



RELAÇÕES ENTRE AS VERTENTES E OS SOLOS: REVISÃO DE CONCEITOS

José Pereira de Queiroz Neto

Rua Trona Constanzo 268 - CEP 05.516-020 - São Paulo/SP - e-mail: jpneto@hotmail.com

Resumo

Os principais aspectos apontados para a interpretação das relações entre as vertentes e os solos foram apresentados: a autoctonia ou aloctonia dos materiais de origem dos solos envolvendo a origem das *stone lines*, as relações dos solos com os relevos, a antinomia/oposição entre pedogênese e morfogênese. Os resultados obtidos com a utilização do procedimento da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica permitiram mostrar que a maior parte dos solos provém da alteração do substrato rochoso e que pedogênese e morfogênese atuam simultaneamente na construção da forma das vertentes, não havendo, portanto, antagonismo. Esses resultados levam à necessidade de ampla revisão das interpretações feitas até agora.

Palavras-chave: Morfogênese e pedogênese; autoctonia ou aloctonia; análise estrutural da cobertura pedológica.

Abstract

The main aspects of the interpretation of the soils and reliefs relationships are discussed like the allochthony or autochthony of the parent materials of soils, also involving the stone lines origin and the antagonism between morphogenesis and pedogenesis. The main results of the usage of structural analysis of pedological cover procedure showed the possibility to define more correctly those questions, especially the nonexistence of the antagonism between morphogenesis and pedogenesis. These results point to the need for extensive review of the interpretations made so far.

Keywords: Morphogenesis and pedogenesis; autochthony or allochthony; structural analysis of pedological cover.

Introdução

Os geomorfólogos não mostraram grande preocupação em discutir as relações entre geomorfologia e pedologia, entre morfogênese e pedogênese e, mais raramente, entre os objetos dessas disciplinas, os *solos e vertente*. Na maioria dos casos, os solos são apenas mencionados, sem maiores reflexões sobre as relações que mantêm com os relevos. Seguramente Jean Tricart foi um dos que mais se preocupou com essa questão, pelo menos a partir de seu artigo “*As relações entre a morfogênese e a pedogênese*”.

Para os pedólogos essa busca é permanente, desde a conceituação inicial de Dokutchaev no último quarto do século IX (1883). Ele dava prioridade ao clima como um fator importante de formação dos solos, reconhecia também a importância do “*sub solo*”, da vegetação, da fauna e do relevo (grifo nosso).

Podemos lembrar alguns marcos do reconhecimento da importância do relevo para os solos. Milne (1935/1936) propunha o conceito de “*catena*” para expressar a distribuição sistemática e repetitiva de solos ao longo das vertentes, numa região determinada. Jenny (1941), em seu clássico livro sobre os fatores de formação dos solos, colocava o relevo como fundamental ao lado do clima, organismos, material de origem e tempo. Para ele, a relação entre o relevo e os solos se expressaria através da topografia, que condicionaria a circulação interna e externa da água, com distribuição de elementos pela erosão.

A revista CATENA publicou um suplemento, em 1985, integralmente dedicado aos “*Soils and Geomorphology*” com preocupação mais conceitual, como no artigo do editor Jungerius. O livro de Daniels e Hammer “*Soil Geomorphology*” (1992) traz no título um prenúncio da abordagem, onde os solos seriam a expressão da evolução geomorfológica.

Mais recentemente, alguns pedólogos introduziram a noção de cobertura pedológica, material friável proveniente da alteração das rochas pelo intemperismo. A cobertura pedológica é tridimensional, recobrimo continuamente as vertentes. A palavra solo inclui então a noção de cobertura pedológica e representa o objeto principal da pedologia.

Como historicamente essas relações foram tratadas

A pedologia sempre viu no relevo um fator importante para a compreensão dos solos; o mesmo não se pode dizer da geomorfologia, que via nos solos um papel de coadjuvante. As relações entre ambas passa pelo modo como os pedólogos e geomorfólogos veem as relações recíprocas.

Para a pedologia, o relevo ou topografia, segundo Jenny (1941), é um dos cinco fatores de formação dos solos, junto com o material de origem (substrato rochoso), organismos (com a matéria orgânica), tempo e homem. Algumas questões envolvem classicamente a importância do relevo para os solos:

A autoctonia ou aloctonia dos materiais de origem dos solos em relação à rocha subjacente coloca a questão da presença eventual de colúvios (processos erosivos). A relação com a geomorfologia é evidente, pois diz respeito às preocupações com a interpretação da evolução das vertentes. Essa questão envolve, por exemplo, o problema das “stone lines” que, para muitos, representariam descontinuidades erosivas. Separariam materiais cuja formação estaria sujeita a processos geomorfológicos sucessivos, acarretando superposições de materiais e de pedogêneses, separadas no tempo e no espaço por hiatos erosivos.

Influência da vertente (topografia) sobre os solos: certas propriedades dos solos variariam ao longo das vertentes, como a granulometria, as bases trocáveis e outras características, variação interpretada como resultado da circulação hídrica (JENNY, 1941). O conceito de catena proposto por Milne (1936) indicaria a presença regional de sucessões sistemáticas de solos ao longo das vertentes, tendo a erosão como principal fator responsável. Esse conceito foi também adotado por geomorfólogos.

Relação dos solos com os relevos: Bennema, Camargo e Wright, em 1962, haviam observado que a distribuição dos solos entre o litoral atlântico e a Bolívia estaria relacionada com o tipo de relevo: as zonas serranas com relevo acidentado abrigariam litossolos e solos pouco desenvolvidos; as áreas com relevos colinosos mostrariam podzólicos vermelho-amarelo, medianamente desenvolvidos, e as áreas com relevos mais tabulares seriam recobertas por latossolos, solos mais antigos.

Observa-se que, mesmo sem terem consciência do fato, pedologia/pedogênese e geomorfologia/morfogênese apresentaram interpretações convergentes sobre juventude

e maturidade de relevos e solos. Essa questão foi abordada formalmente por Queiroz Neto (1975) ao registrar em cartas 1:200.000 a distribuição de solos na fachada norte ocidental da Mantiqueira: reconheceu áreas com dominância de solos com horizonte B latossólico, em relevos de colinas amplas de topos bastante aplainados, e área com dominância de solos com horizonte B textural, em relevos mais colinosos. Isso permitiu propor um modelo de evolução do relevo dessa porção da Serra da Mantiqueira, baseado nos conceitos de mamelonização e pedimentação.

É importante salientar que essa interpretação das relações entre solo e relevo foi uma espécie de “muleta” da qual se serviu a pedologia para estimar o tempo necessário para a formação de perfis de solos: a interpretação da pedogênese ficava na dependência da conceituação geomorfológica de evolução do relevo, isto é, era esta que estabelecia as cronologias às quais a “gênese” dos solos se adaptaria. Essa adaptação, que não ocorreu apenas no Brasil, persiste até hoje.

Para a geomorfologia, os geomorfólogos conseguiram apresentar um modelo de evolução dos relevos dando conta não só das diferenças entre formas, que apareciam contiguamente numa região determinada, como também dos processos responsáveis, incluindo as alternâncias climáticas do Quaternário. Nesses trabalhos, os solos são citados quase sempre de modo genérico e nem sempre corretamente.

Geomorfologia e pedologia: Tricart e Kilian (1979) diziam de modo muito apropriado que a proximidade da geomorfologia com os pedólogos aparece já nos processos de alteração das rochas, na mobilização e nas acumulações das partículas e íons. Pelo menos nesses estágios iniciais a pedogênese seria um dos elementos da morfogênese. Afirmava também que, assim como a geomorfologia estaria subordinada à geologia estrutural, a pedologia estaria subordinada à geomorfologia, aspecto permanente no seu pensamento.

A contiguidade de áreas com relevos de colinas policonvexas (mamelonização) ao lado de áreas com relevos de colinas de topos mais aplainado com superfícies em patamares (pedimentação) levaram Ab'Saber (1973) a propor um modelo de evolução dos relevos brasileiros, quando vai surgir a “antipatia/oposição” entre um e outro. A pedimentação ocorreria em climas mais secos, semiáridos beirando até a aridez, enquanto a mamelonização ocorreria em climas mais úmidos.

Modelo evolutivo similar havia sido proposto pelo pedólogo Segalen (1969) para explicar a presença de *stone-lines* em relevos colinosos e relevos tabulares na África, sem que essas proposta tivessem sido conhecidas do outro lado do oceano.

A carta geomorfológica do Estado de São Paulo (IPT) na escala 1:1.000.000, registra a presença de relevos de colinas amplas, que estariam recobertas por latossolos, e relevos de colinas médias, com podzólicos vermelho-amarelo ou solos com horizonte B textural.

A antinomia/oposição entre pedogênese e morfogênese:

Tricart (1977) assinala que a ação da água acarreta a migração, o transporte e a exportação de elementos: internamente, interfere na pedogênese, externamente (erosão) teria ação direta na morfogênese. Tricart e Kilian (1979) afirmaram formalmente que existiria uma antinomia entre pedogênese e morfogênese, pois:

- a pedogênese aumentaria em profundidade em detrimento do material (rocha) subjacente, e os solos tornariam-se mais espessos e os horizontes mais diferenciados (*a morfogênese seria pouco atuante*);

- a morfogênese exerceria uma ablação generalizada, provocando a diminuição da espessura dos solos e mesmo sua eliminação (*a pedogênese não teria condições de se desenvolver*).

Essa antinomia entre pedogênese e morfogênese poderia ser ajustada à antinomia/oposição entre mamelonização e pedimentação, exposta mais atrás. Baseados nessa antinomia/oposição, Tricart (1977) e Tricart e Kilian (1979) propuseram o estabelecimento dos balanços entre morfogênese e pedogênese para a interpretação da instabilidade das vertentes, proposta que vem sendo largamente utilizada por geomorfólogos.

A ideia de antinomia/oposição entre pedogênese e morfogênese, na realidade, havia sido formulada anteriormente pelo pedólogo/geoquímico Ehrhart (1956) como a teoria da *Biostasia e Rexistasia*, com repercussão relativamente reduzida nos meios pedológicos, mas largamente aceita pelos geomorfólogos.

É interessante assinalar que os geomorfólogos não deram maior atenção ao estudo das formações superficiais (expressão preferida por TRICART em lugar de solos) chamando-as genericamente de colúvios. Os trabalhos desenvolvidos pelo *Centre de Géomorphologie Cnrs* não chegam a constituir exceção: suas cartas geomorfológicas na escala 1:50.000, que recobriram quase toda a Normandia, foram acompanhadas de cartas de formações superficiais. Mas, na realidade, esses trabalhos avançaram no registro da granulometria e espessura das formações superficiais, estabelecendo interpretações crono-espaciais que não envolviam as relações entre elas e as vertentes.

Por fim, convém salientar que os geomorfólogos conseguiram apresentar um modelo de evolução dos relevos dando conta não só das diferenças entre formas, que apareciam justapostas numa região determinada, mas também com interpretações dos processos responsáveis que incluem as alternâncias climáticas do Quaternário.

Nova visão dos solos revê alguns mitos

A nova visão do objeto solo obriga-nos a realizar ampla revisão das interpretações das relações entre os solos e as vertentes e/ou entre morfogênese e pedogênese.

Análise estrutural da cobertura pedológica: para a pedologia, a superação da visão verticalista dos perfis de solo pela análise estrutural da cobertura pedológica é fundamental. Do Pedon passa-se à noção de cobertura pedológica como um *continuum* que recobre as vertentes (BOULET, 1978; BOULET et al, 1984; RUELLAN e DOSSO, 1993). Esse novo conceito permite a compreensão correta da distribuição espacial dos solos, de seus funcionamentos, de suas histórias (gêneses) e de suas relações com as outras ciências da natureza incluindo a geomorfologia.

Sistemas pedológicos e sucessão de solos nas vertentes: os estudos recentes dos processos pedológicos/pedogenéticos levaram ao reconhecimento e à definição dos sistemas pedológicos em transformação e os em equilíbrio dinâmico (BOULET, 1978; BOULET et al, 1984; QUEIROZ NETO, 1993; RUELLAN e DOSSO, 1993).

Os sistemas pedológicos em transformação.

O exemplo paradigmático é a sucessão, ao longo das vertentes, dos latossolos no topo das colinas e os argissolos a partir das meias encostas. Esses solos aparecem, nas classificações pedológicas, em ordens e/ou classes geneticamente diferentes.

A *Análise Estrutural da Cobertura Pedológica* nos trabalhos realizados em Marília, no planalto ocidental paulista mostrou que a sucessão B latossólico \Rightarrow B textural ao longo da vertente (figura 1) corresponde a um *sistema de transformação de uma organização pedológica em outra*, incluindo modificações de cor, textura, estrutura, porosidade, mineralogia e outros atributos físico-químicos dos solos (FERNANDES BARROS, 1985; CASTRO, 1990). Os procedimentos da *Análise Estrutural da Cobertura Pedológica* permitiram, além disso, caracterizar a dinâmica hídrica e seu funcionamento, como indicado na Figura 1 através das setas

O desencadeamento dos processos estaria relacionado com uma modificação do nível de base local (Córrego Invernada), que aceleraria os fluxos internos das soluções na vertente. A transformação do horizonte latossólico em argílico começa na base da vertente e avança remontantemente para o topo, com perdas progressivas de argila e convexização da vertente, mantendo, porém, o paralelismo com os horizontes. É importante assinalar que na porção mediana da pedosequência há maior acumulação de água, as perdas de argila se acentuam, causando a modificação da forma da vertente, com início de uma concavidade (Figura 1, pontos 68 e 69).

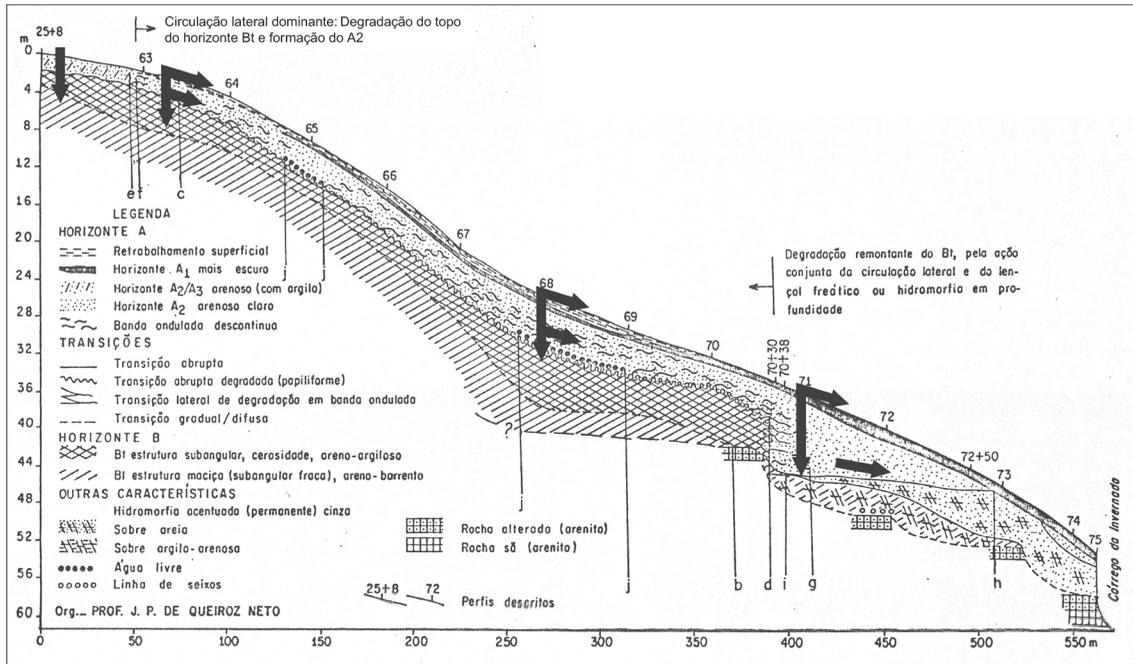


Figura 1 – A topossequência mostra a transformação de solos com horizonte B latossólico em solos com horizonte B textural (FERNANDES BARROS, 1985 e CASTRO, 1990).

O reconhecimento das características pedológicas, dos arranjos geométricos entre os horizontes permite a espacialização da dinâmica da circulação interna da água vertical e, lateralmente, determina a movimentação de matéria (Figura

2) possibilitando compreender, por exemplo, a evolução dos solos e das vertentes em “degraus” sobre arenito Piramboia com lentes de argila, na região de São Pedro (DIAS FERREIRA, 1997).

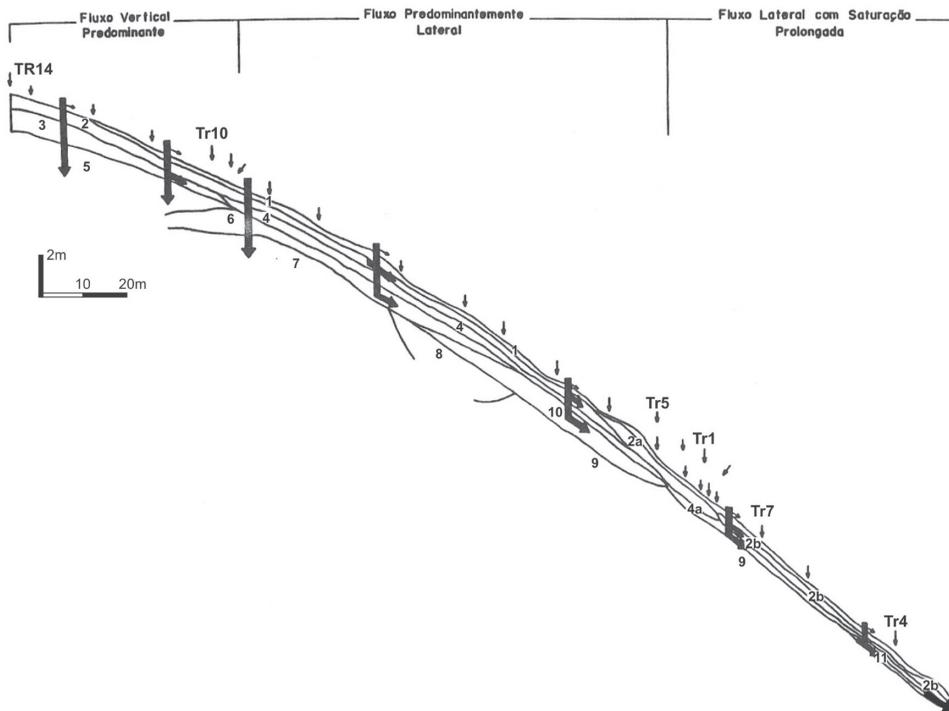


Figura 2 – A topossequência Retiro mostra como as camadas silto-argilosas do substrato e os horizontes B na determinam o fluxo lateral (DIAS FERREIRA, 1997).

A presença da camada 6, siltico-argilosa, no terço superior da vertente modifica, para jusante, os fluxos internos das soluções. A diminuição da velocidade dos fluxos, causada por alguma retenção de água (horizontes 2a, 2b, 4a) não modifica (ao contrário acentua) o paralelismo com a vertente.

O trabalho de Lucas et al. (1984) foi pioneiro entre nós, dando conta do significado das configurações das organizações dos horizontes ao longo das vertentes em Manaus, resultante do funcionamento de sistemas de transformação pedológica. A troposequência mostra a transformação dos latossolos amarelos do topo das colinas, com mais de 80% de argila, em podzóis, quase sem argila, nos terços finais da

encosta, terminando em solos totalmente arenosos no sopé (Figura 3). A “erosão” geoquímica é responsável pelas perdas progressivas de argila e também pela formação da encosta. A cobertura pedológica é transformada, mas seus horizontes mantêm-se paralelos à vertente, indicando que evoluíram conjuntamente. A parte final da encosta na margem do curso d’água é coberta apenas por areias quartzosas, mais resistentes ao intemperismo. A leve concavidade da encosta se acentua com o prosseguimento do processo, formando um degrau arenoso à semelhança de um terraço fluvial. Para os autores citados, essa configuração do relevo afasta a interpretação de que esses patamares corresponderiam a terraços fluviais balizando a evolução recente da drenagem.

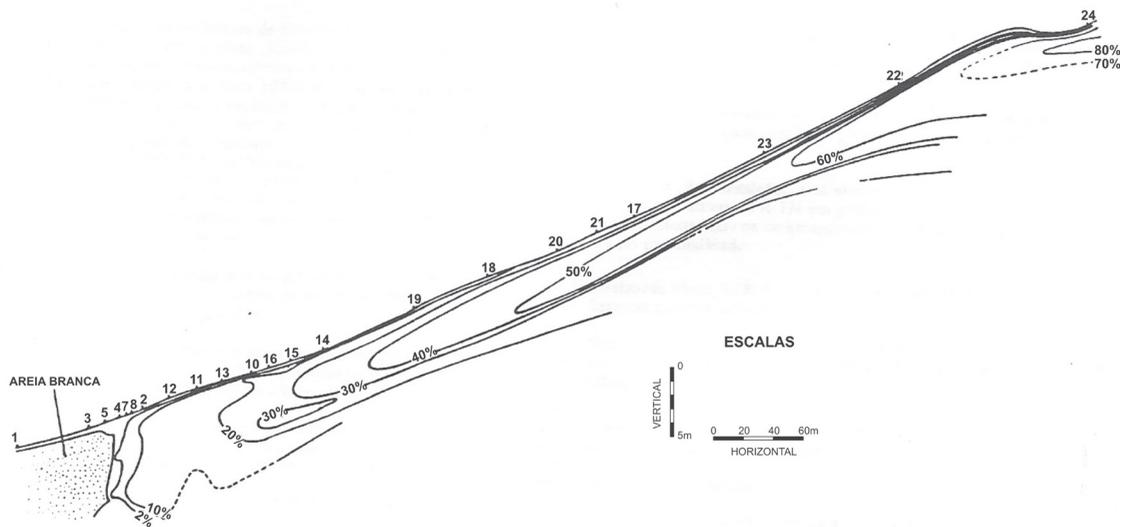


Figura 3 – As curvas isovalor de argila na sequência 1 de Lucas et al (1984) mostram sua diminuição progressiva, na passagem dos latossolos amarelos da parte alta (ponto 24) para as areias brancas do sopé (pontos 4 a 1) passando pelo Podzol (pontos 10 a 4).

Sistemas em equilíbrio dinâmico

Estes sistemas pedológicos contrapõem-se aos anteriores: são constituídos por coberturas pedológicas latossólicas homogêneas, vertical e lateralmente, ao longo das vertentes, passando, no sopé, a solos hidromórficos (QUEIROZ NETO e PELLERIN, 1994). Tais sistemas mostram a presença de vertentes regularizadas e em equilíbrio relativo, indicando uma momentânea estabilidade da rede hidrográfica. Somente a modificação das relações geométricas entre a vertente e as organizações pedológicas poderá romper esse equilíbrio.

Autoctonistas versus aloctonistas e as “stone lines”

Baseando-se em pesquisas sobre térmitas realizadas na África, Cailleux (1957/1959) havia sugerido que as formigas poderiam ter um papel importante na formação dos solos superficiais separados da base por um leito de seixos observados no Brasil.

Essa sugestão de Cailleux provocou uma refutação incisiva de Ab’Saber (1962), para quem as “stone lines” testemunhariam um paleo-pavimento detrítico, cuja formação estaria relacionada aos processos de erosão seletiva em climas secos, deixando na superfície um pavimento pedregoso que, posteriormente, seria recoberto por colúvios mais finos.

Aqui no Brasil não se deu maior atenção ao magnífico trabalho de Vogt e Vincent que, em 1966, publicaram uma ampla revisão bibliográfica sobre as interpretações do “*complexe de la stone line*”, com cerca de 110 citações sobretudo do Brasil e da África. Nas conclusões afirmam que os resultados apontam para a existência de categorias diferentes de *stone lines*. Essa observação de Vogt e Vincent (*op. cit.*) parece não ter chegado ao Brasil. A ideia do paleopavimento detrítico dominou o cenário das interpretações realizadas no Brasil sobre a evolução das vertentes e seus materiais de recobrimento, tanto por pedólogos, quanto geomorfólogos, principalmente na conceituação da evolução dos relevos no Quaternário.

No entanto, pesquisas realizadas entre nós apontaram outra direção para a interpretação da presença de *stone lines*: poderiam testemunhar influências biológicas (formigas, cupins e minhocas) tanto na gênese de organizações pedológicas (passagem de estruturas poliédricas para micro agregadas), quanto na disposição de horizontes enterrados e de “*stone-lines*” (MIKLOS, 1992, 1993). Para ele, o paralelismo das linhas de seixos e dos horizontes sômbrios de profundidade com a vertente indicam que essas organizações pedológicas teriam evoluído conjuntamente com a vertente. É interessante assinalar que pesquisas realizadas na África também apontam para a ação de térmitas na elaboração de estruturas em micro agregados de solos ferralíticos. Além disso, essas pesquisas mostraram também que os materiais situados acima das linhas de seixos são os mesmos encontrados abaixo delas, resultantes da alteração *in situ* das rochas, como aliás, o próprio Miklos (1983) havia mostrado em Botucatu.

Pedogênese e evolução da rede hidrográfica.

Suguio e Bigarella (1990) chamam a atenção para o fato de que os rios representam um dos mais importantes agentes geológicos, sendo responsáveis em grande parte pelo modelado do relevo. Essa observação parece inegável, já que os rios desempenham um importante papel na redistribuição de matéria ao longo de seus cursos. No entanto, convém lembrar que os sedimentos transportados e depositados pelos rios são fornecidos, sobretudo, pela erosão nas vertentes.

Essa ideia de agente geológico está associada aos padrões geométricos apresentados pelas redes hidrográficas, com direções concordantes (e dependentes) com as estruturas geológicas. Permitiu afirmar que os rios aproveitariam linhas e pontos de fraqueza da superfície da crosta

(falhas, fraturas, diáclases) para se instalar. Mas pouco se fala sobre o início desses processos, por onde e como eles se iniciariam.

A ação geoquímica das águas intempéricas sobre as rochas tem sido negligenciada, com exceção do caso flagrante do carste. No entanto, a alteração das rochas ácidas e básicas pelo intemperismo em região tropical elimina quantidades importantes de matéria. Melfi (1969), estudando um perfil de alteração sobre granito em Itu, avaliou uma perda em volume de SiO_2 de até 72% e de 50% a 95% em volume dos cátions; um diabásio em Campinas apresentaria perdas muito maiores, de até 88% de SiO_2 e acima de 95% dos cátions.

Essas perdas serão mais intensas onde as águas intempéricas penetram nas rochas com maior facilidade e em maior quantidade, justamente ao longo das fraturas, falhas e diáclases, como Castro (1980) indicara ao interpretar a formação de depressões e a evolução da drenagem no platô de Itapetininga. Essa perda de matéria, mais acentuada pontual ou linearmente, acaba provocando deformações na superfície sobre as quais vão se acumular águas de chuva.

Pesquisas realizadas na região de Uberlândia mostram o condicionamento da rede de drenagem pelas estruturas geológicas regionais (LIMA, 1996), indicado pelo paralelismo das veredas afluentes do Ribeirão Panga, bem como pelas quebras de direção no seu curso.

O estudo de uma vereda sobre arenitos, na Estação Ecológica do Panga (Figura 4), permitiu mostrar a geometria das organizações pedológicas ao longo das vertentes. A cobertura pedológica atravessa a vereda de um lado a outro sem interrupção, mostrando transformações laterais progressivas dos horizontes (horizontes 5 e 9, Figura 1) e aprofundamento do eixo de drenagem com aparecimento de hidromorfia. A saturação em água na parte central da vereda é responsável pelo desaparecimento das concreções ferruginosas, mudanças de cor e diminuição dos teores de argila (horizontes 2 e 2' e 3 e 3'), além de formar o horizonte turfoso 7. O afundamento na parte central da vereda deformou igualmente as duas vertentes sem alterar, no entanto, o paralelismo dos horizontes e da linha de seixos e de concreções ferruginosas, que acompanham a forma da vertente. É importante assinalar que no fundo da vereda não foram encontrados indícios de entalhamento por correntes hídricas nem de depósitos sedimentares: sua forma é causada por alterações das rochas pelo intemperismo, com transferências de matéria em profundidade seguindo os alinhamentos da estrutura geológica.

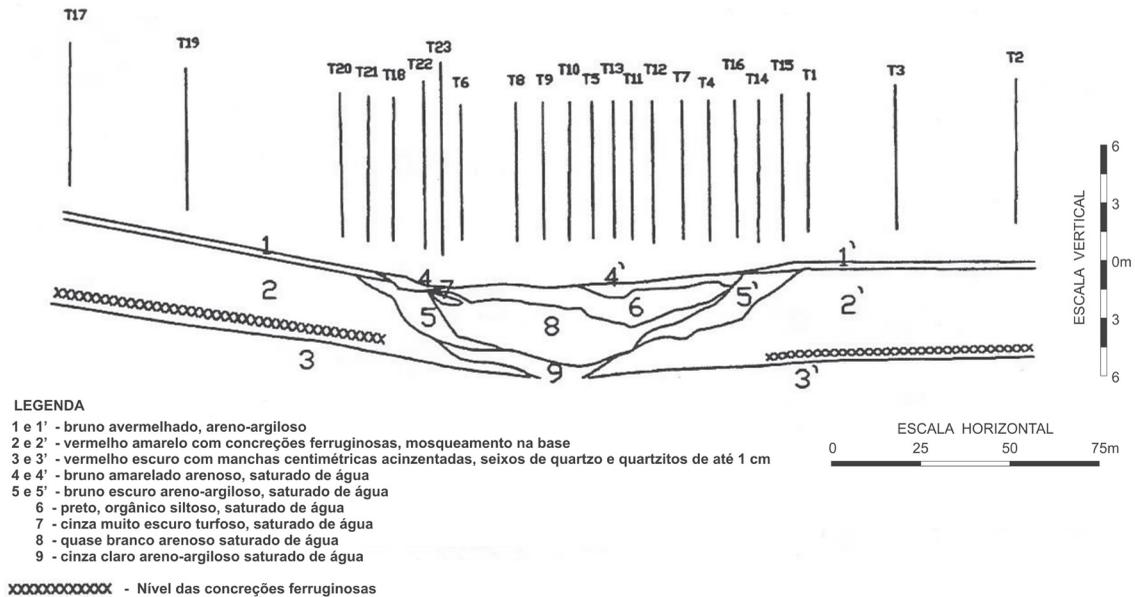


Figura 4 – Toposequência Vereda na Estação Ecológica do Panga, mostrando o paralelismo dos horizontes pedológicos (1 e 2) e do nível das concreções com a vertente e a organização dos horizontes pedológicos com transformações laterais até o centro da Vereda.

A presença de depressões fechadas em posições topográficas elevadas nos relevos tem chamado a atenção dos pesquisadores, como é o caso da fotografia aérea da porção da Chapada de Uberlândia, que contém as depressões da Lagoa Irara e do Covoal da Fortaleza. Queiroz Neto, Feltran Filho e Schneider (1998), estudando a Lagoa Irara e o Covoal da Fortaleza, mostraram as diferentes etapas da instalação e evolução das depressões e da rede de drenagem (Figura 5). Lagoas fechadas menos profundas, como a Lagoa Irara, constituem uma primeira etapa da evolução: as toposequências estudadas mostraram que os horizontes pedológicos argilosos permanecem paralelos às vertentes, acompanhando-as em direção ao centro da depressão. Nessa direção, o teor de argila diminui e a coloração passa de vermelho escuro para tonalidades mais claras, com manchas de hidromorfia em profundidade.

O Covoal da Fortaleza, maior e mais profundo, representa uma etapa mais avançada dessa evolução, registrando flutuação importante do lençol freático que aflora na parte central durante algum tempo. As transformações da cobertura pedológica são mais intensas, com mosqueamento que se acentua até um material branco na parte central, mostrando perda considerável do ferro. Esse covoal apresenta um exutório que deságua no Rio Uberabinha, que aparece no canto nordeste da foto. Esse exutório é o principal testemunho do início de formação de um curso de água.

O Córrego Beija Flor, e outros da Chapada, apresentam uma característica peculiar: seus fundos de vale são marcados pela presença de zonas deprimidas semicirculares, lembrando antigas depressões: esse aspecto é particularmente nítido em afluentes da margem esquerda (Figura 5). Essas formas semi-

circulares indicam a posição de antigas depressões que, com o tempo, coalescem para formar os atuais cursos de água, que vão indicar as direções das estruturas geológicas regionais.

Pontos finais em construção: caem alguns mitos

As relações entre pedologia e geomorfologia devem ser estabelecidas através do estudo das relações entre seus objetos: solo (cobertura pedológica) e vertente, tornando possível a interpretação correta das influências da pedogênese e da morfogênese na elaboração dos relevos.

No entanto, o conhecimento atual sobre os sistemas pedológicos em transformação ou em equilíbrio dinâmico ainda é pequeno. Serão necessárias pesquisas no sentido de reconhecer, cadastrar e catalogar os diferentes sistemas pedológicos, o que tornaria possível o equacionamento mais correto das relações morfogênese e pedogênese.

É pelo significado desses sistemas pedológicos que vamos começar.

Os sistemas pedológicos em equilíbrio dinâmico ocorrem em relevos de colinas amplas e de menor declividade: enquanto as relações geométricas entre a forma da vertente com sua declividade, a disposição da cobertura pedológica latossólica e o fundo do vale, com forma de vereda ou em U muito aberto forem mantidas, as relações entre a vertente e seu recobrimento pedológico mantêm-se estáveis. É bom lembrar que os latossolos apresentam apenas o horizonte A, que acompanha a forma da vertente, sobre um B homogêneo e espesso.

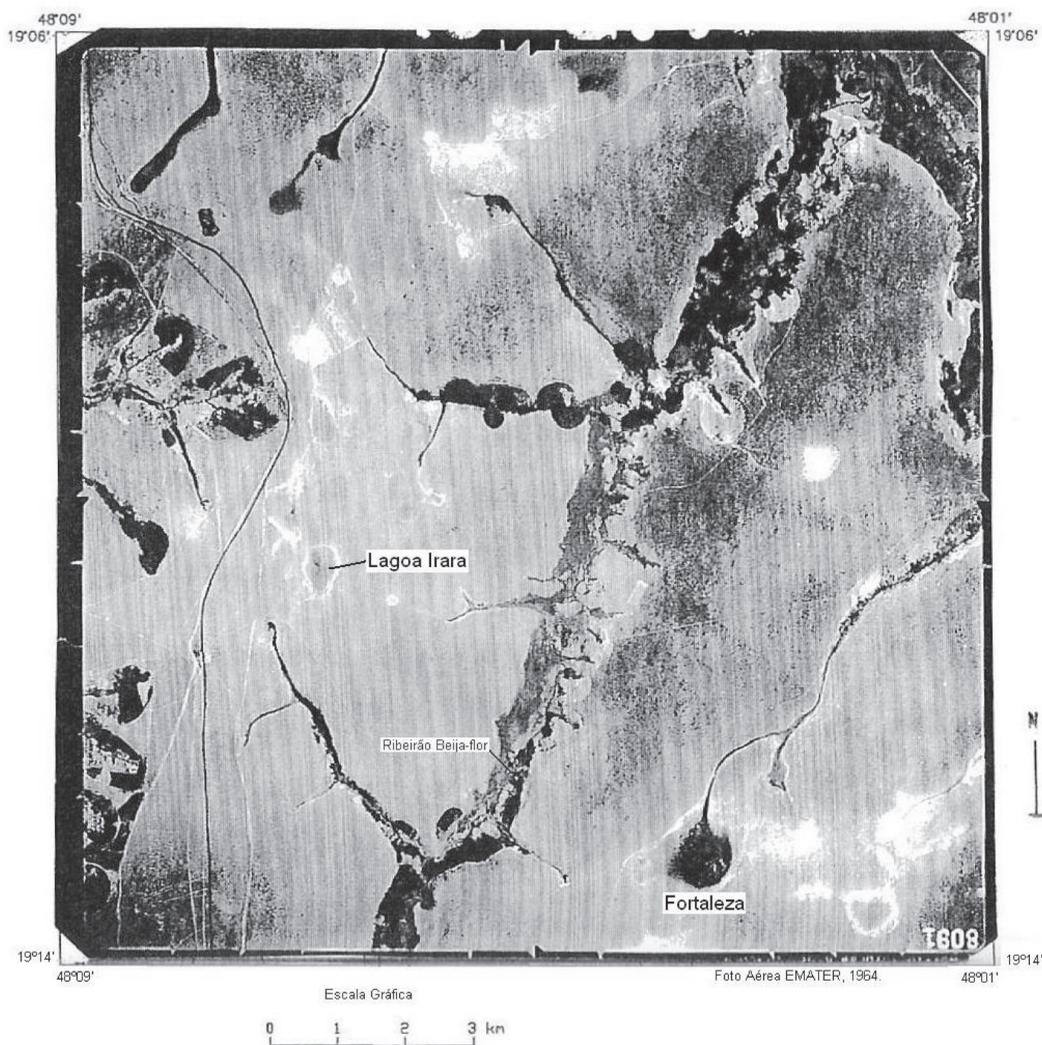


Figura 5 - Foto aérea mostra a Lagoa Irara e o Covoal da Fortaleza; aparecem outras depressões fechadas rasas (ao N da Irara e a E de Fortaleza) além do curso do Beija Flor e afluentes, que mostram sucessão de depressões semicirculares coalescentes.

Na manutenção do equilíbrio, o aprofundamento da rede de drenagem é acompanhado pelo aprofundamento da frente de alteração das rochas pelo intemperismo; dessa forma, as colinas com suas vertentes serão rebaixadas, acompanhando a velocidade de aprofundamento do talvegue principal. O conceito de equilíbrio dinâmico advém do fato de ocorrer um rebaixamento geral do relevo sem que haja modificação relativa de seus componentes, em outras palavras, sem modificação da cobertura pedológica, que permanece estável.

Os sistemas pedológicos em transformação ocorrem em relevos colinosos e vão aparecer sempre que as relações geométricas entre os elementos da topografia e dos horizontes pedológicos são modificadas. Estas mudanças correspondem, sobretudo, ao aumento das declividades (aprofundamento do vale, mudança climática ou tectônica), provocando dese-

quilíbrios que começam a se manifestar na base da vertente: aumenta a quantidade de água e a energia dos fluxos, que vão provocar fenômenos de hidromorfia, eliminação do ferro e desestabilização da argila (LUCAS, 1989; CASTRO, 1990). Paralelamente, as soluções podem aportar íons, provocando modificação das condições estruturais e físico-químicas e, até, neo formações mineralógicas.

Com a maior perda de elementos na base da vertente, aumenta a declividade e aparecem formas mais acentuadamente convexas, como Queiroz Neto (1993) havia assinalado.

Em profundidade, nos dois sistemas pedológicos, a alteração do substrato rochoso prossegue, abaixando a frente de alteração; esta pode passar por uma fase de formação de glêbulas e nódulos ferruginosos (COELHO et al, 2001; COELHO e VIDAL-TORRADO, 2003) e até de cou-

raça ferruginosa (LADEIRA, 1995), mas a estrutura inicial do solos é micro-agregada. Assim, a primeira estrutura pedológica formada por pedoplasmação é microagregada, latossólica, contendo com frequência pequenas concreções ferruginosas que permanecem como litotestemunhos da alteração das rochas. Isso também explica porque abaixo dos horizontes argílicos (B texturais) frequentemente se observa a presença de horizonte microagregado similar aos latossólicos.

O reconhecimento desses fatos implicará em modificações nas classificações de solos (USA e Brasil), que não reconhecem que os solos com horizonte argílico representam “apenas” a transformação de B latossólicos, isto é, estão geneticamente associados e não classificados em ordens ou classes diferentes.

Outros aspectos das relações entre os solos e as vertentes, ou entre pedogênese e morfogênese, merecem ser destacados.

Em primeiro lugar, não há antagonismo entre pedogênese e morfogênese, os dois processos atuam conjuntamente no estabelecimento do modelado. A constatação da continuidade dos horizontes, mesmo com transformações, do topo à base das colinas, mas mantendo o paralelismo com a forma da vertente, indica o desencadeamento, não necessariamente atual, de processos solidários e simultâneos que prosseguem até agora, o que envolve também a ideia de convergência e de manutenção da funcionalidade.

Da mesma forma, o paralelismo frequente das “*stone lines*” com as vertentes também indica que suas gênese e evolução podem ser simultâneas e contemporâneas à evolução das vertentes e solos. A atuação da atividade biológica dos solos na fabricação de agregados e na migração ascendente vertical de materiais, enterrando as “*stone lines*”, leva à reinterpretação da gênese dos solos e da evolução das vertentes, no sentido da autoctonia dos materiais de origem, da evolução conjunta dos solos e das vertentes, além de também trazerem a noção de manutenção da funcionalidade.

A formação e a evolução das depressões fechadas, semi fechadas e abertas é da responsabilidade de “*erosão*” geoquímica. Além disso, lagoas fechadas e erosão geoquímica seriam responsáveis, pelo menos “*pro parte*”, pela instalação dos cursos d’água e da própria rede de drenagem.

Para finalizar, podemos afirmar que pesquisas pontuais e sistemáticas são necessárias para esclarecer algumas questões levantadas. Para isso, deve ser empregado todo o arsenal disponível de técnicas de campo e laboratório, que levem ao aprofundamento da questão das relações dos solos com as vertentes, da morfogênese com a pedogênese.

Referências bibliográficas

AB’SABER, A. N. **Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte sub-superficial de Brasil cascalhos inhumados Oriental**. Bol. Univ. Paraná, Geogr. Física, v. 2, p. 1-32, 1962.

AB’SABER, A. N. **A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras**. Geomorfologia v. 41, 39 f, 1973.

BENNEMA, J.; CAMARGO, M.; WRIGHT, A. C. S. Regional contrast in South America soil formation in relation to soil classification and soil fertility. In: **International Soil Conference, New Zealand**, Int. Soc. Soil Science, p. 1-15, 1962.

BOULET, R. **Existence de systèmes a forte différenciation laterale em milieu ferrallitique guyannais: un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibres**. Science du Sol, v. 2, p. 75-92, 1978.

BOULET, R., CHAUVEL, A. e LUCAS, Y. **Les systèmes de transformation en Pedologie**. Paris, AFES, Livre Jubilaire du Cinquantenaire, p. 167-179, 1984.

BOULET, R.; CHAUVEL A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS Y. **Analyse structurale et cartographie en Pédologie, I-Prise en compte de l’organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols**. Paris, Cah. ORSTOM sér. Pédologie, XIX(4), p. 309-322; 323-340: 341-352, 1982.

CAILLEUX, A. **La ligne de cailloutis a la base des sols jaune**. Not. Geomorf. v. 4, 43f, 1959.

CASTRO, S. S. **Sistemas de transformação pedológica em Marília: B latossólicos e B texturais**. 1990. 274f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - FF C H, USP, São Paulo.

COELHO, M. R., VIDAL-TORRADO, P. **Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru-I Química**. Viçosa, Rev. Bras. Ci. Solo v. 27, p. 483-494, 2003.

COELHO M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; LADEIRA, F. S. B. **Macro e micromorfologia de ferricretos nodulares desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru**. Rev. Bras. Ci. Solo v. 25, p. 371-385, 2001.

DIAS FERREIRA, R. P. **Solos e morfogênese em São Pedro, SP**. 1997. 157. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Dep. Geografia, FFLCH, USP, São Paulo.

ERHART, H. **La gênese des sols en tant que phénomène géologique**. Paris: Masson et Cie. Ed., 1956.

FERNANDES BARROS, O. N. **Análise estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília/SP: ensaio metodológico**. 1985. 146f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Dep. Geografia, FFLCH, USP, São Paulo.

INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNICAS-IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Pró Minério e IPT, Div. Minas e Geol. Aplic., Monografia 5, 94 p. (Mapa 1:1.000.000), 1981.

- JENNY, H. **Factors of soil formation**, New York: McGraw-Hill Book Inc., 1941.
- JUNGERIUS, P. D. **Soils and Geomorphology**. Catena Supp. V. 6, p. 1-6, 1985.
- LADEIRA, F. S. B. **Estudo micromorfológico de um Latossolo Roxo no município de Guaira/SP**. 1995. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Dep. Geografia, FFLCH, USP, São Paulo.
- LIMA, S. C. **As veredas do Ribeirão Panga no Triângulo Mineiro e a evolução da paisagem**. 1996. 260f. Tese (Doutorado em Geografia Física) Departamento de Geografia USP, São Paulo.
- LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G.; SCATOLINI, F. **Transição latossolos - podzois sobre Formação Barreiras na região de Manaus**, Rev. Bras. Ci. Solo v. 8, p. 325-335, 1984.
- MELFI, A. J. **Intemperismo de 3 granitos e diabásios no município de Campinas e arredores, Estado de São Paulo**. 1967. 166 f. Tese (Doutorado em Geologia) - FFCL, USP.
- MIKLOS, A. A. W. **Rélatios entre l'altération et la pedoplasmation dans un profil vertical sur basalte dans la région de Botucatu, Brésil**. 1986. 46 f. Dissertação (DEA) - Universidade de Poitiers, França.
- MIKLOS, A. A. W. **Horizontes latossólicos, horizontes sômbrios e "stone lines": organização de origem biológica – fauna do solo**. XXIV Congr. Bras. Ci. Solo, Goiânia, Resumos, v. II, 1993.
- MILNE, G. **Some suggested units of classification and mapping particularly for Eats Africain soils**. Soil Research, suppl. Proc. Int. Soc. Soil Sci. v. IV(3), p. 183-198, 1935.
- MILNE, G. **Normal erosion as a factor in soil profile development**. Nature, v. 26, p. 548-549, 1936.
- MILNE, G. **Soil reconnaissance journey through parts of Tanganika territory, December 1935 to February 1936**. The Journal of Ecology XXXV (1 & 2), reprinted on Amani Memoirs, p. 192-265, 1942.
- QUEIROZ NETO, J. P. **Pedogênese no Planalto Atlântico. Contribuição à interpretação paleogeográfica dos solos da Mantiqueira norte ocidental**. 1975. 270f. Tese (Livre Docência) – Dep. Geografia, FFLCH, USP.
- QUEIROZ NETO, J. P. **Pedogênese e evolução das formas de relevo no Planalto Ocidental Paulista: o exemplo da região de Marília**. In: Anais do V Simpósio de Geografia Física, São Paulo, p. 505-510, 1993.
- QUEIROZ NETO, J. P.; FELTRAN FILHO, A.; SCHNEIDER, M. **L'évolution de la couverture pédologique et du relief sur les plateaux de l'ouest de l'état de Minas Gerais (Brésil)**. Anais 16° Congresso Mundial de Ciência do Solo, Montpellier, Simpósio 15, p. 1 a 7 (CD rom), 1998.
- RUELLAN, A.; DOSSO, M. **Regards sur le sol**. Paris: Universités Francophones, Ed. Soucher, 1993.
- SEGALEN, P. **Le remaniement des sols et la mise en place des «stone-lines» en Afrique**. Cahiers ORSTOM, série Pédologie 3(3), p. 179-206, 1969.
- SUGUIO, K. E BIGARELLA, J. J. () **Ambientes fluviais**. Florianópolis: Ed. UFSC e Ed. UFPR, 1990
- TRICART, J. **As relações entre a morfogênese e a pedogênese**. Not. Geomorf. V. 8, p. 5-18, 1968.
- TRICART, J.; KILIAN, J. **L'éco-géographie**. Paris: ed. F. Maspero, 1979.
- VOGT, J. e VINCENT, P. L. **Le complexe de la stone-line: mise au point**. Bull. BRGM v. 4, p. 3-51, 1966.