considera a erosão um dos principais problemas ambientais decorrentes da agricultura, não apenas pelos alarmantes números de perdas de solo, mas também pelos desequilíbrios causados nos ecossistemas, com impactos negativos em outros importantes recursos naturais, como a água.

Na década de 1970, período em que a agricultura não era tecnificada como atualmente, estima-se que as áreas sob mecanização intensiva tinham perda de solo na ordem de 15 a 20 toneladas por hectare por ano, representando uma camada de aproximadamente 1cm de solo perdido por ano. Não somente o solo, mas juntamente com ele se perdem os nutrientes do solo, a estima-se uma quantidade perdida de 20Kg de Nitrogênio, 0,2Kg de Fósforo e 2,3Kg de Potássio por hectare ano, valor estimado, considerando a área agrícola dessa década em U\$65 milhões (ROLOFF, 2008).

A erosão é dependente das características da chuva (erosividade) e da suscetibilidade à erosão dos solos (erodibilidade). Aliado a esses fatores, têm-se a inclinação e o comprimento da rampa, além da cobertura do solo. Estes últimos três fatores determinam a velocidade da enxurrada, que quando maior, pior será seu efeito sobre a superfície do solo.

O pior cenário do ponto de vista erosivo seria uma chuva de intenso volume, com gotas grandes, solo arenoso e sem cobertura, com uma inclinação significativa e rampas longas, o que resultaria numa enxurrada com grande velocidade e capacidade de desagregação e arraste de partículas, abrindo facilmente no terreno, sulcos e canais de erosão. Ao contrário deste último cenário, o ideal, visando à mitigação dos efeitos erosivos, seria uma chuva leve e de gotas pequenas, solo com textura argilosa e boa infiltração, em superfícies pouco inclinadas e de pequena extensão, gerando um escoamento superficial muito pequeno, e com uma capacidade de desagregação e transporte de partículas pouco significativa.

Nesse aspecto, a vegetação tem forte influência. Uma cobertura vegetal herbácea ou arbustiva, aliada à presença de serapilheira⁵, reduz significativamente a intensidade da energia da gota sobre a superfície do solo, reduzindo, assim, a erosão responsável pela desagregação de partículas. Todavia, 9 metros de altura já são suficientes para a gota atingir sua velocidade terminal, portanto, florestas, sem sub-bosque, contrariando o senso comum, não são consideradas boa cobertura no que se refere à proteção do solo.

Uma técnica bastante comum na agricultura é o plantio direto na palha, porém, ao contrário do que muitos pensam, não dispensa os terraços, conhecidos comumente como curvas de nível no controle da erosão. Essas estruturas têm a função de reduzir o comprimento da vertente, diminuindo, assim, a capacidade da água da enxurrada em causar erosão. Com sua ausência, as

rampas, sob a óptica do escoamento superficial, permanecem alongadas, aumentando a energia, a capacidade e competência do fluxo superficial da água em causar a erosão.

O plantio direto, além de auxiliar no controle da erosão, também tem papel importante na reposição de nutrientes no solo por meio da palhada (matéria orgânica) que permanece na superfície do solo após a colheita. Essa cobertura também é responsável por manter a temperatura do solo constante, por criar condições favoráveis ao desenvolvimento de uma microfauna no solo, bem como auxiliar na estruturação do solo, permitindo um ambiente mais favorável às raízes das plantas e com uma melhor disponibilidade de água.

Porém, ao contrário do que normalmente se pensa a erosão não é um problema exclusivo de áreas rurais, como consequência das atividades agrícolas. Em grandes centros urbanos os processos erosivos também são bastante comuns. Os sedimentos carregados pela enxurrada têm origem em jardins, áreas permeáveis, pavimentos, construção civil, entre outros. O impacto resultante da erosão urbana é evidenciado por meio do entupimento de galerias pluviais, geralmente ocasionando pequenas inundações, cujas consequências se veem no trânsito, e principalmente nos prejuízos de comerciantes e moradores que perdem seus bens.

Além da instalação de processos erosivos, a atividade agrícola pode afetar a qualidade do ar e da atmosfera de quatro formas diferentes: pelo material particulado e gases de efeito estufa (GEE) de desmatamento pelo fogo; pela produção de metano na produção de arroz e pecuária; pelo óxido nitroso dos fertilizantes e esterco; e pela amônia existente em esterco e urina produzidos na produção pecuária (FAO, 2012).

Ainda na vertente da poluição atmosférica, a atividade agrícola contribui com cerca de 30% do total global das emissões antrópicas de Gases do Efeito Estufa, podendo chegar, em alguns países, a 80%.

O uso inadequado do solo pode promover a degradação dos recursos hídricos, pelo lançamento difuso por meio do escoamento superficial de água de enxurrada, que carrega junto fertilizantes, agrotóxicos e resíduos da pecuária. Além disso, a irrigação agrícola é o setor de maior consumo de água do mundo: em 2005 esse consumo foi responsável por cerca de na agricultura na ordem de 70% do consumo de água global, representando cerca de 607m³ por pessoa.

MEDIDAS E AÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DOS SOLOS

Existem diversas técnicas que podem ser empregadas no intuito de mitigar ou controlar a degradação do solo e suas consequências. No entanto, essas técnicas aplicadas serão diferenciadas

considerando o uso do solo, muitas vezes o que se aplica ao meio rural não é viável ao urbano, e vice-versa.

Conforme exposto até então as principais formas de degradação do solo, que devem ser evitadas, mitigadas ou controladas são: perdas de solo por processos erosivos; contaminação do solo por resíduos diversos; uso agrícola intensivo; e superdosagens de insumos agrícolas, sendo estes últimos dois exclusivos de áreas rurais, enquanto os primeiros podem ocorrer também em áreas urbanizadas.

Visando reduzir ou controlar a degradação do solo, podem ser adotadas três diferentes linhas de atuação (EPAMIG, 2009):

- Práticas de caráter vegetativo – Visam à manutenção ou à instalação de cobertura vegetal sobre o solo, que terá importante papel em aumentar a rugosidade do solo (redução da velocidade da enxurrada) ou ainda facilitar a infiltração da água no solo. Algumas técnicas permitem a incorporação da massa verde no solo como forma de adubação. Dentre essas práticas, podemos citar:
 - Plantio direto na palha – cobertura do solo, menor revolvimento, em contrapartida maior compactação do solo;
 - Pousio – descanso do solo e incorporação de massa verde;
 - Rotação de culturas – redução de pragas, adubo verde, ciclagem de nutrientes, incorporação de nutrientes (fixação de nitrogênio);
 - Manutenção da cobertura vegetal nativa – pouca intervenção no solo, além da cobertura atuar na mitigação dos processos erosivos, o mesmo pode ser realizado com a silvicultura;
 - Manejo de pastagem em áreas de pecuária – evitar a pressão de pastagem em demorado, principalmente na formação de caminhos preferenciais dos animais, realização de adubação e calagem da pastagem, evitando o surgimento de manchas de solo exposto.
- Práticas de caráter edáfico⁶ – Têm relação com as características e propriedades do solo, normalmente são dependentes das outras duas práticas. Dentre as técnicas, têm-se: a determinação da capacidade de uso dos solos, que irá permitir o planejamento do uso do solo; a incorporação da massa verde como adubo; eliminação de queimadas; correção da acidez do solo (calagem) e adubações.

- Práticas de caráter mecânico – Envolvem procedimentos e equipamentos específicos para serem realizadas, independem de processos e fatores naturais. Dentre estas práticas, podem ser citados: a instalação de canais e terraços perpendiculares ao sentido do fluxo de água superficial com o objetivo de diminuir o comprimento de rampa e conseqüentemente a energia da enxurrada; planejamento das rotas (logística) durante o projeto de cultivo, a fim de mitigar os efeitos da compactação do solo em decorrência do tráfego de veículos; plantio em nível, nunca no sentido do relevo.

Especialmente para as atividades agrícolas, Roloff (2008) traz que para um sistema ser sustentável deve, simultaneamente:

- Manter ou aumentar a produtividade ao longo do tempo – pilares da sustentabilidade;
- Reduzir os riscos da produção – segurança;
- Proteger o potencial dos recursos naturais – proteção;
- Ser viável economicamente – viabilidade;
- Ser socialmente aceitável – aceitabilidade.

Sendo assim, por meio de técnicas de manejo e de medidas de conservação ambiental de áreas de fragilidade, pode-se garantir uma menor degradação do solo, e conseqüentemente a manutenção da qualidade e dinâmica dos recursos hídricos, sejam superficiais ou profundos, dada a atuação do solo, principalmente, como filtro e regulador hídrico. Inicialmente essas medidas implicam custos elevados, porém, insignificantes, se comparados aos custos futuros que teremos para explorar e tratar a água de forma que satisfaça nossas necessidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vimos neste capítulo a importância dos solos para a vida, seja por meio da produção de alimentos, seja pela sua capacidade de filtro, seja simplesmente pelo seu suporte as nossas atividades. O solo é um sistema vivo e dinâmico, daí porque qualquer alteração pode desencadear uma série de processos e impactos ambientais, bem como simples medidas de controle ambiental podem mitigar, de forma eficiente, esses diversos impactos ambientais relacionados ao solo.

Diamond (2007) afirma que os solos utilizados para a agricultura são erodidos numa proporção de 10 a 40 vezes maior que sua capacidade de regeneração, sobrendo de 500 a 10 mil vezes mais erosão que em solos florestados, havendo com isso uma perda ativa de solo apto à agricultura.

A disponibilidade de áreas aptas à agricultura, proporcionalmente à demanda futura por alimentos, tenderá a ser reduzida, justificando dessa forma sua preservação e conservação por meio de ações que visem, principalmente, à contenção dos processos erosivos e redução no consumo de água. Segundo FAO (2012), hoje cerca de 1,5 bilhões de hectares, 12% da superfície terrestre, vem sendo utilizada na produção vegetal, sendo reduzido o espaço para a expansão das terras agrícolas. Isso se deve ao fato que áreas, mesmo potencialmente aptas à agricultura, por alguma razão não estão disponíveis, geralmente por serem áreas de preservação ou utilizadas em assentamentos urbanos.

Para poder suprir uma demanda crescente por alimentos, será necessária a adoção de novas tecnologias. Nos últimos 50 anos, a produção agrícola cresceu de 1,5 a 3 vezes, contudo a área cultivada aumentou apenas 12% (FAO, 2012), demonstrando a importância da adoção de novos meios e tecnologias de produção, como, por exemplo, o melhoramento genético. The World Watch Institute (2011) afirma que para 2050 a demanda por inovações extraordinárias no campo do melhoramento de espécies vegetais será determinante na produção de alimentos no futuro.

Em valores, estima-se que em 2050 a população exija uma elevação de 70% da produção global atual de alimentos, equivalente a mais de 1 milhão de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas de produtos de origem animal (FAO, 2012).

Além das questões relacionadas ao depauperamento do solo em decorrência do uso agrícola e de uma possível falta de alimento até 2050, as atividades agrícolas também são responsáveis por 75% do consumo de água 15% emissões de gases do efeito estufa; em países em desenvolvimento este valor pode chegar a 75% (THE WORLD WATCH INSTITUTE, 2011).

Tudo isso comprova a importância dos solos e de sua conservação. À medida que a agricultura adotar uma postura intensiva e predatória, haverá uma significativa e contínua redução de áreas aptas a agricultura, fato que, num futuro próximo, mesmo com a adoção de novas tecnologias, não permitirá a produção de alimentos em quantidade suficiente para suprir a crescente demanda prevista.

REFERÊNCIAS

BRASIL ESCOLA. **Constituição do solo**. Disponível em: < <http://www.brasilecola.com/biologia/constuicao-solo.htm> >. Acesso em: Dezembro de 2012.

CURI, N. *et al.* **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas, SP, 1993.

DIAMOND, J. **O Colapso**: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. 5. ed. Ed. Record. 2007.

- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009
- EPAMIG, **Práticas Conservacionistas: Vegetativas, Edáficas e Mecânicas**. Belo Horizonte/MG, 2009.
- FAO. **Statistical Yearbook 2012: World food and agriculture**, Roma, 2012.
- FOUCAULT, M. **A Verdade e as Formas Jurídicas**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2001.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007.
- KAMIYAMA, A. **Agricultura Sustentável**. Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. São Paulo, 2001.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo : Oficinas de Textos, 2002.
- United States Department of Agricultura – USDA. **Keys to Soil Taxonomy**. 11. ed., 2012
- ROLOFF, G. **Apostila da Disciplina de Erosão e Conservação dos Solos**, Curso de Agronomia, UFPR, 2008.
- THE WORLD WATCH INSTITUTE. **O estado do mundo: inovações que nutrem o planeta**. 2011.

Sites:

- INPE, CPTEC, 2012 < <http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/> >
- Instituto de Biociências – USP, 2012 < <http://www.ib.usp.br/coletaseletiva/saudecoletiva/compostagem.htm> >
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Soil_profile.jpg 2012 > .

DEFINIÇÕES E NOTAS EXPLICATIVAS

- 1 Intemperização – Conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, que atuam sobre as rochas e minerais expostos na interface litosfera-atmosfera, desintegrando-os e decompondo-os quimicamente. A ação do intemperismo que propicia a formação do material de origem do solo prossegue durante todo o desenvolvimento do perfil (CURI *et al.*, 1993).
- 2 Granulometria – Quantidade, normalmente expressas em percentual, das frações areia, silte e argila em uma amostra de solo.
- 3 Adsorver – Quando átomos, moléculas ou íons são retidos na superfície de uma partícula em decorrência de ligações químicas ou físicas.
- 4 Volátil – Transferência de massa de um composto para o estado gasoso.
- 5 Serrapilheira – Camada superior de solos sob floresta, correspondente ao horizonte orgânicos de solos minerais, consistindo de restos de vegetação como folhas, ramos, caules, cascas de frutos, em diferentes estádios de decomposição (CURI *et al.*, 1993).
- 6 Edáfico – Relativo ao solo. Resultante ou influenciado por fatores inerentes ao solo ou outro substrato, mais por fatores climáticos.

