



CONTRIBUIÇÃO DA MICROMORFOLOGIA E DA INFILTROMETRIA PARA OS ESTUDOS DE EROÇÃO EM SOLOS DE TEXTURA MÉDIA A ARENOSA

Ms. VANDA MOREIRA MARTINS (mmartins@unioeste.br)

Dr. JOSÉ EDÉZIO DA CUNHA (edezio@unioeste.br)

Profs. do Colegiado de Geografia da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon
Rua Pernambuco, 1777 - CEP 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR.

Palavras chave: Latossolo, Argissolo, Erosão

Eixo temático: análise e diagnóstico de processos erosivos

INTRODUÇÃO

Os solos Latossolos e Argissolos dominam grande parte das paisagens do território brasileiro. O regime de distribuição hídrica e térmica dos climas quaternários (Holoceno), sobretudo, dos tropicais e subtropicais úmidos, favoreceu o desenvolvimento dessas classes de solos, que compõem os principais sistemas pedológicos do Brasil.

As atividades humanas e o regime pluviométrico vêm sendo indicados como os responsáveis pela aceleração das recentes transformações nas características físico-hídricas dos solos, agravando um dos principais problemas ambientais enfrentados em grande parte das áreas intertropicais, a erosão hídrica. Os estudos que enfocam e que buscam alternativas para minimizar ou solucionar tais problemas revelam que conhecer as características morfológicas dos solos e a sua dinâmica hídrica são pré-requisitos básicos nesse processo.

No Brasil a ciência do solo tem avançado bastante nesta direção, reunindo importantes informações sobre o comportamento hídrico e as características macro e micromorfológicas dos sistemas pedológicos, em especial, daqueles constituídos por Latossolos e Argissolos. Os solos de textura média a arenosa têm recebido atenção especial, pois são considerados muito suscetíveis aos fenômenos erosivos, sobretudo os lineares.

Nos últimos cinquenta anos a problemática erosiva no noroeste paranaense tem aumentado progressivamente. Para Nóbrega *et al.* (1992), a origem e evolução desses fenômenos estão associadas à fragilidade natural dos solos de textura média a arenosa, oriundos do arenito Caiuá, ao desmatamento generalizado e ao uso e manejo inadequado.

De acordo com Chauvel (1976), o estudo dos fenômenos erosivos exige o



entendimento dos diferentes níveis de organização das estruturas do solo, ou seja, da escala microscópica à unidade da paisagem.

Para Campy & Macaire (1989), a dinâmica dos constituintes do solo deve ser avaliada considerando-se o período histórico do uso e manejo, uma vez que, além da dinâmica natural condicionada pelos agentes atmosféricos, ocorre também, a constante distribuição e redistribuição de matéria, facilitada pela ação antrópica em virtude da retirada da vegetação e da atividade exercida. Outro elemento a ser avaliado, embora muitas vezes “ignorado” no processo de planejamento e uso do solo, é o relevo que, direta ou indiretamente, influencia na dinâmica hídrica e, conseqüentemente, na morfologia e distribuição espacial das classes de solos na paisagem.

A necessidade de conhecer melhor a dinâmica e evolução espacial das coberturas pedológicas, associando-as à dinâmica geomorfológica dos compartimentos das paisagens, circulação hídrica, forma e comprimento das vertentes, interferência antrópica etc., desencadeou uma série de estudos dessa natureza por todo o país. Convém ressaltar que a abordagem da análise integrada desses elementos nos estudos de gênese e evolução dos solos e dinâmica das paisagens não é recente.

Na região Noroeste do estado do Paraná, as atuais pesquisas sobre cobertura latossólica e argissólica adotaram a referida abordagem, ressaltando a importância da unidade espacial nos estudos pedológicos. Tal abordagem tem contribuído significativamente para o entendimento da distribuição vertical e lateral das classes dos Latossolos e Argissolos Vermelhos, das modificações morfoestruturais dos horizontes na cobertura; da dinâmica hídrica na vertente e na paisagem permitindo, assim, identificar e compreender as principais causas do desencadeamento e evolução dos processos erosivos nessas classes de solos na região.

Os estudos sobre os sistemas pedológicos que contém as classes de solos LV e PV na região Noroeste do Paraná, destacam a importância da análise e compreensão da relação morfogênese-pedogênese para o planejamento do uso e ocupação dos solos (Gasparetto, 1999; Cunha, 1996 e 2002; Martins, 2000; Calegari, 2000; Zago 2000). Revelam ainda que as modificações verticais e laterais na estrutura dos horizontes de solos das coberturas LV-PV e na dinâmica hídrica contribuem para o aumento do escoamento superficial e para a instalação e evolução dos fenômenos erosivos. As atividades de uso e manejo agrícola estariam contribuindo para a aceleração das modificações morfoestruturais dos Latossolos e Argissolos.

A micromorfologia de solos e a mensuração da condutividade hidráulica utilizadas



em pesquisas da ciência do solo são técnicas que têm trazido valiosas contribuições para os estudos desta natureza. Estas técnicas, associadas ao estudo das macroestruturas dos solos, que tem como base os trabalhos de campo, são de grande importância no que tange a uma melhor identificação e compreensão da organização e dinâmica morfoestrutural da cobertura pedológica diante das condições naturais e antrópicas.

Desta maneira, este trabalho tem o objetivo de apresentar, os resultados de estudos do comportamento micromorfológico e físico-hídrico de sistemas pedológicos constituídos por Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho no município de Cidade Gaúcha, região Noroeste do estado do Paraná. Portanto, este estudo deverá contribuir para o entendimento da relação morfogênese-pedogênese; da dinâmica das modificações morfológicas dos horizontes de solos; da circulação hídrica e, conseqüentemente, para a identificação dos fatores responsáveis pela instalação e aceleração dos processos erosivos nessas duas principais classes de solos que compõem grande parte dos sistemas pedológicos das bacias hidrográficas, no município e na região.

MATERIAL E MÉTODOS

A base da pesquisa foi o estudo detalhado das coberturas latossólica e argissólica nas escalas das macroestruturas (paisagem, vertente, perfil, horizontes, agregados) e das microestruturas (fundo matricial) em diferentes perfis de solos distribuídos ao longo de toposseqüências. As coberturas estudadas localizam-se em diferentes vertentes de bacias hidrográficas situadas em diferentes setores da área do município de Cidade Gaúcha e, também, sob diferentes tipos de uso; entretanto, com as mesmas classes de solos compondo o sistema pedológico e, distribuídas de montante para a jusante, da seguinte forma: Latossolos Vermelhos nos segmentos de topo e média vertente e Argissolos Vermelhos nos segmentos médio-baixo das vertentes. Nas áreas de ocorrência desse tipo de sistema pedológico são freqüentes as declividades de 0-5% (em média) nos segmentos de topo e alta vertente; de 6-9% nos segmentos médios e de 10-18% nos segmentos de baixa vertente (Martins, 2000 e Cunha, 2002).

O estudo das macroestruturas foi realizado conforme os procedimentos da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (Boulet, 1988 e Ruellan & Dosso 1993) e de análises laboratoriais de rotina, como a granulometria e densidade dos solos (EMBRAPA, 1997). Enquanto que o estudo das microestruturas foi realizado por meio da micromorfologia, além da permeabilidade do solo que foi determinada com o uso do infiltrômetro multi-disco de acordo com White & Sully (1987) e Mathieu & Pielain (1998).



De acordo com a finalidade deste trabalho as técnicas de micromorfologia e de mensuração da condutividade hidráulica foram descritas com maior detalhe devido ao relevante papel das mesmas na análise e interpretação dos resultados aqui apresentados.

Condutividade Hidráulica Insaturada

A condutividade hidráulica insaturada pode ser utilizada para caracterizar a hidrodinâmica dos solos e de materiais porosos próximos à saturação, permitindo observar, de maneira simples e sem destruir o solo e os poros, os parâmetros de infiltrabilidade (a condutividade hidráulica insaturada e a sortividade capilar) em função da pressão aplicada à superfície. Dessa maneira é possível fazer inferências de outras grandezas físicas explicativas do comportamento hídrico do solo. Esta técnica tem por objetivo registrar a infiltração (mm/h) da água nos diferentes horizontes da cobertura pedológica, considerando suas diferentes características morfológicas. Os resultados podem ser correlacionados com outros dados (granulometria, densidade, porosidade, micromorfologia etc.) no sentido de melhor compreender a relação entre as transformações morfológicas e a circulação da água nas coberturas pedológicas estudadas.

Os ensaios de permeabilidade foram realizados para analisar o comportamento da circulação hídrica, já que a instabilidade dos solos e das vertentes está intimamente associada ao escoamento das águas pluviais (Salomão, 1994).

O conhecimento sobre as propriedades hídricas das coberturas pedológicas estudadas foi obtido por meio da mensuração da condutividade hidráulica insaturada realizada *in situ* com auxílio do infiltrômetro multi-disco (White & Sully, 1987). Os ensaios de permeabilidade foram realizados sucessivamente nos potenciais -10 , -3 , -1 e 0 na superfície, no centro dos horizontes diagnósticos (Bt e Bl) e nas transições entre os principais horizontes. O potencial matricial 0 representa a condutividade na macroporosidade grossa; o potencial -1 na macroporosidade média; o potencial -3 na macroporosidade fina e o potencial -10 na macroporosidade fina (Brewer, 1976).

Essas mensurações foram iniciadas nos horizontes superficiais em direção à base dos perfis de solos. A coleta dos dados nos horizontes subsuperficiais foi realizada sobre os degraus escavados nos perfis, sempre com o cuidado de não alterar a superfície antes e durante a realização do ensaio. O cuidado com a superfície onde se realiza o ensaio é importante porque qualquer interferência (adensamento, retirada de matéria, acréscimo de matéria, retirada de raízes, etc...) pode falsear o resultado final.

Os ensaios foram realizados com 5 repetições, em pontos diferentes da mesma



superfície (horizontes), sempre com o cuidado de retirar o aparelho a cada novo potencial matricial para que o recomeço do monitoramento da infiltração (ponto zero) acontecesse naturalmente. Ao término da mensuração foram coletadas amostras de solos para avaliação da água retida durante o ensaio.

A micromorfologia de solo

O estudo da organização do solo em escala microscópica é denominado de micromorfologia. Com o auxílio de um microscópio ótico polarizante, também conhecido como microscópio petrográfico, o pesquisador trabalha com amostras de solo indeformadas, as quais são preparadas em lâminas finas com cerca de 30 μ de espessura. (Chauvel, 1976).

A micromorfologia de solo é uma técnica que tem por objetivos identificar os constituintes do solo e definir as relações espaciais (ou microestruturais) existentes entre eles no plano das lâminas delgadas por meio da reconstituição de suas evoluções morfológicas e mineralógicas. Esta técnica é importante para a identificação e compreensão da organização e dinâmica das características macro e microestruturais da cobertura pedológica diante das condições naturais e antrópicas. Também é muito útil nos estudos de gênese do solo e na avaliação e monitoramento das características morfológicas de solos agrícolas. Com o auxílio das técnicas de processamento e análise digital de imagem, a micromorfologia é capaz de fornecer resultados de porosidade e permeabilidade com incrível precisão, além de possibilitar a visualização do processo em estudo, por exemplo, compactação e/ou encrostamento. No entanto, os dados apresentados neste trabalho foram obtidos por meio de descrições realizadas sob microscópio ótico.

Na realidade, a análise micromorfológica é uma continuação das descrições e análises das características morfológicas dos solos realizadas no campo, em uma escala que nossos olhos não têm condições de observar sem o auxílio de um equipamento de grande aumento como o microscópio ótico.

As amostras analisadas foram coletadas intactas, em caixas de papel cartão com dimensões de 7x12cm, nos principais horizontes dos perfis de solos das coberturas latossólicas e argissólicas, do topo para a base do perfil. O estudo micromorfológico foi realizado de acordo com os seguintes encaminhamentos:

a) preparação e confecção das lâminas delgadas de solo

Conforme a técnica de Chauvel (1979), as amostras foram impregnadas com solução composta de resina de Araldite Industrial Cy 248 e Catalizador Hy 956 (20%)



diluídos com acetona pura.

Após a impregnação, as amostras ficaram em repouso para polimerização e, em seguida, foram enviadas ao laboratório de laminação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP), onde foram confeccionadas as lâminas delgadas de solos, em tamanho convencional (5x3cmx30 μ).

b) descrição das lâminas delgadas de solo

Os procedimentos para a observação e descrição dessas lâminas foram apresentados num guia apostilado, elaborado por Castro (1989), extraídos e adaptados para o português a partir de Brewer (1976). Esses procedimentos aplicam-se à identificação, caracterização e quantificação dos constituintes (porcentagem, distribuição, tamanho...) e de seu arranjo (tipologia, hierarquia e cronologia entre as diversas organizações).

A descrição e observação micromorfológica inicial se fez sob baixo aumento em lupa binocular (aumento x 2,5) sob luz natural (LN) e, posteriormente em microscópio óptico (aumento x 6,3) sob luz natural e luz polarizada (LP), seguidas de registro em fotomicrografias. Durante a descrição foi obedecida a seguinte seqüência:

1- Descrição do fundo matricial da assembléia, em que foi observada a freqüência dos constituintes: esqueleto, plasma e poros.

2- Descrição das principais características micromorfológicas dos constituintes:

- Esqueleto (frações areia e silte, entre 2mm e 2 μ): foram observadas a mineralogia, origem, grau de seleção, distribuição, orientação e dimensão.

- Plasma (fração que corresponde a argila mineralógica, menor que 2 μ): foram observadas a cor, estrutura e distribuição, adotando-se a classificação de Brewer (1976) para a determinação das estruturas de base do plasma. A estrutura de base refere-se à distribuição relativa entre o plasma, o esqueleto e os poros, sendo identificadas sob luz natural (LN), a saber: *porfírica*, estrutura de base onde as partículas maiores apresentam-se "mergulhadas" ou cimentadas em uma matriz de partículas muito finas (plasma); *gefúrica*, estrutura de base onde conjuntos de partículas (grosseiras e finas) aparecem ligados por material mais fino, formando pontes ou braços; *enáulica*, estrutura de base onde esqueleto e agregados de material apresentam-se dissociados nos poros intersticiais, sem preenchê-los totalmente; *quitônica*, estrutura de base onde o esqueleto ou o agregado apresenta-se recoberto por uma fina película de material fino (argila); *mônica*, estrutura de base composta de partículas de apenas um grupo de tamanho ou ainda de material amorfo.

- Poros: observou-se o tamanho; macroporos (\varnothing 5-30 μ) mesoporos (\varnothing 30-75 μ) e microporos (\varnothing 75-500 μ), conforme classificação de Brewer (1976); tipo (empilhamento,



canais, cavidades, fissuras); classificação morfológica (irregulares, regulares, cilíndricos); alisamento; origem (bioporos, pedoporos, litoporos) e o grau de comunicação entre os poros (forte, moderada ou fracamente comunicante).

Os resultados das observações micromorfológicas do sistema poroso foram comparados com os de permeabilidade, constituindo-se em importantes informações para o entendimento da circulação hídrica vertical e lateral nas coberturas estudadas.

3- Feições pedológicas (cutãs, pedotúbulos, *stress-cutãs*): quando identificadas, foram descritas com a finalidade de compreender, do ponto de vista microestrutural, eventuais transferências e movimentos de matéria entre os horizontes. Os cutãs de iluviação são feições que evidenciam acumulações absolutas de plasma devido à migração, principalmente, da fração argila, seguida de deposição junto às paredes dos poros; enquanto os pedotúbulos são poros do tipo tubulares oriundos de escavação biológica e posteriormente preenchidos total ou parcialmente por material proveniente de outros setores ou do próprio horizonte. Os *stress-cutãs* são feições que evidenciam as separações plásmicas ou simples reorientação das argilas, provocadas por esforços/tensões, com ou sem transformações posteriores por perda de matéria, hidratação etc.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A condutividade hidráulica expressa a capacidade que a água tem de se movimentar (infiltrar) no solo. Para se compreender a dinâmica hídrica de um sistema pedológico é preciso saber quais as condições de infiltração da água que o referido sistema apresenta.

Com o auxílio do infiltrômetro multi-disco foram realizadas, em campo, medidas de condutividade hidráulica sob quatro diferentes potenciais matriciais: 0, -1, -3 e -10 cm. Essas medidas permitiram caracterizar o fluxo de água no interior do solo, distinguindo a infiltração que se faz através dos grandes poros (biológicos ou interagregados) daquela que ocorre na matriz do solo (Perroux & White, 1988). De acordo com Mathieu & Pielain (1998), este método é adequado ao estudo da variabilidade espacial das propriedades de infiltração.

Para evidenciar o significado das variações obtidas nas medidas da condutividade hidráulica na cobertura pedológica recorreu-se à classificação de percolação proposta por Aubert (1979) em função do coeficiente K (condutividade hidráulica). Dada a relação entre o potencial matricial da água e o tamanho dos poros, essas medidas revelaram a condutividade hidráulica para a macroporosidade grossa (com raio > 1,5mm), representada pelo potencial 0; macroporosidade média (com raio ≤ 1,5mm) representada pelo potencial



$\cdot 1$; macroporosidade fina (com raio $\leq 0,5\text{mm}$), representada pelo potencial $\cdot 3$ e para a macroporosidade muito fina (com raio $\leq 0,15\text{mm}$), representada pelo potencial $\cdot 10$, conforme a classificação de Brewer (1976).

Nos horizontes das coberturas latossólicas e argissólicas estudadas os ensaios de infiltração mostraram que as diferenças nos valores de condutividade são marcantes em relação à porosidade total, no entanto tornam-se bem mais expressivas quando analisadas em cada tipo de macroporosidade (grossa, média, fina e muito fina). Assim, as características macro e micromorfológicas foram essenciais para a análise e o entendimento do comportamento da condutividade hidráulica nessas coberturas pedológicas de textura média a arenosa, permitindo identificar, em detalhe, a distribuição e morfologia da porosidade nos horizontes e no o sistema pedológico da vertente.

Relação da circulação hídrica com a porosidade total em coberturas latossólicas e argissólicas

Nas coberturas latossólicas e argissólicas os *horizontes superficiais* apresentam fortes oscilações verticais e laterais na intensidade e velocidade das taxas de infiltração, em geral decrescentes. Tais oscilações são muito comuns nestes horizontes, desde o segmento de topo (na cobertura latossólica) até a média-baixa vertente (na cobertura argissólica), com diminuição significativa da velocidade e intensidade dos fluxos verticais na cobertura argissólica.

Essas diferenças ocorrem tanto entre os horizontes (A, BA/AB, E) quanto entre os potenciais aplicados (0, $\cdot 1$, $\cdot 3$ e $\cdot 10$), os quais representam o tamanho da porosidade: macroporosidade grossa, média, fina e muito fina. Nestes horizontes nem sempre se reproduz a tendência verificada em profundidade, em que os fluxos mais rápidos estão respectivamente associados aos potenciais 0 e $\cdot 1$. Isto quer dizer que, nos horizontes superficiais, nem sempre a velocidade e intensidade dos fluxos estão diretamente relacionados ao tamanho dos poros. A quantidade, o tipo (empilhamento simples) e o grau de comunicação da porosidade são os elementos que determinam as diferenças nas taxas de infiltração nestes horizontes.

Essas variações estariam, portanto, relacionadas às modificações e reorganizações morfoestruturais dos horizontes superficiais, decorrentes das perdas, transferências, adições ou acumulações dos constituintes dos solos desencadeadas pelas condições de uso, manejo, atividade biológica, etc.

A micromorfologia evidencia que nos horizontes superficiais, tanto na cobertura



latossólica quanto na argissólica, apesar da estrutura de base ser predominantemente gefúrica e quito-gefúrica (nos horizontes A e BA sobrepostos ao B1) e mônica (nos horizontes A e E sobrepostos ao Bt), há um maior imbricamento dos grãos do esqueleto o que aumenta a densidade do solo e reduz o raio dos poros e a conexão entre eles. A pouca quantidade de plasma e de matéria orgânica, também verificada na granulometria, confirma a existência deste tipo de estrutura de base nos horizontes superficiais nos quais a formação de macroporos tubulares (canais) e cavitários é inexpressiva em relação à porosidade de empilhamento simples.

O comportamento dos constituintes nos horizontes superficiais leva à redução da porosidade total e, conseqüentemente à diminuição da condutividade hidráulica, tornando os fluxos mais lentos em relação aos horizontes subsuperficiais das coberturas latossólicas nos segmentos de topo e média-alta vertente. Esse comportamento da condutividade hidráulica na cobertura latossólica tem contribuído para o aumento do escoamento superficial e para a instalação dos fenômenos erosivos, em especial, os laminares e os lineares, apesar da baixa declividade nesses segmentos (0-5%). Esse fato normalmente está associado à compactação do solo provocada pelo tipo de uso e manejo em áreas com culturas temporárias e freqüente uso de máquinas, e, também às áreas com pastagem degradada, em que o horizonte A fica exposto ao impacto das gotas de chuva e ao selamento superficial.

Verifica-se, portanto, que o comportamento da velocidade e intensidade da condutividade hidráulica nos horizontes superficiais e subsuperficiais das coberturas latossólicas é bastante diferente em relação aos mesmos horizontes nas coberturas argissólicas. Nas coberturas argissólicas dos segmentos baixos das vertentes a condutividade é, em geral, lenta do topo à base do perfil. Os contrastes das características morfoestruturais e texturais entre os horizontes A, E e Bt explicam o comportamento hídrico nos Argissolos Vermelhos. O horizonte Bt, menos permeável em relação ao A e E, promove a rápida saturação destes, diminuindo a condutividade hidráulica vertical por todo o perfil.

O aumento da condutividade hidráulica nos *horizontes subsuperficiais* da cobertura latossólica (B1) é marcado pela infiltração muito rápida para os potenciais mais altos (0 e -1) e média para os potenciais mais baixos (-3 e -10) denotando a homogeneidade morfoestrutural, inerente nos horizontes microagregados.

A microagregação existente neste horizonte é marcada pela estrutura de base enáulica e pela estrutura granular muito pequena, própria dos horizontes B latossólicos.



Conforme observações micromorfológicas, a infiltração acontece por meio de uma rede de poros de empilhamento composto, cavitários e tubulares, fortemente comunicante. Os dados de porosidade total e de densidade do solo também evidenciam essas condições de infiltração, pois, no horizonte B latossólico, independentemente do aumento vertical e lateral do teor de argila, os fluxos são mais rápidos, permitindo constatar que a estrutura microagregada e os tipos de poros associados (canais, tubulares, interagregados...) são os elementos condicionantes da circulação mais rápida da água neste horizonte. Essas características físico-hídricas dos horizontes B latossólicos contribuem para a diminuição do escoamento superficial, quando as condições morfológicas dos horizontes superficiais e o uso/manejo permitem uma boa percolação vertical dos fluxos hídricos.

Cabe ainda enfatizar que esse comportamento hídrico ocorre no horizonte B latossólico de quase toda a cobertura latossólica, exceto nas transições laterais para a cobertura argissólica, quando a estrutura de base enaúlica (B1) transiciona lateralmente para porfírica (Bt). Essa transição resulta de significativas modificações morfoestruturais nos horizontes dos solos, evidenciando a dinâmica e evolução espacial da cobertura pedológica na vertente.

Verifica-se, portanto, que nos horizontes subsuperficiais (Bt) das coberturas argissólicas, nos segmentos médio-baixo das vertentes, a condutividade hidráulica é, em geral, mais lenta em relação a latossólica. Essa diminuição da velocidade e intensidade de infiltração dos fluxos hídricos corrobora com a redução da porosidade total neste horizonte da cobertura argissólica, apesar da importante macroporosidade formada por cavidades, canais e fissuras evidenciadas na micromorfologia. A redução da porosidade total e dos fluxos hídricos decorre do acúmulo lateral e vertical do teor de argila responsáveis pelo desenvolvimento das estruturas de base porfírica fechada e pórfiro-gefúricas no horizonte B textural. Cabe lembrar que, mesmo sob potenciais mais elevados (0 e -1), a velocidade da infiltração é reduzida, pois a ocorrência de cutãs de iluviação colmatam ou diminuem as conexões da macroporosidade grossa bloqueando parcialmente os fluxos hídricos.

Dessa forma observa-se que a dinâmica físico-hídrica da cobertura argissólica nos segmentos de média-baixa vertente, favorece o escoamento lateral superficial e subsuperficial e, conseqüentemente, o carreamento dos constituintes dos horizontes superficiais A e E, extremamente arenosos e pouco coesos. Não ocasionalmente, sobre este tipo de cobertura pedológica, foram identificadas inúmeras ocorrências erosivas, cuja origem e evolução estão diretamente relacionadas ao escoamento superficial concentrado e subsuperficial lateral.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, verificou-se que, nos segmentos de topo e média-alta vertente, a cobertura latossólica apresenta maior dificuldade de infiltração da água nos horizontes (A e AB ou BA) criando, assim, condições para o desenvolvimento de fluxos hídricos laterais em superfície. Esse fato foi associado à compactação provocada pelo tipo de uso e manejo. Em profundidade, no horizonte Bl, os dados de condutividade mensurados confirmam as condições para o estabelecimento dos fluxos hídricos verticais, os quais são comandados pelas características morfológicas da estrutura microagregada e da porosidade, topografia e declividade da vertente. Situação semelhante foi descrita por Zago (2000) em Mamborê, também na região Noroeste do Paraná.

Na transição da cobertura latossólica para a cobertura argissólica, segmento médio das vertentes, o comportamento da condutividade hidráulica foi diferente daqueles apresentados à montante. Neste segmento, em geral, a infiltração é maior em todo o perfil, indicando assim menor interferência do uso e do manejo do solo.

Na cobertura argissólica, segmento médio-baixo da vertente, apesar da condutividade hidráulica ser globalmente menor do que na latossólica, o elevado gradiente textural dos horizontes E e Bt cria condições para a instalação de fluxos hídricos laterais no topo do Bt, o que certamente compromete a capacidade de campo dos horizontes superficiais, tornando-os menos estáveis perante a ação dos fenômenos erosivos.

Comparando os resultados das condutividades nas coberturas estudadas (latossólicas e argissólicas) verificou-se, lateralmente (de montante para a jusante), significativas reduções verticais dos fluxos hídricos em todos os potenciais. O acréscimo lateral da fração argila na vertente pode estar contribuindo para esse fenômeno, bem como para o aumento do escoamento superficial e para a *lessivagem* dos horizontes superficiais dessas coberturas, especialmente no setor inferior, onde o aumento relativo das frações arenosas grosseiras é mais significativo.

Para finalizar, convém salientar que os resultados das análises micromorfológicas trouxeram importantes informações a respeito do comportamento hídrico nas coberturas latossólicas e argissólicas. Entre elas destaca-se a passagem lateral da estrutura enaúlica para porfírica, que marca a transição da cobertura latossólica para a argissólica; a diminuição do plasma nos horizontes superficiais ao longo da vertente; a transferência lateral e vertical de matéria entre outras modificações morfológicas que interferem diretamente nas características (tipo, tamanho, grau de comunicação) e distribuição da



porosidade, modificando o comportamento da água nos horizontes e na vertente.

BIBLIOGRAFIA

- AUBERT, G. Méthodes d'analyses des sols, CRDP, Marseille, 1979, 171 p.
- BOULET, R. - Análise Estrutural da cobertura Pedológica e Cartografia. In: XXI Cong. Bras. de Ciência do Solo. Anais. Campinas, Soc. Bras. de Ci. Solo, 79-90, 1988.
- BREWER, R. (1976). Fabric and mineral analysis of soils. Robert e Krieger Publs. Co. Hungston. N.York, 482p.
- CALEGARI, M.R. Relação solo-relevo no alto vale do ribeirão Água do São Francisco em Nova Esperança (PR). Florianópolis, Depto de Geociências/CCH/UFSC, 111p., 2000.
- CAMPY, M. & MACAIRE, J. J. Géologie des formations superficielles. Géodynamique-faciès-utilisation. Masson, Paris, 1989, 433 p.
- CASTRO, S.S. Micromorfologia de solos - pequeno guia para descrição de lâminas delgadas. São Paulo, DG-USP/IPT, 87p. 1989.
- CHAUVEL, A. Iniciação à Análise Microscópica dos Solos. Piracicaba, São Paulo, ESALQ-USP, 16p. 1979. (Mimeografado).
- CHAUVEL, A. Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Thèse Science Strasbourg (1976) et Travaux et Documents de l'ORSTOM, 62, 532p., 1977.
- CUNHA, J.E. Caracterização Morfológica (macro e micro) e Comportamento Físico-Hídrico de duas Toposseqüências em Umuarama (PR): Subsídios para avaliação dos processos erosivos. São Paulo, DG/FFLCH/USP-SP, 129p. (Dissertação de Mestrado).
- CUNHA, J.E. Funcionamento hídrico e suscetibilidade erosiva de um sistema pedológico constituído por Latossolo e Argiloso no município de Cidade Gaúcha-PR. São Paulo, DG/FFLCH/USP-SP, 170p., 2002 (Tese de Doutorado).
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, CNPS, 1997, 212 p.
- GASPARETTO, N.V.L. As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá. São Paulo, IG-USP, 185 p., 1999 (Tese de Doutorado).
- MARTINS, V. M. Caracterização morfológica e da circulação hídrica dos solos da cabeceira de drenagem do Córrego Bom Jesus no município de Cidade Gaúcha-PR. DG/FFLCH/USP, 2000, 135p. (Dissertação de Mestrado).
- MATHIEU, C. & PIELTAIN, F. Analyse physique des sols. Méthodes choisies. 3^a édition, Lavoisier Tec & Doc, Paris, 1997/1998, 275p.
- NÓBREGA, M. T.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P. Metodologia para cartografia geotécnica de Umuarama-PR. Maringá, Boletim de Geografia, UEM, Ano 10, N. 1, p. 5-10, 1992.
- PERROUX, K. M. & WHITE, I. Design for disk permeameters. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1205-1215, 1988.
- RUELLAN, A.; DOSSO, M. Regards sur le sol. Les Éditions Foucher, Paris, 192p., 1993.
- SALOMÃO, F. X. T. Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. DG/FFLCH/USP, 1994,



200 p. (Tese de Doutorado).

WHITE, I. & SULLY, M. J. Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from field infiltration. *Water Resources Research*, 4:1514-1522, 1987.

ZAGO, A. Sistema pedológico latossolo-argissolo e seu comportamento físico-hídrico em Mamborê, PR., DG/FFLCH/USP, São Paulo, 2000, 161 p. (Tese de Doutorado).