

A floresta e o solo



volume **3**



afulra



Introdução

Solo é o material mineral inconsolidado sobre a superfície da terra que serve como meio natural para as plantas (Soil Science Society of América, 1973).

É o resultado da ação dos fatores físicos e químicos que atuam sobre a rocha matriz desintegrando-a. O produto resultante dessas ações é que vai definir o tipo de vegetação que irá ocorrer numa determinada região, e ainda indicar a composição de espécies.

Como elemento fundamental dos ecossistemas, o solo é o fator do meio que influi diretamente na regeneração e estabelecimento da vegetação, especialmente das florestas, e no seu conseqüente desenvolvimento com vistas a uma produção satisfatória.

Em relação às florestas e a qualquer tipo de vegetação, o solo constitui-se no fator do ecossistema de abastecimento de água e nutrientes, cuja disponibilidade está na dependência do clima geral, do relevo, dos processos físicos do solo, da matéria orgânica disponível, dos microorganismos existentes e ainda da qualidade química dos minerais do solo.

No decorrer do desenvolvimento das espécies vegetais, ocorre uma estreita inter-relação entre os fatores que determinam a formação do solo e o ambiente dos ecossistemas, o que ocasiona uma mudança nas características da vegetação, resultando num processo natural de seleção de espécies. Assim, a forma das paisagens representa um retrato do momento de um processo contínuo e dinâmico das formações vegetais.

A atividade florestal constitui-se numa ação que tem influência direta sobre o ambiente, especialmente sobre o solo, capaz de provocar profundas modificações no ecossistema.

Por isso o planejamento da utilização dos recursos florestais de forma racional e sustentável é muito importante, pois esse envolve as árvores, os animais, a água e principalmente o solo.

Nesta obra discute-se as relações e as inter-relações que ocorrem entre o solo, um dos mais importantes elementos do habitat, e a floresta, o que vai permitir uma maior compreensão dos leitores no que se refere à complexidade dos ecossistemas terrestres.

Fatores de formação do solo

Solo é uma mistura de substâncias minerais resultantes da decomposição da rocha matriz pelos fatores físicos e químicos, e de matéria orgânica produzida pela decomposição dos resíduos vegetais e animais, tornando-se no elemento que melhor representa a complexidade dos ecossistemas. A formação do solo ocorre através da influência dos fatores ambientais que auxiliam na intemperização, quais sejam: o clima, os organismos vivos, o material de origem, o relevo e o tempo. Todos esses elementos atuando de forma integrada sobre o material depositado vão fragmentando-o até dimensões de grão e pó.

Clima

Geralmente considera-se o clima como o elemento mais importante na formação do solo, afetando diretamente o intemperismo pela ação da temperatura, umidade e pressão atmosférica, acelerando o ritmo dos processos físicos e químicos de decomposição da rocha matriz.

A temperatura e a precipitação exercem profunda influência sobre os ritmos dos processos físicos e químicos que regulam a atividade de formação e desenvolvimento dos perfis do solo. As

variações bruscas de temperatura que causam superaquecimento durante o dia e resfriamento à noite atuam fortemente na intemperização, desempenhando papel importante para fraturar a rocha e diminuir o tamanho de seus fragmentos.

O intemperismo químico é altamente influenciado pela temperatura. Para cada 10o C de absorção térmica duplica o ritmo das reações químicas na formação do solo. Outro elemento importante no intemperismo é a água da chuva que carrega dióxido de carbono da atmosfera, afetando os carbonatos de cálcio e de magnésio, atingindo também os feldspatos e as micas que são constituídas principalmente por silicatos de alumínio, os quais contêm cations de sódio, potássio, cálcio, magnésio e de ferro.

Estes minerais são hidrolizados pela solução ácida, produzindo minerais argilosos e liberando íons metálicos. O clima também exerce efeitos indiretos sobre a distribuição das plantas, microfauna e fauna associada.

Organismos vivos

A micro e a macrofauna existentes na camada superior da superfície terrestre, constituídas principalmente pelas bactérias, fungos, algas, insetos, minhocas e outros são os elementos vivos que iniciam a chamada fase orgânica do solo, sendo responsáveis pela deposição dos resíduos que auxiliam no surgimento das plantas (Figura 2).

O acúmulo de matéria orgânica, a mesclagem dos perfis, a ciclagem dos nutrientes e a estabilidade estrutural são viabilizados pela presença de microorganismos no solo. Ainda o nitrogênio é adicionado ao solo pelos microorganismos na forma isolada ou em associação com os vegetais. Os elementos minerais presentes nas folhas, ramos e troncos dos vegetais exercem influência importante sobre os solos.

Material de origem

O solo formado sobre a superfície do globo terrestre provém de diferentes tipos de rochas:

Rochas ígneas ou magmáticas

São as rochas, cuja consolidação tem origem em material vulcânico de profundidade expressiva, rochas plutônicas, ou na superfície, rochas extrusivas como o granito, basalto, quartzo e outras. No entanto, deve-se salientar que nem sempre essas rochas são encontradas próximas a vulcões, uma vez que elas podem ser deslocadas pela erosão e transportadas para outras regiões, podendo-se encontrar basalto intercalado com rochas sedimentares.

As rochas ígneas apresentam altos teores de minerais ferroso-magnesianos, inclusive o diabásio, responsável pela formação da terra roxa ou latossolo roxo. Essas rochas apresentam qualidades diferentes em função de sua estrutura e composição mineralógica, podendo ser ácidas ou básicas. O conteúdo de elementos nutritivos pode ser avaliado pela cor, sendo que as rochas escuras possuem maiores quantidades de nutrientes que as claras.

As rochas claras tem origem no quartzo, feldspato branco, muscovitas que são ricas em óxidos de silício (SiO₂) enquanto as rochas escuras são ricas em biotita, augita, hornblenda, olivina que são ricas em ferro, manganês e magnésio.



Acima, algumas das Rochas Ígneas ou Magmáticas. Da esquerda para direita: Augita, Feldspato, Basalto, Manganês, Granito.
Fonte: Departamento de Geociências - UFSM

Rochas metamórficas



Este tipo resulta da transformação das rochas ígneas e/ou sedimentares, as quais pela ação do calor e pressão sofrem mudanças na sua constituição física como forma, estrutura, cor e composição mineralógica.



Essas transformações são causadas por vários fatores, tais como: ação do calor, agentes físicos e as reações químicas que alteram a composição destes minerais.

A origem dessas rochas, pela transformação que sofrem, em muitos casos, podem não ser reconhecidas, diminuindo a qualidade do solo com o aumento da metamorfose. As rochas metamórficas mais comuns são os gnaisses, quartzitos, micaxistos, filitos, anfibolitos e mármore, sendo os gnaisses os mais importantes em termos florestais, por formarem solos ácidos e com alto teor de argila grossa.



À esquerda, algumas das Rochas Metamórficas. De cima para baixo: Mármore, Quartzito e Gnaisse. Fonte: Departamento de Geociências - UFSM

Rochas sedimentares

Estas originam-se pela deposição dos sedimentos, ou seja, do material alterado de outras rochas. Os processos de formação desse tipo de rocha ocorrem através:

- do intemperismo físico e químico das rochas preexistentes;
- do transporte dos produtos intemperizados pela água, vento, geleiras ou gravidade;
- da deposição em bacias de sedimentação;
- da transformação dos sedimentos de rochas.

Os sedimentos solidificados são sempre mais pobres em nutrientes que o seu material de origem. Sua qualidade depende da granulação e da sua composição mineral ou orgânica, do grau de solidificação e do meio de ligação, os quais podem ser cálcio, magnésio, ferro ou hidróxido de ferro, alumínio ou quartzo, independente de o sedimento ser de origem aluvial ou coluvial. As rochas sedimentares podem ser constituídas pelos mais variados tipos de materiais. Desta maneira elas podem ser formadas por cimentação dos produtos alterados, não apresentando composição definida, isto porque o material carregado pela água pode estar em várias formas: solubilizado como acontece com os sais minerais ou em suspensão no caso de argila e partículas menores.

No caso dos seixos, o transporte acontece por rolamento no leito das correntes de água. A deposição desse material transportado ocorre em camadas horizontais paralelas à superfície do

local onde se acumulam, de modo que as camadas mais profundas são as mais velhas. As rochas sedimentares são representadas pelos arenitos, argilitos, calcários, dolomitos e fosforitos.



*Algumas das Rochas Sedimentares: Da esquerda para a direita: Calcário, Arenito e Argilito.
Fonte: Departamento de Geociências – UFSM*

Relevo

O termo relevo refere-se às formas do terreno que compõem a paisagem e a sua ação reflete diretamente na dinâmica da água, tanto no sentido vertical, infiltração, como lateral através do escoamento da água das chuvas e da drenagem do solo.

O relevo pode ter influência profunda sobre o desenvolvimento do solo, superando em alguns casos o próprio clima. O relevo afeta o desenvolvimento, sobretudo através da lixiviação, da erosão e da cobertura vegetal.

O relevo interfere na formação do solo e modifica o perfil através dos seguintes processos:

- na absorção e retenção da água da precipitação;
- no grau de remoção de partículas do solo pela erosão;
- na movimentação de materiais em suspensão ou em solução para outras áreas.

A variação do relevo origina uma seqüência de perfis geneticamente ligados entre si, mas diferenciados por características morfológicas.

Os solos formados nas partes altas do terreno diferem dos de encostas e baixadas. Em função da topografia os solos podem apresentar as seguintes denominações:

a) Solos Eluviais: São definidos como os que mantêm estreita correlação com o material de origem, não são influenciados pelo transporte de partículas minerais de regiões próximas e estão sujeitos a influências das características mineralógicas, físicas e químicas da rocha matriz.

b) Solos Coluviais: São aqueles geralmente encontrados em locais declivosos. Estes resultam da mistura de fragmentos minerais de rochas de camada mais profundas e também são enriquecidos por partículas transportadas de locais mais elevados e que podem ter origem de material rochoso diferente.

c) Solos Aluviais: Os materiais que entram na constituição desses solos originam-se da acumulação gradativa dos resíduos minerais provenientes de regiões próximas, ou seja, daquelas dentro da bacia hidrográfica.



Figura 4 . Aspecto do relevo dos três Estados do Sul do Brasil Fonte: SOUZA CRUZ

O relevo exerce ação indireta sobre o clima através da incidência diferenciada da radiação solar; do decréscimo da temperatura com o aumento das altitudes; da distribuição da energia em função da exposição e da ação dos ventos, tendo também influência sobre os seres vivos especialmente da vegetação que se expressa de acordo com o solo. Na Figura 4, observa-se o aspecto do relevo dos três Estados do Sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná).

Tempo

O período de tempo necessário para que um solo desenvolva-se e alcance seu equilíbrio com o meio depende da rocha matriz que lhe deu origem, das condições do clima, dos organismos vivos e da topografia.

O tempo é o fator de formação do solo que define o quanto a ação do clima e dos organismos vivos atuam sobre a rocha matriz em um determinado tipo de relevo.

Dos fatores de formação do solo, o tempo é o mais passivo, porque não adiciona, não exporta material, não gera energia que possa acelerar o intemperismo físico ou químico necessário para a formação do solo. Contudo, o sistema solo não é estático, variando, com o passar do tempo e ao longo de sua formação, suas transformações, transporte, adições e perdas.

Intemperismo

As rochas, o ponto de partida do intemperismo originário, dividem-se, de início, em fragmentos menores e eventualmente nos minerais que os compõem. O intemperismo pode ser físico ou químico, e sua velocidade varia conforme as regiões da terra.. Os fatores ligados ao intemperismo nas diferentes zonas climáticas da terra são a temperatura e a precipitação.

Intemperismo físico

O intemperismo físico desempenha papel importante durante as primeiras etapas de desenvolvimento do solo, atuando sobre a degradação do material de origem. Nas áreas glaciais os solos são formados lentamente, transportados e depositados principalmente pela água oriunda do degelo.

Os materiais rochosos que se encontram na superfície do solo sofrem influência do clima (temperatura, gradiente de aquecimento e resfriamento) que ocasionam tensões laterais resultando na fragmentação da rocha.

A superfície do solo está sujeita à ação da erosão e sedimentação através do poder abrasivo das partículas de areia, e do poder erosivo dos sedimentos.

O intemperismo do solo também é influenciado pela ação dos vegetais, principalmente através da pressões exercidas pelas raízes durante o desenvolvimento do vegetal.



Aspectos de sistemas radiculares exercendo pressões no solo.

Intemperismo químico

No processo de formação do solo as alterações químicas são de maior importância que os fatores físicos, porque são as reações químicas que fornecem as condições de nutrição para os vegetais. Os principais agentes do intemperismo químico são a água, o oxigênio e o gás carbônico, os quais atuam isolados ou simultaneamente e determinam as modificações químicas nos constituintes mineralógicos das rochas.

A vegetação tem participação ativa nos processos de formação química do solo pela troca catiônica do material através do contato direto das raízes com a superfície coloidal do solo, além da participação nos estoques de nutrientes do sistema pela absorção dos cátions da solução do solo. Os elementos nutritivos retirados pelas raízes retornam ao ecossistema através dos resíduos, ou são exportados pela colheita ou pela retirada do material vegetal.

A temperatura influi diretamente sobre o intemperismo químico. Abaixo de 0°C praticamente não se verifica intemperização química das rochas. A maioria dos sais minerais, que absorvem calor quando dissolvidos, são mais solúveis em temperaturas mais elevadas. Algumas partes da rocha são mais facilmente intemperizadas do que outras, devido à maior facilidade do ataque químico ou à presença de minerais mais susceptíveis à alteração. Entre esses estão os que contêm ferro ou a presença de algum mineral, como a pirita que ao se decompor origina ácido sulfúrico (H_2SO_4) capaz de atacar mais rapidamente outros minerais.

Rochas ígneas sofrem uma ação muito lenta das intempéries principalmente nas regiões tropicais úmidas. A alteração química das rochas processa-se através da ação da água das chuvas que levam para o solo pequenas quantidades de CO_2 atmosférico. Esse gás, dissolvido em água, dá origem ao (H_2CO_3) ácido carbônico, impossível de ser isolado, mas capaz de dar origem a vários carbonatos derivados da alteração das rochas.

Os principais processos responsáveis pelo intemperismo químico das rochas são dissolução, hidrólise, hidratação, oxidação e redução, carbonatação, quelatização e formação de complexos.

Perfil do solo

Solo é a coleção de corpos naturais que ocupam parte da superfície terrestre e constituem o meio natural para o desenvolvimento das plantas terrestres. Os solos são dotados de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação integrada do clima e dos organismos, agindo sobre o material de origem, em condições de relevo durante certo período de tempo.

A estratificação em camadas ou horizontes ocasiona a formação de corpos naturais denominados solos em que cada um é caracterizado por determinada seqüência de horizontes. Tal seqüência é denominada *Perfil do Solo*.

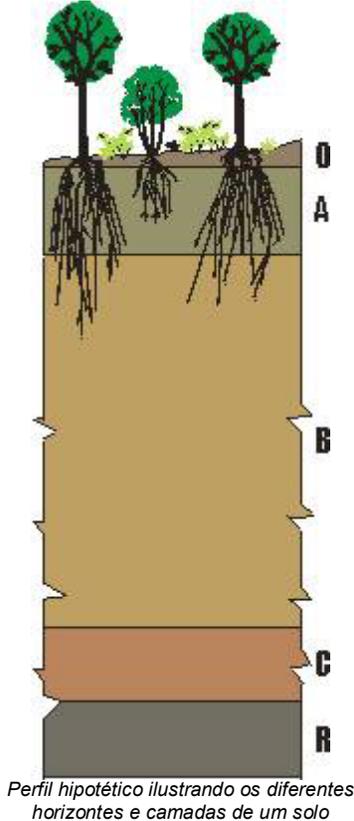


Perfis do solo sob diferentes tipos de florestas.

Perfil do Solo: O perfil do solo consiste em uma ou mais seções paralelas à superfície do terreno. Quando essas seções são individualizadas por atributos das ações dos processos pedogenéticos, denominam-se horizontes. As seções são denominadas camadas quando são pouco ou nada influenciadas pelos processos pedogenéticos.

Em nível de campo, os horizontes são identificados pela constatação de atributos morfológicos (prontamente perceptíveis) como: estrutura, textura, cor, consistência e cerosidade. Porém isso nem sempre é possível, tornando-se necessário obter informações de atributos físicos e químicos e/ou mineralógicos, mediante análises de laboratório.

Horizontes e camadas



A denominação de horizontes e camadas é feita por símbolos representados por letras e números. Esses símbolos convencionalmente informam a relação genética existentes entre horizontes no conjunto do perfil.

Os horizontes do solo são simbolizados pelas seguintes letras maiúsculas: O, A, B, C, e R.

"O" Horizonte ou camada superficial formada em condições de boa drenagem, constituída de material essencialmente vegetal, depositado na superfície do solo mineral. Resulta do acamamento de plantas e animais mortos. Ocorre via de regra, em áreas florestais e está ausente em geral nas regiões de pastagens.

"A" Horizonte mineral superficial ou subjacente ao horizonte ou camada O, de maior atividade biológica e incorporação de matéria orgânica bastante mineralizada, intimamente associada à matéria mineral. É o horizonte que está na superfície do solo e o de maior interesse nos preparos para cultivo. É a porção mais viva, de maior atividade da fauna e da flora macro e microbiológica responsáveis pela produção de matéria orgânica no próprio solo. Constitui a seção de maiores variações de temperatura, umidade e composição gasosa. Sua espessura é variada. Em latossolos com A húmico, pode atingir mais de 100 cm de profundidade. Na maioria dos solos brasileiros apresenta-se com menos de 50 cm.

"B" Horizonte mineral, subsuperficial, situado sob o horizonte A, originado por transformações relativamente acentuadas do material de origem. Neste horizonte as transformações manifestam-se por alteração e decomposição do material de origem, recebendo também argilas, óxidos de ferro e alumínio ou matéria orgânica de camadas superiores. Este horizonte encontra-se protegido das variações que ocorrem próximo à superfície, sendo menos vulnerável à ação humana. É reconhecido como o horizonte mais importante para a distinção de classes de solo da classificação em uso no Brasil, conhecido como Bt (textural).

"C" Horizonte ou camada mineral de material inconsolidado sob o solum (conjunto de horizontes A e B de um perfil de solo) relativamente pouco afetado pelos processos pedogenéticos, constituído do mesmo material originário que formou o solo. Compreende-se como horizonte C a camada de detritos da alteração inicial das rochas de origem - saprólito e rocha semiconsolidadas que, quando molhadas, podem ser cortadas

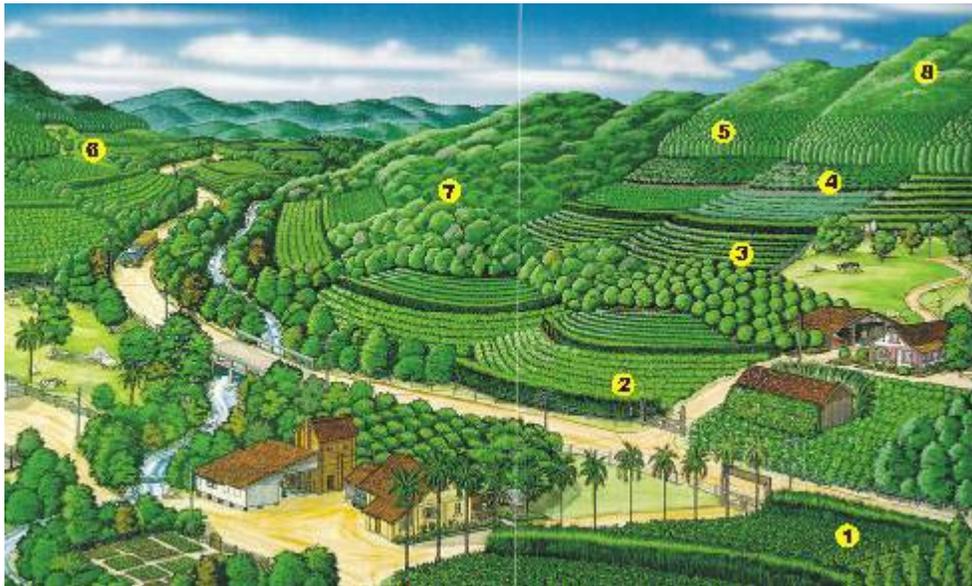
com uma pá de corte.

"R" Camada mineral de material consolidado que, em muitos solos, constitui o material rochoso, isto é, embasamento litológico coeso que, quando úmido, não pode ser cortado com uma pá de corte. É a rocha sã.

Capacidade de uso da terra

Em algumas situações, com a permanente atividade agrícola, ocorreu um processo contínuo de desmatamento, ou seja, a derrubada da mata nativa, a queimada, a atividade agrícola intensa, o uso maciço de agroquímicos, a falta de consciência do uso racional do solo, a formação de pastagens e posterior abandono da área. Com isso o solo foi totalmente exaurido, perdendo grande parte de sua capacidade de produção e ficando muito susceptível aos diversos tipos de degradação, caracterizando o mal uso das terras.

Segundo a capacidade de uso, a terra pode ser dividida em:



Classe 1: terras cultiváveis aparentemente sem problemas de conservação; são as áreas planas;

Classe 2: terras aptas para agricultura que exigem trabalho de conservação; são os terrenos pouco inclinados;

Classe 3: terras cultiváveis com grandes exigências de conservação; são terrenos inclinados;

Classe 4: terras muito inclinadas cultivadas apenas ocasionalmente, exigindo grande trabalho de conservação; são as encostas íngremes;

Classe 5: terras cultiváveis apenas em casos especiais e com culturas permanentes, as quais, uma vez estabelecidas, exigem pouco trabalho de conservação, como é o caso dos reflorestamentos ou pastagens;

Classe 6: terras de difícil cultivo devido à grande presença de pedras e ao relevo montanhoso;

Classe 7: terras onde as restrições para o cultivo anual são totais; são terras altamente susceptíveis à degradação pela erosão;

Classe 8: terras impróprias para culturas anuais, pastagens e reflorestamento, sendo utilizadas apenas para abrigo da fauna silvestre, preservação, recreação e armazenamento de água.

A floresta e a matéria orgânica

A matéria orgânica formada na superfície da terra corresponde a todas as substâncias vegetais e animais mortas que se acumulam no solo, sendo parte rapidamente decomposta, mineralizada, entrando em circulação imediatamente.

A deposição de matéria orgânica varia com as condições climáticas, aumentando das regiões frias para as regiões quentes e úmidas. Numa floresta, em média, sessenta a oitenta por cento do material depositado é constituído de folhas, e o resto compõe-se de frutos, ramos, cascas etc.



Da esquerda para direita: Serapilheiras de Pinus spp, mata de araucária e de floresta nativa.

A serapilheira é a característica mais distintiva de um solo florestal e contribui consideravelmente para as suas propriedades físicas e químicas. A camada de matéria orgânica em decomposição que se encontra sobre a superfície do solo mineral, com sua microflora característica e com sua fauna constituem a dinâmica do ambiente florestal e representa o critério mais importante na distinção entre solos ocupados com florestas ou com culturas agrícolas. Grande parte dos restos vegetais e animais juntando-se com os produtos de excreção, misturam-se gradualmente com o solo mineral e, em interação com as partes subterrâneas das plantas, formam a fração orgânica do solo.

A camada de serapilheira da superfície constitui-se numa fornecedora permanente de alimentos para a microflora e fauna, através da queda constante de resíduos das árvores, sendo também uma fonte relevante de nutrientes como nitrogênio, fósforo e enxofre para as plantas superiores. A retirada da serapilheira das florestas ocasiona uma degradação do terreno e uma sensível diminuição de fertilidade do solo, além de deixar a superfície mais susceptível aos impactos das gotas de chuva, da erosão e da diminuição de infiltração.



Serapilheira como meio de infiltração de água no solo

A quantidade de serapilheira numa floresta depende do grau de decomposição e dos detritos vegetais e animais existentes. A acumulação de material orgânico na superfície dos solos florestais é função da quantidade de material que se acumula, menos a taxa de decomposição. Muitos são os fatores ambientais que afetam a taxa de decomposição, sendo essa determinada pela natureza química e física dos tecidos, pelas condições de aeração, temperatura e umidade da manta, assim como dos tipos e quantidades de microflora e fauna existente.

O ritmo de decomposição da manta orgânica pode ser muito rápido, variando de um a três anos em climas temperados e frios e até alguns meses nas regiões tropicais, considerando que a queda dos resíduos é muito uniforme entre as espécies que crescem em condições de climas similares.

O processo de decomposição inicia antes mesmo dos resíduos vegetais se incorporarem à serapilheira, uma vez que a exudação das folhas possibilita a invasão de patógenos mesmo antes da sua queda, a qual é seguida do ataque de fungos tão logo chegue à superfície do solo. Nas primeiras etapas de decomposição da manta florestal ocorre a presença de uma grande população microbiana, porém aparentemente inativa, não aparecendo muito a desintegração dos resíduos, porque estes microorganismos, sem uma fragmentação inicial, causam pouco efeito na decomposição. Por isso a presença de minhocas, roedores, artrópodos, ácaros e crustáceos é muito importante para a fragmentação dos resíduos, pois sem essa dificilmente ocorrerá a decomposição.

Os detritos florestais podem ser classificados de acordo com a facilidade de decomposição:

de fácil decomposição - folhas e raízes finas de leguminosas;

de difícil decomposição - madeiras, acículas e cascas de *Pinus* spp.

Ainda com relação à velocidade de decomposição, as folhas das diferentes espécies florestais podem ser agrupados em:

rápida - folhas de Timbaúva, Angico e Acácia;

boa - folhas de Canelas, Mata-olho, Açoita-cavalo, Louro, Caroba e Cabreúva;

média - folhas de Araucária, Laranjeira do mato, Cedro, Mirtáceas e Eucalipto;

lenta - acículas de *Pinus* spp.

A mistura de matéria orgânica parcialmente decomposta, células microbianas e partículas do solo com todas as características constituem o húmus e formam as camadas superiores do solo. Parte desse húmus é mineralizado, isto é, transformado em elementos nutritivos disponíveis para as plantas, enquanto parte sofre uma humificação, transformando-se em substâncias próprias do solo a partir de um estágio adiantado de decomposição, formando assim substâncias orgânicas de diferentes graus de solubilidade. Esses compostos são transformados rápido ou lentamente, conforme o ambiente, influenciando no próprio ambiente como conservadores ou destruidores da estrutura e qualidade do solo. O húmus na superfície do solo é muito importante, porque, além de fornecer nutrientes para a mineralização, melhora as condições físicas e químicas do solo, conserva e mobiliza os nutrientes quando a serapilheira ainda não estiver decomposta.

Tipos de húmus

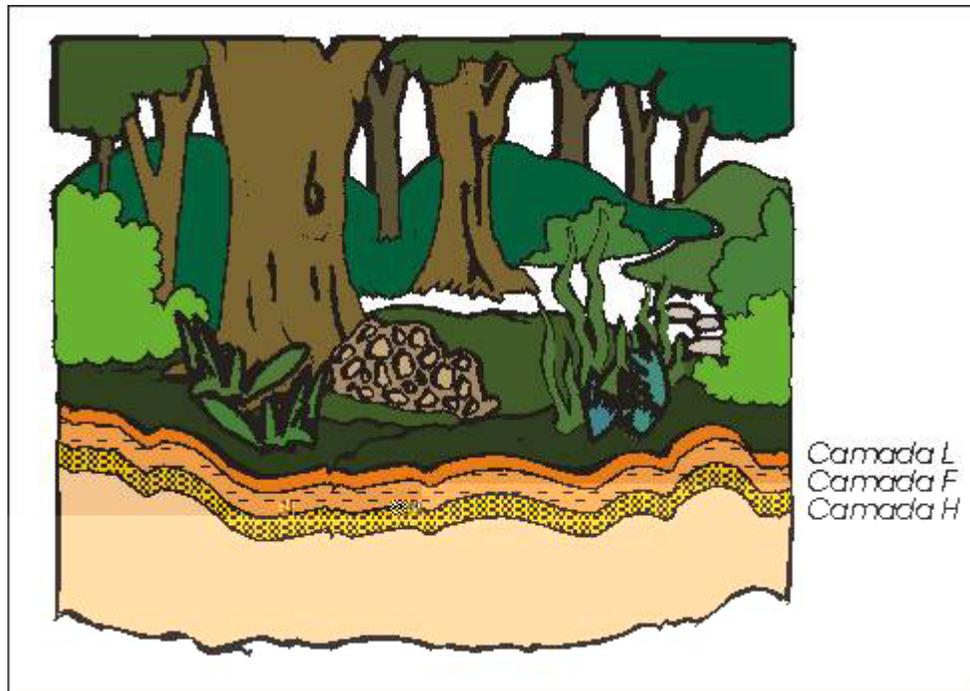
A formação de húmus nas florestas é descrito de acordo com a ação dos organismos característicos de cada ecossistema. Nos sítios os resíduos vegetais são ingeridos e passam pelo intestino dos seres vivos, onde sofrem uma transformação completa, formando um tipo especial de húmus. Quando a transformação pelos organismos não for tão perfeita, resulta em outro tipo de húmus.

De maneira geral, húmus é todo material orgânico que se deposita sobre a parte mineral da superfície e que ainda não se misturou com o solo. A camada de material orgânico que se encontra acima da superfície do solo é denominada de ecto-húmus e é constituída por três camadas:

A - Camada L - Composta por matéria orgânica sem sinais de decomposição; é a camada superior da manta e pode ser perfeitamente identificada a sua origem.

B - Camada F - Corresponde ao material em decomposição. Ainda é possível reconhecer o material de origem, podendo-se observar, em alguns casos, a presença de micélios de fungos.

C - Camada H - Representa o material decomposto; encontra-se misturado com as partículas de solo, não podendo ser reconhecida a sua origem macroscopicamente, ou a olho nu.



A matéria orgânica encontrada dentro do solo que representa o material humificado do horizonte constitui o endo-húmus e pode ser encontrada em duas formas:

- Humificação do solo - as partículas da matéria orgânica são incorporadas ao solo e a humificação se processa dentro do horizonte mineral, ocorrendo uma ligação do material orgânico com as partículas de solo.
- Humificação da manta - nesse tipo de humificação a matéria orgânica se decompõe sem o contato direto com as partículas do solo. O produto dessa decomposição é transportado para dentro do horizonte através da água.

Nas florestas em geral encontram-se basicamente três tipos de húmus:

Húmus tipo mull

Este é o húmus comum dos climas quentes e úmidos especialmente nos trópicos, como é o caso da região amazônica e, subtropicais, com grande presença de seres vivos.

O horizonte A é escuro pela presença do húmus, o que constitui uma estrutura fofa e grumosa. Devido à mineralização rápida, a acumulação de húmus é pequena. Nestas condições, a destruição da matéria orgânica é feita principalmente pelos lumbricóides.

Húmus tipo moder

O húmus tipo moder é comum no sul do Brasil, como na região dos Campos de Cima da Serra - RS, principalmente, nas partes mais altas do relevo, apresentando as camadas L, F e H bem

características. A espessura da manta geralmente não passa de três centímetros. Neste tipo de húmus a destruição da matéria orgânica é feita principalmente pelos fungos e bactérias.

Húmus tipo mor

Neste tipo de húmus encontram-se as três camadas da manta, porém a camada H é muito fina enquanto a camada L é de grande espessura, chegando até vinte centímetros. Nos terrenos inclinados pode ocorrer escoamento superficial sobre a manta por essa encontrar-se muito compactada. Esse tipo de húmus dificilmente ocorre nas regiões tropicais e subtropicais, a não ser em casos especiais como em floresta de *Pinus* spp degradada.

Os organismos do solo em um ecossistema

A presença de inúmeras espécies de animais como mamíferos, répteis, batráquios, aves e insetos constitui a macrofauna dos ecossistemas florestais. Os dejetos do metabolismo de todos esses gêneros, somados aos seus cadáveres e associados aos fragmentos e destroços dos vegetais, formam a camada de detritos da superfície fonte de alimentação para os microorganismos existentes nos ecossistemas.

Os organismos encontrados nos solos florestais são muito semelhantes aos encontrados em outros solos, porém em quantidades muitas vezes superiores, devido à presença de espessa camada de serapilheira, a qual estimula a proliferação da microfauna que tem a complexa função de desintegrar os resíduos, disponibilizando os nutrientes para o crescimento das árvores.

Ao nível do solo e no interior da manta florestal existe uma enorme quantidade de seres como coleópteros, miriápodes, formigas, nematóides, colêmbolos, ácaros, protozoários, diversos tipos de larvas e um grande número de organismos minúsculos que não são percebidos a olho nu.



A ação dos microorganismos está diretamente relacionada com as condições ambientais e com a disponibilidade de detritos orgânicos existentes no ambiente.

A fauna do solo, de acordo com o tamanho dos animais, pode ser classificada em:

Microfauna - animais com menos de 0,2 mm de comprimento;

Mesofauna - animais com dimensões entre 0,2 a 20 mm de comprimento;

Macrofauna - animais entre 20 a 80 mm de comprimento;

Megafauna - animais de dimensão acima de 80 mm.

Em um metro quadrado de solo sob pastagem, até 30 cm de profundidade, vivem um grande número de animais.

O desenvolvimento e a proliferação da fauna do solo depende das características do mesmo e dos fatores ambientais como umidade, temperatura, ventilação, acidez, luminosidade e disponibilidade de nutrientes. Esses mesmos fatores determinam a distribuição dos microorganismos no solo, os quais, geralmente, encontram as condições favoráveis junto à manta e no primeiro horizonte do perfil, onde existem grandes concentrações de matéria orgânica. Por outro lado, a microfauna distribui-se ao longo do perfil do solo, onde cada tipo ocupa seu espaço determinado e exerce sua atividade característica.

A ação dos microorganismos está diretamente relacionada com as condições ambientais e com a disponibilidade de detritos orgânicos existentes no ambiente. A microfauna é a principal responsável pela decomposição dos restos animais e vegetais encontrados na cobertura morta da superfície do solo, a partir da qual recomeça a mineralização dos elementos nutritivos e a ciclagem dos nutrientes.

Os microorganismos do solo

Nos solos florestais, dentre outros, são encontrados quatro grupos principais de microorganismos, quais sejam, as bactérias, os actinomicetos, os fungos e as algas.

Bactérias

As bactérias, embora de dimensões muito pequenas, são fundamentais para os ecossistemas florestais, devido ao seu grande número e por realizarem a maior parte das trocas biológicas e químicas dos ambientes. Em um ecossistema florestal pode-se classificar as bactérias em três grandes grupos:

aeróbias - aquelas que vivem somente na presença de oxigênio;

anaeróbias - são as formas que crescem na ausência do oxigênio;

anaeróbias facultativas - são as bactérias que podem desenvolver-se tanto na ausência como na presença de oxigênio.

As bactérias são importantes porque, através da simbiose que realizam com os vegetais, principalmente as leguminosas, fixam o nitrogênio do ar, disponibilizando-o para as plantas. O exemplo mais comum dessa interação ocorre entre as bactérias do gênero *Rhizobium* e as espécies florestais pertencentes às famílias das leguminosas, como: bracatinga, acácia negra e angico.

Actinomicetos



Os actinomicetos são organismos heterotróficos que constituem a transição morfológica entre as bactérias e os fungos. São elementos unicelulares e, depois das bactérias, os mais numerosos no solo. Geralmente são aeróbios e bastante comuns nas regiões quentes e secas, apresentando menor importância na decomposição da celulose e dos solos florestais quando comparados com as áreas de agricultura e pecuária.

Fungos



Entre os microorganismos do solo destacam-se os fungos como os principais agentes decompositores da matéria orgânica da serapilheira. Esses organismos são muito ativos na fase da decomposição da madeira e dos demais resíduos vegetais, participando diretamente na formação dos diferentes tipos de húmus e contribuindo eficazmente na ciclagem dos nutrientes e na estabilidade dos agregados do solo.

Até o presente momento já foram identificados, na natureza, mais de 690 espécies de fungos representados por 170 gêneros.

Alguns tipos de fungos são predadores da fauna do solo, como os protozoários e nematóides, contribuindo para o equilíbrio microbiológico do solo. Os fungos formam, com as raízes das árvores, associações simbióticas chamadas micorrizas que aumentam a área de absorção do sistema radicular das árvores. O desenvolvimento de raízes micorrízicas incrementa consideravelmente a superfície de absorção pela presença das hifas dos fungos, aumentando o contato com o solo e com os elementos nutritivos disponíveis.

Os gêneros *Rhizoctonia*, *Pythium* e *Phytophthora* são parasitas e produzem enfermidades, principalmente em viveiros florestais. Enquanto os gêneros *Fusarium* podem causar apodrecimento nas raízes das plantas de maior idade. Também as árvores mais velhas podem sofrer ataques, nas suas raízes, de fungos do gênero *Fomes*, *Armillária*, *Verticillium* e *Phymatotrichum*, os quais causam apodrecimento das raízes.

Algas



As algas também constituem uma grande colônia de microorganismos do solo, dividindo-se em verdes, azuis, amarelas e as diatomáceas que são em forma de bastão.

Esses microorganismos são encontrados principalmente em solos férteis, ricos em fósforo e nitrogênio disponíveis, tendendo a serem raros nos solos arenosos e ácidos. Podem, no entanto, desenvolver-se em locais áridos e arenosos,

principalmente as algas azuis.

As algas contribuem na solubilização dos minerais do solo, auxiliando e acelerando a intemperização. As algas azuis podem assimilar o nitrogênio do ar, proporcionando um aumento do mesmo em determinados sítios. Como essas algas não dependem da matéria orgânica, como fonte de energia, são os primeiros colonizadores das regiões áridas e arenosas, preparando o ambiente para a instalação dos vegetais.

Da associação simbiótica entre as algas e os fungos surgem os líquens, que são os primeiros seres vivos a instalar-se sob o solo mineral exposto, iniciando a formação de matéria orgânica para a sucessão das demais formas de vida, inclusive das florestas.

Os macroorganismos do solo

Enquanto os microorganismos exercem ação basicamente química, os macroorganismos atuam tanto física quanto quimicamente sobre os elementos orgânicos depositados na superfície dos solos florestais. A importância desses organismos em relação à qualidade do solo é inversamente proporcional ao seu tamanho, enquanto os efeitos negativos, provocados pelos grandes animais, são mínimos. A quantidade de animais existentes em um ecossistema depende de fatores como clima, vegetação tamanho da área coberta, alimentação disponível, umidade e luz.

A macrofauna tem grande influência nos habitats florestais, porque interferem na dinâmica do solo, transportando partículas, construindo galerias, destruindo a serapilheira, triturando a celulose e, como consequência, melhorando a estrutura do solo. A macrofauna é constituída por animais de maior tamanho, multicelulares encontrados nos ecossistemas florestais que influenciam na fertilidade do solo através dos dejetos e das carcaças depositadas, as quais têm efeito direto na disponibilização e mineralização dos nutrientes.

Dentre os principais macroorganismos do solo, encontrados nos ambientes florestais, destacam-se:

Artrópodes



Os artrópodes agrupam o maior número de espécies dentro do reino animal, caracterizando-se por possuírem esqueleto externo rígido e as extremidades do corpo articuladas. Os representantes mais comuns e conhecidos entre os artrópodos são as formigas, as abelhas, os cupins, as aranhas, as moscas, os camões, os ácaros, as centopéias, as libélulas, os gafanhotos, os besouros, os mosquitos, as vespas, as baratas, as cigarras, as borboletas, os grilos, os carrapatos e os marimbondos.

Anelídeos



Os anelídeos constituem-se no grupo de animais que possuem maior ação na estruturação dos solos em geral. Esses ingerem uma mistura de terra e detritos orgânicos, liberando um grande número de excrementos criando um meio ideal para as atividades dos microorganismos, acelerando a formação de materiais húmicos, benéficos para a estrutura física, fertilidade e arejamento do solo. O material trabalhado por este tipo de animal forma uma mistura complexa de argila e colóides orgânicos, resultado da total digestão e transformação dos resíduos vegetais ingeridos. Devido à grande movimentação desses macroorganismos nas camadas superficiais, os detritos misturam-se com o solo conferindo-lhe uma cor escura.

Em solos com alta população de anelídeos, 30.000 indivíduos por hectare, a passagem de resíduos pelo aparelho digestivo dos mesmos chega a trinta toneladas por hectare por ano.

Nos ecossistemas florestais a concentração dos anelídeos varia de acordo com os fatores climáticos e de solo, sendo mais abundante na primavera, devido à maior concentração de resíduos oriundos da queda do material da copa das árvores.

As minhocas representam a grande maioria dos anelídeos encontrados nos solos florestais. Esses animais desenvolvem suas atividades metabólicas e reprodutivas em temperatura variando entre 10 e 20°C, associada a um teor de umidade variando entre 50% a 60% da capacidade de campo dos solos nos ecossistemas.

Moluscos



A maioria dos animais pertencentes a esse filum encontram-se no mar. No entanto, existem espécies terrestres que têm importância na interação do solo com a floresta. Os caracóis e as lesmas são os moluscos terrestres mais comuns, encontrados em ambientes úmidos e sombreados. Os moluscos alimentam-se normalmente de folhas, podendo também suprir-se de algas e líquens encontrados na superfície das árvores e de madeiras em adiantado estado de apodrecimento.

Pela ação de decomposição dos restos vegetais que passam pelo intestino dos moluscos, seus excrementos são importantes na formação dos agregados do solo, auxiliando diretamente na estruturação, porosidade, aeração e fertilidade dos solos que abrigam esta espécie de macroorganismos.

Nematelmintes

Os Nematelmintes são macroorganismos encontrados em todas as regiões da terra, no solo, na água doce e também na água salgada, encontrando-se vários milhões de indivíduos por hectare. Entre os nematelmintes, os nematóides destacam-se como os mais importantes. São animais pequenos, transparentes e filiformes. Alimentam-se de bactérias, fungos, algas, minhocas e plantas superiores, principalmente do sistema radicular dos vegetais.

Como os nematóides alimentam-se de protoplasma, sua atividade afeta os demais organismos do solo já que seu alimento provém inteiramente da microflora, dos microorganismos e das plantas superiores.

Esses animais participam diretamente na decomposição da matéria orgânica que procede das plantas mortas, podendo afetar significativamente as propriedades físicas e químicas do solo.

O uso e a conservação do solo em florestas

Ao longo da história, o homem teve seu desenvolvimento alicerçado no aproveitamento dos recursos naturais e, dentre esses, as florestas foram e continuam sendo a grande reserva econômica do desenvolvimento da população. Mesmo quando o homem considerou-a como entrave para seu desenvolvimento, as árvores foram fontes de abrigo, alimentação e garantia de sobrevivência.

No entanto, a ação desordenada, através de um permanente processo de desenvolvimento, alterou a cobertura original das florestas, tornando-a deficiente em todas as suas regiões. No uso tradicional do solo para a agricultura, a floresta ocupa, ainda hoje, a tarefa insubstituível de reserva e regeneração. A garantia da manutenção permanente da produtividade dos solos nos ecossistemas está diretamente ligada às condições de preservação e ampliação das áreas com cobertura vegetal. A floresta vem oferecendo ao homem muitos elementos essenciais para a sua sobrevivência, entre eles, alimentos, combustíveis, material de construção e matéria prima para produtos industrializados.

O rápido crescimento nas últimas décadas exigiu um maior e mais intenso uso das florestas e de seus produtos, tornando-os escassos e pouco disponíveis no mercado, principalmente no que tange à qualidade. Essa crescente demanda está forçando um uso mais intensivo do solo com o objetivo de aumentar a disponibilidade de produtos de origem florestal e outros. No entanto, tem-se que considerar que o solo não é apenas um suporte físico para o crescimento das plantas e armazenamento de umidade e nutrientes. O solo é um sistema dinâmico que abriga uma multiplicidade de organismos com características e funções diferentes, os quais proporcionam o equilíbrio ambiental indispensável para o desenvolvimento de todos os seres vivos.

Dessa maneira, o grande desafio atual é recuperar estas áreas degradadas, tornando-as novamente produtivas e encontrar alternativas para evitar que este processo destrutivo ocorra em outros locais ainda cobertos por florestas, além de promover o ordenamento da produção para garantir um rendimento estável e contínuo nas propriedades, sem esquecer de preservar e ampliar as áreas com florestas.

Processo de degradação do solo



Retirando a vegetação, usando o fogo e cultivando a terra de maneira desordenada e sem muitos cuidados, criam-se condições especiais para que ocorra uma exposição total do solo à ação das chuvas e de outros fenômenos climáticos.

As gotas da chuva, aceleradas pela força da gravidade, liberam sua energia cinética ao chocar-se contra a superfície do solo. Esse impacto provoca o desprendimento das partículas que são arrastadas na superfície.

Esse fenômeno caracteriza o início do processo de perda do solo através da erosão, que é o arrastamento das partículas constituintes do solo pela ação da água em movimento, resultante da precipitação pluviométrica.

A presença da biomassa vegetal, em particular das árvores e de seus resíduos sobre a superfície, transformam-se no principal mecanismo para evitar a perda do solo.

Os principais fatores que contribuem para as perdas do solo são:

- O clima - dentre os elementos do clima que afetam a erosão destacam-se a precipitação, temperatura, ventos e umidade relativa do ar.
- O solo - a erosão está diretamente ligada à susceptibilidade dos solos e está relacionada com a textura, estrutura e a capacidade de infiltração de água.
- O relevo - esse influencia através das condições da superfície. A extensão das declividades aumenta a intensidade da erosão devido ao acúmulo de água e o aumento da velocidade do escoamento superficial.

A erosão dos solos

Origem da erosão

A erosão normal ou geológica é aquela causada pelos fenômenos naturais que agem permanentemente sobre a crosta terrestre, constituindo-se na ação niveladora da superfície da terra.

A erosão acelerada é originada pela ação do homem, através do processo intensivo de uso do solo. Ocorre quando são eliminados os elementos naturais de equilíbrio, sendo de grande importância devido à velocidade com que se estabelece.

Agentes causadores da erosão



Solo arenoso sob influência da ação dos ventos

A *erosão eólica* caracteriza-se pelo transporte das partículas do solo através do vento. Este tipo assume grande importância em regiões onde a vegetação é deficiente e não cobre a totalidade da superfície. Essa erosão é muito comum nas regiões secas, semi-áridas e litorâneas, onde a umidade relativa do ar é baixa e o solo, normalmente arenoso,

permite que a ação dos ventos transportem as partículas, formando grandes dunas.

No Rio Grande do Sul encontram-se grandes áreas, na região da fronteira oeste, onde este tipo de erosão é bastante intenso devido à origem do solo (Arenito Botucatu), podendo-se observar o grande arrastamento das suas partículas pela ação do vento.



Este vale em V, por onde corre o rio Yellowstone (Wyoming, EUA), constitui um perfeito exemplo da erosão por corrente fluvial. A água, durante milhares de anos, talhou as camadas de rocha vulcânica até a profundidade atual de 220 a 360 metros

A *erosão hídrica* é causada pela ação das águas das chuvas, transformando-se num processo complexo, ocorrendo em quatro etapas sequenciais:

- **Impacto** - as gotas da chuva, pelo choque sobre a terra, desprotegida, atuam compactando a superfície do solo, destruindo a estrutura, soltando as partículas as quais são colhidas e arrastadas pela água que escorre.

- **Desagregação** - as partículas do solo separam-se pela ação do impacto e salpicamento das gotas da água da chuva. Os poros do solo acabam obstruído, criando uma camada densa que reduz a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial.

- **Transporte** - o escoamento superficial carrega as partículas do solo desagregado para as partes mais baixas do terreno. Quanto maior a declividade, mais rápido escorre a água e maior será o volume de solo transportado, ocasionando a erosão.

- **Deposição** - Quando a água chega às partes baixas, deposita nos vales, represas, lagos, riachos e rios as partículas transportadas ocasionando o assorimento dos mesmos.

Intensidade da erosão



Laminar - esta forma de erosão é pouco visível porque ocorre em toda a superfície do terreno, desgastando-o de maneira uniforme. É pouco perceptível, porém de muita importância porque transporta a camada superficial do solo, onde se encontra a maioria dos nutrientes disponíveis para a planta.



Sulcos - é a forma adiantada da erosão, em que a perda do solo é visível a longas distâncias. Resulta na abertura de grandes sulcos no terreno, descendo em direção às partes mais baixas, carregando grande volume de partículas.



Vossorocas - caracteriza a parte final da erosão, resultando grandes danos aos proprietários rurais. São valas profundas que se formam através da intensificação da erosão em sulcos. São de difícil recuperação quando em estágio avançado.

A floresta e a proteção do solo

Atualmente a atividade florestal emprega várias medidas de proteção do solo, principalmente contra os efeitos e prejuízos causados pela erosão. Dentre essas destacam-se:



Evitar as queimadas - A prática de queimadas destrói os resíduos vegetais que protegem o solo contra a erosão, elimina também os organismos do solo, além de volatilizar grande parte dos nutrientes contidos nos restos vegetais que serão queimados.



Preparo de solo em nível - Esta é a principal prática de conservação do solo nos plantios florestais. Após a demarcação dos talhões, o preparo deverá ser feito em nível e as linhas de plantio deverão seguir a mesma orientação com a finalidade de interceptar as enxurradas, forçando a absorção da água pelo solo.



Plantio em faixas alternadas com a vegetação natural - Esta prática é de fundamental importância para a conservação do solo, da fauna e da flora. De preferência estas faixas devem ser estabelecidas em nível para aumentar a eficiência na interceptação da água. As faixas de vegetação natural que permanecem entre os plantios florestais são conhecidas também como corredores ecológicos. Essas funcionam como abrigo para os inimigos naturais das pragas que podem causar danos às florestas.



Plantios mistos - Caracteriza-se pelo plantio de diferentes espécies florestais na mesma área. Na escolha das espécies para comporem a floresta é importante considerar o desenvolvimento das partes aéreas e radicular para uma ocupação mais eficiente do solo com a finalidade de evitar as suas perdas.



Sistema de preparo do solo - No momento de preparar o solo para o plantio de espécies florestais, pode-se utilizar um conjunto de técnicas que, quando usado de maneira racional, contribui para a manutenção da produtividade. No entanto, a decisão pelo tipo de preparo a ser utilizado deve sempre ter a finalidade de conservar o solo e sua produtividade. Nas plantações florestais está sendo muito utilizado o preparo reduzido ou cultivo mínimo que consiste em preparar o terreno somente na linha de plantio das mudas.



Enriquecimento de florestas - Constitui-se na técnica de introduzir mudas de espécies florestais de qualidade superior em áreas de florestas degradadas, capoeiras e outros tipos de vegetação, com a finalidade de proteger o solo e melhorar a estrutura da floresta.



Sistema agrosilvopastoril - Caracteriza-se pela utilização integrada de uma determinada área por culturas agrícolas, animais e/ou pastagem e espécies florestais arranjadas de forma harmônica.

A floresta pela sua estrutura exerce função importante na conservação do solo e água. Seu sistema radicular associado à serapilheira atua absorvendo a água das chuvas, conduzindo-a para as camadas inferiores do solo através da porosidade que se forma pela presença das raízes e pela dinâmica dos organismos vivos do solo, até chegar ao lençol freático, a partir do qual ocorre um reabastecimento gradual dos cursos d'água.

Dessa maneira, a cobertura vegetal, especialmente as florestas, contribui de maneira decisiva na proteção dos solos, protegendo também as matas ciliares as quais são responsáveis pela manutenção da qualidade da água.

A manutenção da qualidade da água em microbacias agrícolas depende da presença da mata ciliar. Esse efeito benéfico é devido à absorção de nutrientes do escoamento subsuperficial pelo ecossistema ripário.

A floresta e os nutrientes do solo

Várias são as fontes de nutrição das plantas, sendo, em princípio, originados de dois grupos:

- a) os elementos oriundos da decomposição do material de origem do solo;
- b) os elementos contidos na matéria orgânica, acima e abaixo da superfície do solo.

Os elementos, uma vez liberados da fração mineral do solo, estão sujeitos à ação de lixiviação. É importante que todos os elementos disponíveis no habitat sejam incorporados à vegetação, a fim de diminuir a possibilidade de perdas. A lixiviação é responsável pela diminuição do potencial nutritivo de solos velhos e intemperizados.

Isso significa que, nas florestas tropicais e subtropicais com solos velhos como os da Amazônia, onde a decomposição dos minerais primários é mais ou menos completa, a nutrição das florestas depende quase que exclusivamente da circulação de nutrientes através das substâncias orgânicas. Nos ecossistemas formados por florestas naturais há um equilíbrio entre a decomposição de matéria orgânica e a retirada de nutrientes, já que não há extração por colheita nem maiores perdas por lixiviação ou erosão.

Fatores importantes, como aeração, economia de água (que por sua vez estão inter-relacionados com a nutrição), são os processos de reincorporação de nutrientes no ciclo que influem sobre a produção. Nas florestas naturais, o ciclo ocorre imperturbado, sendo uma circulação rápida de substâncias nutritivas, com um alargamento do ciclo, que possibilita também o crescimento de espécies com exigências maiores.

Mediante a colheita florestal (e a conseqüente retirada de nutrientes) logicamente alteram-se estas condições, e a produtividade no futuro, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, dependerá do grau de modificação da circulação de nutrientes.

Da quantidade de nutrientes retirados (N) anualmente do solo, uma parte volta ao chão em forma de detritos (ND), uma menor parte volta ao chão pela lixiviação (NL) e certa parte permanece incorporada na própria árvore (Ni) onde estão a curto prazo as frações ND e NL sujeitas à recirculação.

A longo prazo, toda ou parte da fração NI também entra no círculo, conforme o estado atual da floresta, intacta ou parcialmente explorada. A parte que entra na circulação (percentagem do total retirado pela árvore) varia com o elemento, a espécie e a sua idade. Então, quanto mais rápida a decomposição, melhor o efeito para o crescimento. Mineralização vagarosa priva a árvore de nutrientes (acumulação), diminuindo a quantidade de nutrientes disponíveis. Quando florestas são exploradas em idade muito jovens, (mini-rotações - 3 a 5 anos), ocorre uma perda relativamente maior de nutrientes, dependendo logicamente da intensidade da colheita, por exemplo: somente madeira do tronco, ou "colheita da árvore inteira".



Aspecto da camada de serapilheira não decomposta no interior de uma floresta de Pinus

Os nutrientes que retornam ao solo são novamente fonte de nutrição. A sua transformação/decomposição ou acumulação influi muito na continuidade de abastecimento. Camadas de manta espessa (por exemplo, Pinus no Brasil) são sinal de interrupção do ciclo nutritivo pois causa imobilização de nutrientes; conforme o tipo de solo isso até a médio prazo resulta em redução do crescimento.

A serapilheira compreende um reservatório apreciável de nutrientes. A devolução de nutrientes, através da queda do litter, representa a via mais importante do ciclo biogeoquímico, isto em solos desgastados e intemperizados, onde os vegetais são a principal fonte de nutrientes. Dependendo das características do solo e da espécie, as quantidades de nutrientes devolvidas via deposição do litter serão variadas.

Como regra geral, pode-se afirmar que a rapidez da decomposição (desconsiderando as influências do ambiente) da serapilheira aumenta, quanto maior for o teor em nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio. Partes jovens decompõem-se mais rapidamente do que partes velhas. O período de decomposição de acículas da maioria das coníferas é maior do que de folhas. As folhas da mesma espécie, procedentes de um ambiente com abastecimento bom de água e nutrientes, decompõem-se mais rapidamente do que as folhas de um ambiente com abastecimento deficiente.



A exploração da Bracatinga é feita pelo corte total da área, retirada da lenha e posterior queima dos resíduos.

A queima controlada da serapilheira que se encontra sobre o solo muitas vezes é recomendada e praticada em países de clima frio por vários motivos:

*como a facilidade de regeneração natural;

*para diminuir o perigo de incêndio florestal que há pela acumulação de grandes quantidades de material combustível, em forma de acículas, folhas, galhos e outros;

*muitas vezes se pratica a queima em regiões onde há um período de seca durante o qual aumenta o perigo de incêndio, consideravelmente.

Certos fogos controlados também visam facilitar a integração de animais domésticos num sistema agro-florestal, a fim de fornecer uma brotação nova e, conseqüentemente, mais terra. ex.: a tradicional queima de campos no RS.

Sem considerar as finalidades ou os eventuais benefícios que a queimada (diminuição do perigo de incêndio) possa trazer para os ecossistemas florestais, deve-se destacar os seguintes fatos:

- As raízes finas das árvores, em habitat com espessa camada de serapilheira, encontram-se na superfície, em contato direto com as substâncias em decomposição. A influência do calor prejudica severamente estas raízes finas.
- As substâncias orgânicas são queimadas, não transformadas e incorporadas biologicamente, faltando, então, o efeito benéfico secundário sobre a estrutura do solo.
- Plantas que podem melhorar o habitat e que são importantes para o solo e a nutrição do povoamento são mais sensíveis e serão eliminadas.
- O calor do fogo atinge os microorganismos do solo (agentes que transformam a matéria orgânica).
- As cinzas restantes da queima estão sujeitas à erosão eólica e hídrica bem como a lixiviação (sendo este item o mais importante) e o povoamento perde nutrientes.
- Há perda de nitrogênio por volatilização.
- A falta de camada de serapilheira pode facilitar a erosão, por deixar o solo desprotegido.

Empobrecimento pela colheita

A absorção anual de nutrientes pelas árvores é da mesma ordem da apresentada pelas culturas agrícolas, mas, como a maior parte dos nutrientes absorvidos são devolvidos para o piso florestal,

mediante a queda da serapilheira, quantidades relativamente pequenas são retiradas no acréscimo anual da biomassa arbórea.

Quando se realiza a colheita da biomassa florestal, quantidades menores de nutrientes são removidas para fora do sítio, em comparação com as culturas agrícolas.

Esses menores valores apresentados pelas espécies arbóreas se devem ao fato de que durante o período de desenvolvimento uma grande parte dos nutrientes é devolvida ao solo através da queda da serapilheira (ciclo biogeoquímico).

As quantidades de nutrientes exportados podem ser diminuídas ainda mais se forem adotadas práticas racionais de utilização da biomassa florestal. Dentre essas práticas, podem ser apontadas: utilização apenas da madeira do tronco até um diâmetro comercialmente aproveitável; descascamento da madeira no campo e permanência das folhas, ramos vivos e mortos, bem como das ponteiros sobre o solo, e eliminação da prática da queima.

Mediante a colheita da biomassa é que ocorrem as maiores perdas de nutrientes para fora dos ecossistemas florestais. A quantidade de nutrientes, exportados para fora do sítio, depende principalmente do componente da árvore a ser explorada, idade do corte do povoamento, das condições edáficas e da eficiência dos processos de ciclagem de nutrientes de cada uma das espécies.

Durante a colheita florestal, a quantidade de nutrientes removidos para fora do sítio não é proporcional à quantidade de biomassa, porque os diferentes componentes da árvore contêm diferentes concentrações de nutrientes.



A remoção de nutrientes para fora do sítio mediante a colheita da madeira sem casca está fortemente relacionada com a idade das árvores. Em povoamentos jovens a razão de alburno/cerne é maior que em povoamentos velhos. O alburno, constituído de tecidos mais jovens, geralmente possuem maior concentração de nutrientes que o cerne. Logo, através da colheita de florestas em idades jovens (minirrotações - 3 a 5 anos), ocorre uma grande exportação de nutrientes, principalmente o fósforo.

As perdas pela colheita da madeira podem ser repostas pelas adições de poeiras, precipitação, fixação biológica e inclusive a intemperização da rocha matriz. No entanto, a extração de grandes quantidades de madeira com casca resulta em perdas de nutrientes que devem ser repostas pela adubação química em quantidades suficientes, para que possa ser assegurada uma produção sustentada.

As possibilidades da ocupação das florestas, como é o caso da Amazônica, com fins de uma exploração agropecuária deveriam ser encaradas também do ponto de vista do seu potencial de fertilidade.

Pesquisas dos ecossistemas florestais amazônicos, feitas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, de Manaus, demonstraram o problema da baixa fertilidade nitidamente.

Os trabalhos realizados resultaram em dados alarmantes, pois a maior parte dos nutrientes estão contidos na biomassa (bioacumulação).

Tais solos logicamente não terão possibilidade de recuperação se a biomassa e a serapilheira forem queimadas e ficarem sujeitas à erosão e à lixiviação. A recuperação a médio e longo prazos somente poderia ocorrer a partir da inclusão na circulação de nutrientes oriundos da fração trocável do solo (que praticamente não existe), ou a partir da intemperização da rocha matriz. Esta, porém, não possui importância, pois, devido à profundidade dos solos, ela se encontra fora do alcance das raízes da vegetação.

Conclusão

Para garantir a sustentabilidade de qualquer sistema de produção é necessário observar três elementos fundamentais: a produtividade dos fatores primários de produção, medida em quantidade e qualidade dos produtos; a preservação dos recursos naturais afetados direta ou indiretamente pelo sistema de produção; a minimização dos impactos ambientais, considerando que todas as atividades de produção causam desvios no equilíbrio natural e ecológico. Diante dessa realidade, o solo ocupa um lugar de destaque como principal fator de produção, uma vez que desempenha função primordial no atendimento das necessidades alimentares de todos os seres vivos, principalmente do homem. Dessa maneira, o solo significa para o produtor muito mais que um meio ambiental para produzir alimentos; transforma-se em apoio para todas as suas atividades, assumindo fundamental importância no âmbito social. Por isso, a conservação e a utilização inteligente do solo hoje será a garantia de boas colheitas futuras, quando a fertilidade ainda será indispensável para a continuidade da produção.

Neste contexto, a floresta participa de maneira decisiva na formação, melhoria e manutenção do solo. Isso acontece no grande mundo dos ecossistemas, onde as raízes das árvores, através da evolução dos processos fisiológicos, retiram do solo e da atmosfera os nutrientes essenciais para o seu desenvolvimento, promovem a circulação através dos tecidos, devolvendo-os pela deposição de suas folhas, frutos, cascas e ramos que, pela ação dos microorganismos, são decompostos, mineralizados e incorporados novamente no ecossistema, completando o ciclo.

Por essas razões, deve-se considerar que uma floresta nativa, ou mesmo plantada em um determinado sítio, representa o resultado de muitos anos de evolução. Os benefícios diretos ou materiais que estas florestas podem oferecer são de vital importância, pois estão representados pela madeira e por seus subprodutos, elementos que interessam de imediato para um grande número de atividades de origem madeireira e que pode trazer grandes lucros para os envolvidos. No entanto, o cidadão sensato não deve esquecer que os benefícios indiretos, imateriais ou sociais que estas florestas oferecem à população também têm grande valor que, embora difícil de ser dimensionado, representa importantes garantias de qualidade de vida para a população em geral. Esses benefícios sociais estão representados pelos efeitos positivos que as florestas exercem no regime das águas (balanço hídrico, regularização e forma de escoamento, qualidade da água), sobre os ventos, na filtragem e purificação do ar, no conteúdo de O₂ e CO₂ na atmosfera na saúde humana e no solo.

Dessa maneira, a remoção da cobertura florestal de uma determinada área, com certeza, produzirá um determinado volume de madeira, porém pode causar transtornos e prejuízos para toda a comunidade, além de descaracterizar a propriedade, pelos efeitos negativos que provoca.

Assim, com o avanço da ciência florestal, tem-se conseguido uma maior consciência da população em relação a importância das florestas, à sua influência na vida silvestre, na proteção das bacias hidrográficas, na manutenção da fertilidade do solo e do meio ambiente em geral, despertando nos técnicos a consciência da necessidade do uso múltiplo das florestas, na busca da sustentabilidade da produção florestal.

No entanto, ainda é necessário compreender, com maior profundidade, as propriedades dos solos florestais e seu relacionamento com os sistemas de manejo utilizados para atuar corretamente nas propriedades, procurando manter o perfeito equilíbrio entre a atividade agrícola e o meio ambiente.

Glossário

ACÍCULAS: Designação atribuída a um tipo de folhas do gênero das coníferas.

AUGITA: Principal mineral do grupo dos Piroxênios. É um silicato ferromagnésiano muito comum em rochas ígneas básicas.

BIOTITA: Mineral de decomposição mais fácil, sendo uma fonte importante de nutrientes nos estágios iniciais dos solos onde ocorre.

BRUNADOS: Que possui tons de marron

CAPACIDADE DE CAMPO: Reservatório de umidade retida que as plantas tem a sua disposição no solo, quando o suprimento chega ao máximo.

CÁTIONS: É o íon de carga positiva, ou seja, o átomo que perdeu elétrons.

CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA: Soma total de cátions trocáveis que um solo poderá absorver.

CARBONATAÇÃO: Reação entre uma reação ácida, resultante do gás carbônico dissolvido na água referida hipoteticamente como ácido carbônico (H_2CO_3), e os minerais do solo.

COLÊMBOLOS: Ordem pertencente à classe Insecta. Insetos de corpo cilíndrico, armadura bucal trituradora, antenas curtas e ausência de olhos compostos.

COLOIDAL: São as partículas do solo com grande área superficial em relação a sua massa.

COLÓIDE DO SOLO: Matéria orgânica e inorgânica, com tamanho de partícula muito pequeno e que possui, em concomitância, grande área de exposição por unidade de massa.

CONSOLIDAR: Tornar consistente.

CONSOLIDAÇÃO: Ver Consolidar.

CONCRECIONÁRIOS: Ver concreção.

CONCREÇÃO: Concentração localizada de um composto químico, carbonato de cálcio ou óxido de ferro, sob formas de grãos ou de nódulos com tamanhos, formas, dureza e cores variadas.

DIATOMÁCEAS: microorganismos autotróficos providos de uma rígida carapaça silicosa formada por duas valvas que se encaixam. Vivem na água doce e salgada formando, não raro, colônias gelatinosas.

DISSOLUÇÃO: Processo de intemperismo químico em que a água atua como solvente.

DOLOMITOS: É o principal componente mineralógico dos calcários e mármore magnésianos.

EDÁFICAS: Concernente à parte agrícola ou coloidalmente mais ativa do solo.

EXSUDAÇÃO: Ver Exsudato.

EXSUDATO: Líquido, contendo substâncias produzidas por um organismo e liberado para o meio externo. O exsudato das raízes, por exemplo, é importante para os simbioses e os organismos que vivem na rizosfera.

EXTRUSIVA: Resfriamento do magma, solidificando-se, cuja ocorrência se dá próximo à superfície da terra.

FELDSPATO: Família de minerais silico-aluminosos com uma base de Potássio, Sódio, e Cálcio. São os minerais mais comuns na superfície do globo, depois do quartzo.

FILLUM: Do latim Phylum. Uma das divisões primárias do reino Plantae e Animalia, um grupo de classes de vegetais ou animais intimamente relacionadas.

FOSFORITO: Depósito fosfático de origem orgânica, rico em fósforo, empregado como fertilizante.

GRUMOSA: Que apresenta grumos. Pequena pasta ou aglomeração de partículas, seres ou objetos pequeninos.

HABITAT: Espaço ou ambiente onde os fatores físicos e biológicos interagem, formando condições mínimas para a manutenção de um ou mais organismos.

HETEROTRÓFICOS: Seres vivos incapazes de produzir seu próprio alimento, sendo obrigados a tirar a matéria e a energia de outros organismos.

HIDRÓLISE: Consiste na reação química entre o mineral e a água, isto é, entre os íons H⁺ ou OH⁻ da água e os íons do mineral.

HIFAS: Filamento celular, típico de fungos e actinomicetos (bactérias filamentosas). Os filamentos constituem o micélio dos fungos.

HORNBLENDA: É o mineral mais comum do grupo dos anfíbólios, sendo encontrado em rochas ígneas e metamórficas.

HUMIFICAÇÃO: Processos concernentes à decomposição da matéria orgânica e que levam à formação do humo.

INTEMPERISMO: Todas as modificações físicas e químicas produzidas em rochas, na superfície do solo ou nas suas proximidades, por agentes atmosféricos.

INCONSOLIDADO: Sem consistência, sem firmeza.

LATERÍTICOS: Ver Laterita.

LATERITA: Camada de subsolo, rica em ferro, encontrada em solos tropicais úmidos submetidos a intemperismo intenso que, se expostos e submetidos à secagem, tornam-se muito duros e não afrouxam quando novamente molhados.

LUMBRICÓIDES: Referente à minhoca. O mesmo que lombriga.

LENÇOL FREÁTICO: A parte superior do aquífero ou o nível abaixo do qual o solo se encontra saturado com água.

LITTER: Ver Serapilheira.

LIXIVIAÇÃO: Remoção de materiais do solo em solução por águas de percolação.

MANTA FLORESTAL: Ver serapilheira.

MATAS CILIARES: É o mesmo que mata de galeria, mata ripária ou ribeirinha. Essa mata se encontra nas margens dos rios, riachos ou córregos, beneficiando-se da disponibilidade de água e nutrientes que se acumulam nas margens. Da mesma forma, a mata ciliar beneficia o curso d'água que margeia, protegendo as margens contra erosão, evitando assoreamento.

MICAS: Família de minerais constituída por silicatos hidratados de Alumínio, Potássio, Sódio, Ferro, Magnésio, entre outros.

MICÉLIOS: Talo dos fungos, formado pelas hifas (filamentos).

MICOTRÓFICAS: Que reage bem à presença de micorrizas nas raízes.

MINERALIZAÇÃO: Conversão de um elemento, a partir da forma orgânica para condição inorgânica, em consequência da decomposição microbiana.

MIRIÁPODES: Artrópodos Miriápodos, pertencentes a classe Insecta. Corpo composto de uma cabeça e um tronco alongado com muitos segmentos portadores de pernas. Possuem cabeça com um par de antenas e, às vezes, ocelos, peças bucais no lado ventral da cabeça, dirigidas para a frente.

MUSCOVITA: Mineral bastante estável no ambiente do solo, com decomposição lenta. É uma fonte importante de Potássio para o solo.

OLIVINA: Mineral comum em rochas magmáticas e metamórficas, com decomposição fácil, fornecendo Ferro e/ou Magnésio para o solo.

OXIDAÇÃO: Perda total ou parcial de elétrons.

PEDOGENÉTICOS: Processos que dão origem à formação dos solos e sua evolução.

PLUTÔNICAS: Rochas ígneas consolidadas a grandes profundidades. O mesmo que rocha abissal.

PROTOPLASMA: Conteúdo celular vivo, formado principalmente de citoplasma e núcleo.

QUELATIZAÇÃO: Combinação eletrônica de uma substância (agente quelante) com um íon metálico de forma a retirá-lo do meio, ou solubilizá-lo, ou modificar suas propriedades físicas, químicas ou biológicas.

QUELATO: Tipo de composto químico em que o íon metálico encontra-se firmemente combinado com uma molécula, mediante múltiplos vínculos químicos.

REDUÇÃO: Recebimento total ou parcial de elétrons.

SAPRÓFITO: Vegetal que vive sobre a matéria orgânica morta.

SERAPILHEIRA: Folhas e outros resíduos orgânicos não decompostos ou em via de decomposição que se encontram sobre o solo.

SILICATO: Classe de minerais, com grande abundância de oxigênio e silício, principais formadores das rochas.

SIMBIOSE: Vida em associação íntima de dois organismos vivos diferentes, em que a combinação é benéfica para ambos.

SÍTIO: Ver Habitat.

SUPERFÍCIE COLOIDAL: Ver colóide do solo.

TROCA CATIONICA: Ver Capacidade de troca de cátions.

TURFA: Matéria esponjosa, mais ou menos escura, constituída de restos vegetais em variados graus de decomposição, que se forma dentro d'água, em lugares pantanosos, onde existe pouco oxigênio.

Bibliografia consultada

ANDRAE, F. H. Ecologia florestal. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1978 230 p.

ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. Pesquisas Austríaco - Brasileiras. Santa Maria - Viena: Universidade Federal de Santa Maria - Universitaet fuer Bodenkultur, 1982 112 p.

ANTONIOLLI, Z. I. Iniciação à minhocultura. Santa Maria: Ed. Santa Maria, 1966 96 p.

ARMSON, K. A. Forest soils. Toronto: University of Toronto Press, 1927 187 p.

BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. Relação solo-eucalipto. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990 330 p.

- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. Estrutura e origens das paisagens tropicais e subtropicais. Ed. UFSC. 1994 425p.
- BRADY, N. C. Natureza e propriedades do solo 7. ed., Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989 878 p.
- CARPANEZZI, A. A. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior de São Paulo, Piracicaba. 1980 107p. (Tese-Mestrado-ESALQ)
- CASSOL, C. A. Relações entre características do solo, crescimento e produtividade em povoamento implantado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., Passo Fundo - RS. (Tese de Mestrado). Santa Maria, 1982 84 p.
- COLLINS, W. K. & HAWKS JR., S. N. Principles of flue-cured tobacco production: North Carolina - 3 ed.
- CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. A dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição de serapilheira. *Ciência Florestal*: Santa Maria. v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993
- CUNHA, N. T. S. Silvicultura. In: Manual Técnico Florestal; Apostilas do Colégio Florestal de Irati. Campo Largo: S. A., 1986. v.4 484 p.
- DUVIGNEAUD, P. A síntese ecológica: populações: comunidades: ecossistemas. Lisboa: Socicultur, 1974. 165 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife:1973. (Boletim Técnico, 30)
- FELDENS, L. P. A dimensão ecológica da pequena propriedade no Rio Grande do Sul. Governo do Estado do Rio Grande do Sul - Secretaria da Agricultura e Abastecimento - Departamento de Recursos Renováveis, 1989 154 p.
- FINGER, C. A. G., O desafio da floresta; In: A magia das árvores. Porto Alegre: Riocell, 1995 143 p.
- GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z. I. Biologia do solo. Caderno Didático: UFSM. 98 p.
- GURGES, A.; RAW, F. Biologia del suelo. Barcelona: Ediciones Omega, S. A., 1971 596 p.
- HAWLEY, R. C.; SMITH, D. M. Silvicultura prática. Barcelona: Ediciones Omega, S. A., 1972 544 p.
- JORGE, A. J. Solo: manejo e adubação. Compêndio de Edafologia - 3.ed., São Paulo: Nobel, 1983 307 p.
- KIMMINS, J. P. Forest ecology. New York - London: The University of British Columbia, 1987 531 p.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W. A. Litter Production in Area of Amazonian Terra Firme Forest: Litterfall, Organic Carbon and Total Nitrogen Content of Litter. *Amazoniana*, 1(4): 287-302
- KRAMER, P. J.; KOLZLOWSKI, T. T. Fisiologia das árvores. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960 745 p.
- KRASIL'NIKOV, N. A. Soil microorganisms and higher plants. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, Institute of Microbiology, 1958 474 p.
- LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1990 343 p.
- LIMA, W. P. O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais. São Paulo: ARTPRESS, 1987 114 p.
- LIMA, W. P. Impacto ambiental do Eucalipto - 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996 301 p.

MARTINO, D. L.; BENNARDJI, Z.; FOSSATI, A.; PAGLIANO, D.; VAN HOFF, E. La forestacion com Eucaliptos en Uruguai: su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente. Série Técnica n.88. Montevideo: Unidat de Difusión e Información del INIA, 1997 24 p.

MOLCHANOV, A. A. Hidrologia florestal. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963 419 p.

MOURA, V. Natureza violentada: flora e fauna agredidas. Porto Alegre: Agropecuária, 1979 239 p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE. P. K. T.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992 201 p.

PETROBRAS. Projeto preservação do solo. 1986

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de Eucalyptus e Pinus. Implicações silviculturais, Piracicaba, ESALQ. 1985 211p. (Tese de Livre-Docente)

PRADO, H. Manual de classificação dos solos do Brasil. Jaboticabal: FUNEP, 1993 218 p.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1979 549 p.

PRITCHETT, W. L. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. México: Limus S. A. 1990 634 p.

RIO GRANDE DO SUL. Manual de conservação do solo. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1985 287 p.

ROCHA, J. S. M. Manual de projetos ambientais. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997 423 p.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. Lehrbuch der Bodenkunde. 12 ed. Germany. Ferdinand Enke Verlag. 1992. 491p

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. A complexidade dos ecossistemas. Porto Alegre: Pallotti, 1997 50 p.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. A floresta e a água. Porto Alegre: Pallotti, 1998 70 p.

SCHUMACHER, M. V. Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen Von Eucalyptus saligna (Smith), Eucalyptus dunnii (Maiden) und Eucalyptus globulus (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien. Viena, Austria, 1995 167p. (Tese de Doutorado)

SOUTO, J. J. P. Deserto, uma ameaça? Estudo dos núcleos de desertificação na fronteira sudoeste do RS. Porto Alegre: DRNR Diretoria Geral, Secretaria da Agricultura, 1984 172 p.

TAYLOR, C. J. Introdução à silvicultura tropical. São Paulo: Editora Edgar Blucher LTDA, 1969 200 p.

TOPP, W. Biologie der bodenorganismen. Heidelberg: Quelle und Meyer, 1981 224 p.

TURNER, J. & LAMBERT, M. J. Nutrient cycling within a 27-year-old Eucalyptus grandis plantation in New South Wales. Forest Ecol. and Manag. 6: 155-168p. 1983.

VIEIRA, L. S. Manual da ciência do solo. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1975 464 p.