

# ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO E PESQUISA

José Pereira de Queiroz Neto\*

**Resumo:** O acordo CAPES/COFECUB permitiu ao Departamento de Geografia desenvolver, entre 1980 e 1995, um programa de ensino e pesquisa em pós-graduação, com a participação da *École Nationale Supérieure Agronomique* de Rennes, do *Centre de Géomorphologie CNRS*, de Caen e do *Centre ORSTOM* de Caiena, sob o tema "Análise estrutural da cobertura pedológica e suas aplicações nos ambientes tropicais". O programa compreendia uma parte teórica e outra prática, com levantamento e cartografia de coberturas pedológicas em diferentes áreas de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais. Com base nesses trabalhos foram elaboradas sete dissertações de mestrado e 18 teses de doutorado: seus resultados científicos representam uma significativa contribuição ao conhecimento da pedogênese e da dinâmica pedológica atual, relacionada à gênese e evolução dos relevos e a questões de uso dos solos. Os resultados são sintetizados em dois conjuntos temáticos: 1- sistemas pedológicos: gênese e dinâmica; 2- funcionamento hídrico e erosão.

**Palavras-chave:** Sistemas de transformação pedológica; Linhas de pedra; Courças ferruginosas; Dinâmica da água e erosão.

## Introdução: uma nova visão dos solos

A *análise estrutural da cobertura pedológica*, introduzida por BOULET (1978), tem sua origem mais longínqua no conceito de *catena* de MILNE (1934): representa a preocupação dos pedólogos em compreender a distribuição dos solos nas vertentes e nas paisagens, suas causas e fatores, isto é, procura interpretar os processos responsáveis por essa distribuição.

Para MILNE (1934): *catena* é uma unidade prática de mapeamento [...] que agrupa solos que, a despeito de estarem colocados em pontos diferentes de um sistema natural de classificação, tendo em vista suas diferenças morfológicas e fundamentais<sup>1</sup>, estão, no entanto relacionadas na sua ocorrência por condições topográficas e se repetem nas mesmas posições uns em relação aos outros, sempre que aquelas condições estão presentes (MILNE, 1934).

No entanto, MILNE (1936) responsabilizava a erosão como a principal responsável pela disposição de *catenas* ao longo das vertentes, mesmo assinalando também outros fatores.

Dez anos mais tarde, GREENE (1945) afirmaria que essas seqüências são comuns nos trópicos, e o que se observa equivaleria a horizontes de lixiviação e acumulação: as partes altas seriam de exportação, similares aos horizontes A, ao

passo que as inferiores seriam de acumulação, semelhantes aos horizontes B. Entretanto, essas observações genéricas de GREENE (*op. cit.*) não tiveram seqüência.

Vinte anos depois, DELVIGNE (1965) retoma pesquisas sobre distribuição da alteração de granitos ao longo das vertentes, em região equatorial da África, publicando sua tese de doutorado. Havia estudado seqüências de perfis de alteração e solos em vertentes, com auxílio das análises químicas e mineralógicas (sobretudo difração de raios X), da interpretação de lâminas delgadas em microscopia óptica (micromorfologia) e do emprego de microscopia eletrônica de transmissão. Demonstra que efetivamente as posições do topo das vertentes são de exportação (sobretudo SiO<sub>2</sub> e bases, mas também Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), deixando um resíduo principalmente gibbsítico; paralelamente, os sopés podem ser zonas de acumulação, com neoformação de caulinita.

BOCQUIER (1973) fornece, a seguir, uma contribuição fundamental ao estudo da pedogênese, com sua tese de doutorado sobre a gênese e a evolução de duas toposseqüências de solos no Chade, cujas condições ambientais em clima semi-árido a subúmido da África Central seriam similares às das áreas estudadas por MILNE (1934). Empregou técnicas de observação e análise similares às de DELVIGNE (1965), porém com muito maior atenção para os solos.

\* Departamento de Geografia USP, C.P.26097, 05513-970 São Paulo (SP), Brasil. e-mail: laboped@usp.br  
1 genéticas? (observação do autor).

Caracterizou as diferentes organizações e estruturas pedológicas ao longo das vertentes, relacionando-as com os tipos de alteração do substrato e as neoformações mineralógicas; verificou que as diferenciações pedológicas verticais e laterais dos horizontes são o resultado de processos de transformação e seus agentes são os fluxos internos da água. Essas estruturas pedológicas dinâmicas testemunham, ao mesmo tempo, os processos que lhes deram origem. Nesse quadro biogeodinâmico, as diferenciações pedológicas e geoquímicas resultam de autodesenvolvimento, em sistemas condicionados pelos agentes bioclimáticos; as acumulações de matéria à jusante podem bloquear a saída dos elementos, promovendo modificações estruturais e neoformações mineralógicas remonantes ao longo das encostas, a partir dos sopés.

Com base nesses resultados e no conhecimento adquirido no continente africano, BOCQUIER *et al.* (1974) estendem as observações a outras condições ambientais, mostrando que o zoneamento e o conceito de zonalidade dependem do condicionamento topográfico e da circulação das soluções; estas, por sua vez, dependem das condições de umidade do clima.

As bases da *análise estrutural da cobertura pedológica* estavam lançadas: pouco tempo depois, BOULET (1978), que havia apresentado na sua tese de doutorado uma abordagem similar à de BOCQUIER (1973), propõe esse procedimento, que permite a reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas ao longo das encostas. Inicia-se pela reconstituição bidimensional da organização dos solos com seus horizontes, em toposeqüências, estabelecidas no sentido de maior declive das vertentes: as escalas de representação gráfica dos resultados dos trabalhos são geralmente muito grandes, variando de 1:100 a 1:1.000. Trincheiras abertas em pontos privilegiados permitem observar as transições verticais e laterais entre horizontes. Num segundo momento, com outras toposeqüências transversais e paralelas, reconstitui-se a distribuição espacial (tridimensional) das organizações pedológicas; os limites entre horizontes são colocados em mapas, sob a forma de curvas de isodiferenciação, que representam posições onde se iniciam ou terminam horizontes e/ou outras feições pedológicas ou geológicas.

Alguns aspectos servem de embasamento para esse procedimento (BOULET *et al.*, 1982):

1. O solo é um meio organizado e estruturado, constituindo uma cobertura contínua ao longo das vertentes;

2. As organizações pedológicas e suas estruturas apresentam, assim, três dimensões espaciais, donde seu caráter de

tridimensionalidade e uma dimensão temporal; as características dessa organização e das estruturas devem estar presentes em todas as escalas de observação, desde a da paisagem até a do microscópio;

3. Como decorrência, e independentemente das aplicações, o estudo dos solos deve basear-se no reconhecimento dessas organizações e estruturas pedológicas, em todas as escalas, no das características e propriedades, de seu funcionamento e de sua história.

Esses princípios têm importância para a determinação do funcionamento e comportamento dos solos face aos diferentes modos de utilização: agrícola, silvicultura, urbanismo, engenharia, prospecção geológica e mineral, etc.

O procedimento da *análise estrutural da cobertura pedológica*, introduzido no Brasil no início da década de 1980 (QUEIROZ NETO, 1988; QUEIROZ NETO *et al.*, 1981) permitiu, concretamente, superar algumas dificuldades propostas originalmente pelo conceito de *catena* de MILNE (1934), que via as sucessões de solos ao longo das encostas como uma simples justaposição de perfis verticais. Essa visão reducionista foi substituída pela percepção do solo como um meio contínuo, cujas diferenciações são devidas ao movimento interno das soluções, tal como GREENE havia suspeitado em 1945.

Esse corpo contínuo, organizado e estruturado como *cobertura pedológica*, apresenta diferenciações laterais, principalmente ao longo das encostas, que não se manifestam simultaneamente em todos os horizontes presentes: assim, estes não se sucedem apenas verticalmente, como se observa numa trincheira, mas também lateralmente. O estudo dos solos tornou-se muito mais completo e complexo para o conhecimento da pedogênese, permitindo perceber a importância dos processos biogeoquímicos responsáveis, sobretudo relacionados à circulação lateral das soluções.

O estudo deve ser realizado em todas as escalas de observação disponíveis, da macromorfológica de campo, passando pela micromorfológica em escala de microscopia óptica até as escalas ultramicroscópicas, incluindo a que atinge a distribuição dos elementos. Isso quer dizer que a visão do solo, por meio da análise estrutural da cobertura pedológica, integra essas diferentes escalas de observação, que se completam.

Além disso, a aplicação do conceito de cobertura pedológica como corpo natural contínuo nas encostas é completado pelas análises laboratoriais para determinação de suas características e propriedades físicas, químicas, físico-químicas, mineralógicas, biológicas, etc. Enfim, a caracterização do comportamento hídrico dos solos é feita tanto no campo, por meio de

medidas diretas do estado da água superficial, subsuperficial e profunda, quanto em laboratório, em particular a determinação qualitativa e quantitativa das porosidades, retenção de água, etc.

## A experiência de ensino e pesquisa no Brasil

Em 1980, o programa de ensino e pesquisa foi organizado no âmbito dos convênios quinquenais Capes/Cofecub (projeto 35/80, renovado em 1987 como 35/87), tendo como tema a análise estrutural da cobertura pedológica e suas aplicações (QUEIROZ NETO *et al.*, 1986; RUELLAN *et al.*, 1984/1985). Esse programa reuniu o Departamento de Geografia, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP), a *École Nationale Supérieure Agronomique* (Rennes), o *Centre de Géomorphologie CNRS* (Caen) e o *Centre ORSTOM* (Caiena), e contou com o apoio financeiro da Fapesp, da CCInt-USP e do acordo CNPq/CNRS. A coordenação brasileira esteve a cargo de José Pereira de Queiroz Neto e de Alain Ruellan, pela parte francesa. Em 1994, o projeto foi renovado (projeto 151/94), tendo Selma Simões de Castro assumido a coordenação pela equipe brasileira.

Esse programa respondia a algumas questões levantadas anteriormente a respeito da natureza dos "colúvios" e solos, genericamente denominados *formações superficiais*. Essas questões haviam surgido durante o desenvolvimento de um programa de colaboração entre o Departamento de Geografia da USP e o *Centre de Géomorphologie CNRS* de Caen, sobre o "Estudo comparado das formações superficiais tropicais e temperadas úmidas", que terminaria com a realização de um Colóquio Franco-Brasileiro em 1978.

O novo programa envolvia operações conjugadas de ensino e pesquisa:

- 1 - Vinculava-se à pós-graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia;
- 2 - Apoiava-se em duas disciplinas:
  - 2.1 - Pedogênese e Geomorfologia (responsável J. P. Queiroz Neto)
  - 2.2 - Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (responsável A. Ruellan).
- 3 - A disciplina Análise Estrutural da Cobertura Pedológica tinha dois momentos:
  - 3.1 - uma parte teórica (concentrada em tempo integral em sala de aula), e,
  - 3.2 - a parte prática, em seqüência, 2 a 4 semanas de trabalhos de campo.
- 4 - O desenvolvimento das pesquisas, em continuidade aos trabalhos de campo, constituía o início de um trabalho

de pós-graduação de estudantes que visavam preparar seus mestrados ou doutorados.

- 5 - As áreas de pesquisa em que desenvolver-se-ia a parte prática da disciplina eram definidas anualmente, e a parte teórica tinha lugar no mesmo local, desde que as condições fossem adequadas.

Orientaram os trabalhos de campo os pesquisadores franceses Joël Pellerin, Pierre Curmi e René Boulet, além dos dois coordenadores. Os estudantes engajados no programa e cujas pesquisas individuais visavam a realização de dissertações ou teses aumentavam sua experiência participando também como monitores (S. S. Castro, R. P. Dias Ferreira, F. X. T. Salomão, entre outros).

Inicialmente, procurou-se implantar pesquisas em áreas com algum conhecimento prévio, fosse por meio das cartas geomorfológicas e de formações superficiais, como em Marília e São Pedro, fosse mediante outros estudos, sobretudo de solos, como nos casos de Botucatu e Ilha Solteira. Posteriormente, as pesquisas foram desenvolvidas onde havia algum problema decorrente do uso dos solos: erosão, compactação, etc. (Bauru, Guaira). Finalmente, foram implantadas pesquisas em regiões geográficas que atendiam também aos interesses e às possibilidades dos estudantes que iriam desenvolvê-las (Florianópolis, Londrina, Salvador, etc.).

Dos resultados alcançados, sobretudo por meio das pesquisas dos pós-graduandos, destacaremos dois conjuntos:

- *sistemas pedológicos*: gênese e evolução. As pesquisas envolveram técnicas e procedimentos expostos mais atrás: minucioso trabalho de campo para a caracterização macromorfológica bi e tridimensional das coberturas pedológicas, análises micromorfológicas mediante a microscopia óptica de lâminas delgadas, análises físicas, químicas e mineralógicas, etc;
- *funcionamento hídrico e erosão*. Os trabalhos envolveram medidas de porosidade, condutividade hidráulica, infiltração básica, marcha anual da umidade atual dos solos, dinâmica das águas subterrâneas (piezometria), etc.

Em cada item a seguir estão indicadas as dissertações de mestrado e as teses de doutorado cujo desenvolvimento relaciona-se com o tema. Esses trabalhos, incluídos na bibliografia, estão disponíveis no CDH (Centro de Documentação Histórica) da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP.

Nos textos dos itens, também foram citadas outras publicações que trouxeram informações importantes, arroladas na bibliografia.

No Anexo 1 estão relacionadas as dissertações de mestrado e as teses de doutorado iniciadas durante a vigência dos projetos 35/80 e 151/94, mesmo se terminadas depois desta.

## 1 Sistemas pedológicos: gênese e dinâmica

### 1.1 Sistemas de transformação de solos com horizonte B latossólico e solos com horizonte B textural no Planalto Ocidental Paulista em Marília (FERNANDES BARROS, 1986; CASTRO, 1989) e em Bauru (SALOMÃO, 1994; SANTOS, 1995, 2000).

As pesquisas desenvolvidas no Planalto Ocidental Paulista, sobretudo em Bauru e Marília, permitiram mostrar que, nesse relevo aparentemente uniforme, alternam-se áreas com colinas mais amplas, longas encostas de baixa declividade e áreas com colinas de encostas mais curtas com declividades mais fortes, denominadas respectivamente "colinas amplas" e "colinas médias" (SÃO PAULO, 1981). Enquanto as primeiras são recobertas por solos com horizonte B latossólico até quase a base das vertentes, ponto em que passam a areias hidromórficas, as outras são recobertas por solos com B latossólico no topo e com B textural a partir do terço superior ou da metade das vertentes, ou apenas com B texturais em toda a extensão da colina. Em ambos os casos, os solos derivam da alteração de formações arenosas do Grupo Bauru, tendo sido estudadas, sobretudo as que se desenvolvem sobre as formações Marília, com cimento calcário, e Adamantina. Em Bauru, além do mapeamento regional dos solos, os dois tipos de relevo com suas coberturas pedológicas foram estudados (SALOMÃO, 1994); em Marília, as pesquisas dirigiram-se apenas ao estudo daquelas sobre colinas médias, que apresentam o sistema de transformação lateral dos B latossólicos em B texturais, com degradação do topo do horizonte B dos últimos e a transformação no sopé das vertentes em areias hidromórficas (FERNANDES BARROS, 1986; CASTRO, 1990).

Nas colinas médias, as observações de campo realizadas por FERNANDES BARROS (1986), CASTRO (1989), SALOMÃO (1994) e SANTOS (1995, 2000) mostraram a continuidade da cobertura pedológica, desde o topo das colinas até o sopé das vertentes e/ou o eventual afloramento de rocha, apenas com a passagem lateral dos B latossólicos para os B texturais. No início da transformação lateral do horizonte B latossólico, sua estrutura microagregada, com porosidade de empilhamento, sofre adensamento e fissuração, com reorientação plásmica e pequena mobilização da argila. Macromorfológicamente percebe-se o início da formação da estrutura poliédrica subangular, que se acentua em direção à base da vertente e é característica dos solos com B textural; a formação da estrutura poliédrica é acompanhada pelo aparecimento de porosidade fissural, que, aos poucos, passa a ser dominante. Esse processo tem início na base da vertente, formando uma

frente de transformação remontante em direção ao topo da colina: nos estágios mais avançados, a transformação atinge a totalidade das colinas (QUEIROZ NETO, 1993).

A modificação da porosidade acarreta uma forte diminuição da macroporosidade do horizonte A para o B com forte restrição à circulação hídrica vertical, que se acentua para jusante, com saturação de água pelo menos durante a estação chuvosa (FERNANDES BARROS, 1986; MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993). Assim, no topo do horizonte Bt começam a manifestar-se fenômenos de hidromorfia, sinalizada pela presença de mosqueamento. Essa hidromorfia é indicadora de um meio redutor, que favorece a dissociação do ferro e da argila, com eliminação do primeiro e processos de eluviação da argila que, no entanto, são localizados (CASTRO, 1989). Em conseqüência, há uma concentração residual das areias, que passam a constituir as únicas componentes do horizonte A. Nestes, aparecem pequenos volumes avermelhados, de contorno definido, e bandas onduladas que originam-se no topo do horizonte Bt e dissipam-se para jusante, em poucos ou vários metros. Trata-se de relíquias do horizonte Bt, apresentando características internas similares a este. Além disso, nesse horizonte aparecem figuras de iluviação, ligadas à decantação intergrãos de argila, indicando também a presença de processos de degradação dessas estruturas (CASTRO, 1989). Tais características morfológicas testemunham frentes de transformação vertical, de cima para baixo, que provocam a degradação do horizonte B por hidromorfia e seu rebaixamento progressivo no interior do perfil.

A circulação lateral da água se dá em dois níveis: no contato da rocha, em profundidade, em que ocorre o lençol permanente, e na transição entre os horizontes A e B, em que aparece um lençol suspenso sazonal, funcional principalmente na estação chuvosa (SALOMÃO, 1994). No sopé das vertentes há uma conjugação desses lençóis, promovendo o aparecimento de uma hidromorfia em todo o perfil de solo, provocando a desestabilização total das ligações Fe-argila, a exportação do primeiro e a provável destruição das argilas, deixando apenas areias residuais hidromórficas acinzentadas (QUEIROZ NETO *et al.*, 1981; FERNANDES BARROS, 1986; CASTRO, 1989; SANTOS, 1995, 2000).

Levantamento regional realizado ao longo do vale do Peixe, que comparou as relações entre as formas de relevo e os solos, confirmou o mapeamento realizado em Bauru sobre a relação apontada acima, entre tipos de relevo e coberturas pedológicas, permitindo a generalização dos resultados (PELLERIN & QUEIROZ NETO, 1992; QUEIROZ NETO, 1993): nos relevos de colinas amplas, vertentes mais longas e de menor declivida-

de, em que a densidade da drenagem é menor, os Latossolos são quase exclusivos e estão em equilíbrio dinâmico. Nas colinas de menor amplitude e maior declividade, com rede de drenagem densa, ao contrário, ocorrem as coberturas pedológicas com sistemas de transformação B latossólico em B textural.

### **1.2 Alteração de basalto, solos e formação de couraça ferruginosa em Guaira (KERTZMAN 1990, 1996; LADEIRA, 1995) e Londrina (FERNANDES BARROS, 1996)**

Em Londrina foram estudados dois sistemas que envolviam a alteração de basalto e a formação de coberturas latossólicas. Nas partes mais altas da paisagem, em relevo de baixa declividade com topos extensos e baixa densidade de drenagem, as encostas apresentam latossolos em toda a extensão e mostram, no sopé, uma couraça pisolítica sobre rocha (FERNANDES BARROS & QUEIROZ NETO, 1994). Quando a rede de drenagem torna-se mais densa e entalhada, com vertentes mais curtas e de maior declividade, ocorrem coberturas com sistemas de transformação lateral dos Latossolos Roxo para Terras Roxas Estruturadas, de modo similar aos encontrados nos arenitos do Planalto Ocidental (FERNANDES BARROS, 1996).

As seqüências Latossolo Roxo-Couraça-Basalto foram mais estudadas em Guaira (KERTZMAN, 1990; LADEIRA, 1995). As coberturas latossólicas, contendo pisolitos (conhecidos como "chumbinhos de çaça"), dominam as vertentes; na passagem para o terço inferior destas, a densidade de pisolitos aumenta em profundidade, até alcançar um alinhamento de concreções ferruginosas; esse alinhamento torna-se cada vez mais denso e contínuo para jusante, ao mesmo tempo em que aumentam as dimensões das concreções, até constituírem-se em blocos decimétricos a métricos; estes passam, a seguir, para uma couraça pisolítica gradualmente mais espessa. As observações no sopé da vertente mostram, entre o topo do basalto e a base das couraças, uma zona de hidromorfia intensa (lençol freático) com material muito argiloso; nessa posição, em meio redutor, a couraça estaria em desequilíbrio. Na parte superior, o desequilíbrio também se manifesta, e a perda do cimento ferruginoso liberaria os pisolitos, que, por seu lado, também se alterariam e desapareceriam parcialmente para o topo do perfil.

As observações efetuadas em lâminas petrográficas dos latossolos mostram que as assembléias de base são homogêneas até grande profundidade, com algumas feições semelhantes às da alteração das couraças: a presença de glébulas (pisolitos) constituiria relíquia destas (LADEIRA, 1995). Em Londrina, inclusive, a presença de pisolitos é bem mais conspicua até na superfície dos solos.

Assim, as couraças aparecem como o material de origem dos Latossolos Roxo no terço final das vertentes; a presença de pisolitos seria indício de que, para montante, o mesmo processo estaria presente. Em Londrina, por exemplo, foi possível observar, no topo de uma colina, um perfil até a rocha mostrando, em sua base, uma seqüência análoga à encontrada no sopé da vertente: acima do basalto, observa-se o horizonte de alteração com hidromorfia, acinzentado escuro, sotoposto a blocos decimétricos e métricos de couraça pisolítica; finalmente, a passagem para o horizonte inferior do latossolo, com estrutura microagregada e alguns pisolitos, se dá a 9-10 metros de profundidade (FERNANDES BARROS & QUEIROZ NETO, 1994).

Além disso, LADEIRA (1995) não descarta a possibilidade de uma alteração e pedoplasmação direta do basalto, com formação de estrutura microagregada típica, como também fora assinalado em Botucatu por MIKLOS (1986).

Esses indicadores mostram que a formação de couraças pode ser um fenômeno contínuo no espaço e no tempo, não se constituindo necessariamente um testemunho de processos em climas passados mais secos.

### **1.3 Depressões fechadas na bacia sedimentar de Taubaté, SP (FILIZOLA, 1993) e sobre migmatitos em Sorocaba do Sul, SC (BELTRAME, 1997).**

No relevo levemente ondulado da bacia sedimentar de Taubaté ocorrem colinas extensas, com vertentes convexas de baixa declividade que terminam em formas côncavas que correspondem a vales secos. As pesquisas realizadas na região mostraram que as coberturas pedológicas latossólicas são contínuas desde o topo até a base das vertentes, sobretudo nas áreas deprimidas das cabeceiras muito abertas, com perfil côncavo, ou como verdadeiras depressões (FILIZOLA, 1993; FILIZOLA & BOULET, 1993).

Há uma passagem gradual dos latossolos mais avermelhados das partes cimeiras para solos mais amarelados no terço inferior das vertentes, mantendo porém a estrutura microagregada. Em direção ao centro das depressões, já próximo ao fundo, aparecem horizontes escuros enterrados sob colúvios pouco espessos, inicialmente como pequenos volumes pretos que, mais a jusante, concentram-se em turfãs (FILIZOLA, 1993; FILIZOLA & BOULET 1993). Fora esses colúvios, no fundo das depressões não há outros vestígios de materiais de origem sedimentar. Os horizontes orgânicos que aparecem no sopé das vertentes e os colúvios que os recobrem apresentam-se ligeiramente deformados, e esse conjunto assenta-se diretamente sobre o substrato alterado.

Datações realizadas nos horizontes orgânicos com  $^{14}\text{C}$  mostraram idades entre 12 e 17.000 BP. Relacionando a magnitude daquelas deformações com as idades determinadas, FILIZOLA & BOULET (1993) chegaram a valores entre 12 a 23 cm/1.000 anos de aprofundamento das depressões, por via geoquímica. O exame de fotografias aéreas mostrou que as formas embaciadas e as depressões apresentam orientações concordantes com as direções estruturais regionais, apontando para uma relação entre sua gênese e a ocorrência de fraturas e falhas (FILIZOLA & BOULET, *op.cit.*).

Depressões fechadas no topo de colinas esculpidas em migmatitos, num primeiro nível topográfico da serra do Mar, em Sorocaba do Sul, estado de Santa Catarina, são bastante frequentes (BELTRAME, 1997; BELTRAME *et al.*, 1993). A aplicação da análise estrutural para o estudo dessas depressões permitiu assinalar a importância da via geoquímica na sua elaboração. A cobertura pedológica mostra continuidade até o fundo delas, com mudanças de cor muito graduais, passando do avermelhado para amarelado. No fundo das depressões aparece mosqueamento em profundidade, sobre um nível de nódulos de manganês. A geometria dos horizontes, a presença de indícios de hidromorfia na parte central, a presença do nível de nódulos de manganês e a ausência de materiais de origem sedimentar no seu interior, inclusive colúvios, apontam para a natureza geoquímica dessas depressões.

#### 1.4 Ação biodinâmica da mesofauna em Botucatu (MIKLOS, 1986, 1995), dos vegetais superiores em Londrina (FERNANDES BARROS, 1996) e de processos mecânicos na organização dos solos em Ilha Solteira (NICOLA, 1992).

As coberturas pedológicas estudadas em Botucatu mostram a continuidade entre os latossolos areno-argilosos vermelho-amarelos nas partes altas das vertentes, derivados de arenitos do Grupo Bauru, para os Latossolos Roxos, que aparecem à meia encosta e para as Terras Roxas estruturadas, que aparecem no terço inferior, os dois últimos argilosos e derivados da alteração de basaltos (MIKLOS, 1995). Nos termos latossólicos com estrutura microagregada da seqüência, a partir do terço superior da vertente aparecem sucessivamente, em profundidade, um horizonte sômbriço escurecido por matéria orgânica, um alinhamento de carvão vegetal e uma linha de pedras. Segundo MIKLOS (1995), a origem das estruturas microagregadas dos latossolos pode ser imputada a três processos:

- por alteração e pedoplasmação direta da rocha (arenito ou basalto);
- por transformação da estrutura poliédrica em microagregada, nos termos mais argilosos, por fissuração e bioturbação;

- biofabricação em profundidade e remonte à superfície por insetos, promovendo a formação residual em profundidade de *stone lines* por triagem de tamanho, e o soterramento do horizonte superficial, originando os horizontes sômbriços.

Datações efetuadas nos carvões enterrados, cujo alinhamento é bastante concordante com a posição do horizonte sômbriço, permitiram avaliar a importância do trabalho de remonte de material por formigas e cupins: 12.000 T/4.400 anos, ou cerca de 2.7 T/ano.

Em Ilha Solteira, foram estudadas várias pedotoposeqüências em colinas com solos e alterações de basalto que mostravam passagens laterais bastante complexas, entre brunizems e/ou solos com estrutura poliédrica no topo, para solos com características vérticas na base das vertentes (NICOLA, 1992). Além disso, essas seqüências mostravam a presença de concentrações de pequenas concreções ferruginosas e linhas de seixos de quartzo, situadas no topo da colina na parte mais superficial dos solos. A partir da meia encosta, essas concentrações de elementos grosseiros aprofundam-se nos solos, as concreções desaparecem aos poucos e os seixos, em que as características vérticas começam a aparecer, migram em profundidade, formando novo alinhamento no limite com a rocha em alteração (NICOLA & BOULET, 1987).

Esses dados remetem a uma antiga questão, que diz respeito à gênese de linhas de pedras ou de seixos: em ambos os casos, Botucatu e Ilha Solteira, os seixos de quartzo são alóctones e em aparente desacordo litológico/petrográfico com as alterações dos basaltos. Suas disposições no interior das coberturas pedológicas dizem respeito, em Botucatu, a atividades biológicas e, em Ilha Solteira, a migrações mecânicas provavelmente relacionadas com a intensa movimentação causada pelas características vérticas dos solos.

Em áreas de experimentação agrônômica no campus da Universidade Estadual de Londrina, a encosta apresenta cobertura pedológica derivada da alteração de basalto, com uma transição progressiva de latossolos com estrutura microagregada, na parte alta, para solos com B textural e estrutura poliédrica, no terço inferior (FERNANDES BARROS, 1996). Uma parte da encosta é ocupada, longitudinalmente, por um Horto Florestal com vegetação original remanescente. Os trabalhos de campo mostraram que a transição lateral, do horizonte com estrutura microagregada para estrutura poliédrica, encontra-se em posição mais alta da encosta na parte cultivada do que sob floresta. Essa diferença da posição da transição entre as duas estruturas ressalta que o desmata-

mento teria acelerado a progressão remontante da frente de transformação da estrutura microagregada (Latossolo Roxo) para estrutura poliédrica (Terra Roxa Estruturada). Seria preciso averiguar se esse fato não estaria relacionado ao maior ressecamento do solo devido ao desmatamento.

Ao mesmo tempo, no entanto, é interessante observar que a implantação de uma parcela com eucaliptos, no terço inferior da encosta, não teria tido maior influência sobre a dinâmica pedológica, a não ser pelo aparecimento em superfície da serrapilheira.

Essas constatações levaram FERNANDES BARROS (1996) a efetuar uma experimentação *in vitro* sobre a influência do sistema radicular de vegetais superiores na alteração do basalto. Apesar do período curto das experiências (cerca de 40 dias), foi possível observar liberações seletivas de elementos, diretamente a partir do pó de rocha e em função do vegetal ensaiado.

**2. Funcionamento hídrico e erosão em Marília** (FERNANDES BARROS, 1986; SANTANA, 1991), **Bauru** (SALOMÃO, 1994), **Rancharia** (OLIVEIRA, 1994), **em Cunha** (FURIAN, 1995), **São Pedro** (DIAS FERREIRA, 1997) e **Sorocaba do Sul – SC** (BELTRAME, 1997).

Em Marília, a aplicação da análise estrutural na reconstituição da geometria da distribuição vertical e lateral dos horizontes ao longo das vertentes permitiu ressaltar, nos sistemas pedológicos com transformação lateral, alguns aspectos relacionados com a dinâmica da água (QUEIROZ NETO *et al.*, 1981; FERNANDES BARROS, 1985). A cartografia das coberturas pedológicas em curvas de isodiferenciação levou a propor, nas vertentes, a distinção de cinco zonas diferenciadas quanto à dinâmica da água no solo (PELLERIN *et al.*, 1984; FERNANDES BARROS, 1986):

- nas partes cimeiras, as organizações latossólicas microagregadas com porosidade de empilhamento não apresentam nenhum impedimento à circulação vertical das soluções: o escoamento superficial é muito pequeno, pois somente nas chuvas mais pesadas o limite de infiltração básica é superado;
- na zona de transição, com estrutura poliédrica incipiente, começa a haver modificação da porosidade de empilhamento (estrutura microagregada) para fissural (estrutura poliédrica), com restrição à drenagem vertical; observam-se sulcos de erosão rasos e geralmente anastomosados;
- na porção mais extensa da encosta, com solos com horizonte B textural de estrutura poliédrica bem desen-

volvida, a porosidade fissural testemunha a diminuição drástica dos poros de maior tamanho; a presença de mosqueamento no topo do horizonte Bt indica forte restrição à drenagem vertical: em muitas ocasiões, mesmo na estação seca foi possível observar nessa transição a presença de água livre em bolsões; os sulcos multiplicam-se, ficam mais profundos, tornam-se permanentes e coincidem, muitas vezes, com antigos caminhos e carreadores, indicando forte erosão por escoamento superficial concentrado;

- na nova zona de transição do terço inferior da vertente, os horizontes Bt e o B1 sotoposto desaparecem gradualmente, os indícios de hidromorfia acentuam-se, atingindo progressivamente a totalidade dos perfis, eliminando as argilas e tornando arenosos os solos; da mesma forma, os indícios de erosão por escoamento concentrado tornam-se mais complexos, podendo envolver pequenos movimentos coletivos dos solos por liquefação;
- a parte terminal arenosa, onde a hidromorfia toma conta de todo o perfil, corresponde a uma zona de circulação hídrica muito lenta; com os solos saturados, passam a ocorrer fenômenos complexos de erosão, com movimentos de massa localizados e riscos de formação de voçorocas.

Os trabalhos realizados em Bauru permitiram constatar uma situação similar, podendo-se comparar a incidência da erosão linear, tanto sobre as coberturas pedológicas com sistema de transformação lateral quanto sobre as coberturas latossólicas em equilíbrio dinâmico (SALOMÃO, 1994). Ravinas e voçorocas manifestam-se de modo muito mais intenso no primeiro caso, ao passo que, sobre os latossolos, sua ocorrência está relacionada ao mau uso do solo, seja pelos caminhos e carreadores, seja pelo plantio vertente abaixo, o que facilita o aparecimento de escoamento superficial concentrado, visível sobretudo na periferia das zonas urbanas (SALOMÃO, 1994).

Todos os resultados levaram à realização de observações em diferentes escalas espaciais e temporais:

- evolução das formas de erosão no período 1962-1984, em Marília, relacionando-as às formas de relevo, ao tipo de cobertura pedológica, à profundidade do substrato geológico e ao uso do solo (SANTANA, 1991);
- estudo do comportamento hídrico dos solos, tanto em Marília, em sistemas com transformação lateral (FERNANDES BARROS, 1986; MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993) quanto em Bauru, nos sistemas pedológicos com transformação lateral e nos sistemas latossólicos dominantes (SALOMÃO, 1994).

As observações efetuadas em Marília, no período 1962-1984, indicaram que os traços de erosão pelo escoamento concentrado mostravam certa estabilidade, sem aumento sensível dos seus comprimentos e larguras ou da densidade de ocorrência (SANTANA, 1991). As modificações do uso do solo, nesse período, parecem, assim, ter tido influência relativamente pequena na intensificação desses processos erosivos em relação à situação em 1962. Concluiu-se, a exemplo do que fora também observado na região de Rancharia (OLIVEIRA, 1994), que o essencial dessas formas de erosão instalou-se logo após o desmatamento, ocorrido na década de 1920, e a evolução posterior teria sido mais lenta.

Os efeitos erosivos em períodos de chuvas pesadas, sobretudo nos solos com culturas anuais (1972 e 1988), podem originar sulcos e ravinas de forma intensa e rápida, porém os trabalhos agrícolas posteriores, ou mesmo a reinstalação de pastagens, seriam capazes de apagar ou mesmo mascarar os efeitos dessas chuvas.

Para estudar a dinâmica da água nesses solos, foram realizados ensaios de campo e de laboratório:

- caracterizações físicas em amostras de solo: densidade real e densidade do solo para cálculo da porosidade total; textura (FERNANDES BARROS, 1986; MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993);
- determinação do comportamento hídrico potencial: infiltração básica em meio saturado; curvas de retenção em amostras indeformadas (MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993);
- determinação do comportamento hídrico atual: perfis potenciométricos com tensiometria em dois períodos distintos (estação seca e chuvosa); determinação da umidade atual em Marília (MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993);
- caracterização da influência da heterogeneidade estrutural na circulação da água: aplicação de traçadores químicos P ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) e Cl ( $\text{CaCl}_2$ ) em condições de fluxo saturado em Marília (MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993);
- caracterização do funcionamento do lençol freático: instalação de baterias de piezômetros em Bauru (SALOMÃO, 1994).

Os resultados mostraram, em primeiro lugar, que há uma forte restrição na permeabilidade dos sistemas com transformação lateral, que se acentua vertente abaixo. Os valores da infiltração básica, em Marília, mostram-se 35% inferiores nos perfis com Bt em relação aos B1. Além disso, o alongamento do

bulbo de molhamento para jusante, mapeado após o ensaio, indica que a restrição ao fluxo vertical ocorre já na interface E/Bt e mostra também a interferência de bandas onduladas (MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993). A determinação da condutividade hidráulica dos diferentes horizontes mostra uma efetiva restrição ao nível dos horizontes Bt, que chegam a apresentar um valor K mais de 10 vezes menor que nos B1 (SALOMÃO, 1994).

Os perfis potenciométricos determinados em período de ausência de chuvas mostram que essas diferenças são extensivas ao movimento não saturado das soluções: a pequena variação de potencial nos perfis com Bt expressa essa baixa mobilidade da água, ao contrário dos perfis B1 e mesmo nos da transição. A determinação da umidade atual comprova a acumulação da água na interface dos horizontes E e Bt.

A distribuição de poros fornece outro subsídio para a compreensão do funcionamento hídrico desses sistemas com transformação lateral. Bastante homogênea em profundidade, nos perfis latossólicos a macroporosidade ocupa 50% do espaço poroso, favorecendo os fluxos verticais. Ao contrário, os horizontes B texturais apresentam forte diminuição da macroporosidade: acima de 50% da porosidade total nos horizontes arenosos superficiais E, passa para menos de 35% nos Bt.

Os resultados dos ensaios com emprego de traçadores químicos permitiram constatar, desde o horizonte E dos perfis com B textural, a coexistência de caminhos preferenciais do fluxo saturado com regiões menos disponíveis (MANFREDINI & QUEIROZ NETO, 1993). Esse fato acentua-se ao nível do horizonte Bt: no primeiro caso, as restrições estão relacionadas à presença de bandas onduladas, ao passo que no Bt a passagem das soluções se dá preferencialmente ao longo de poros fissurais e canais biológicos.

A instalação de baterias de piezômetros, em Bauru, permitiu ressaltar outra diferença importante entre as coberturas pedológicas com sistemas de transformação lateral e as latossólicas (SALOMÃO, 1994). Nas primeiras, o monitoramento dos piezômetros indicou que os fluxos internos são convergentes e concentram-se, constituindo sistemas de *piping*, origem de nascentes localizadas em geral sobre a rocha alterada. Ao contrário, nas encostas em que os Latossolos são dominantes, o lençol profundo aflora de modo mais difuso na superfície, sem provocar fluxo em *pipe* (duto), acarretando uma hidromorfia mais difusa no sopé.

Esses resultados permitem as seguintes considerações a respeito das relações entre o comportamento hídrico dessas coberturas pedológicas e a erosão linear pelo escoamento superficial:

- as coberturas latossólicas não apresentam restrição ao fluxo interno das soluções. A disposição difusa do lençol freático no sopé das vertentes não determina sítios de maior sensibilidade à erosão. Somente o uso inadequado dos solos é capaz de desencadear processos intensos de erosão pelo escoamento concentrado;
- as coberturas com Bt em sistemas de transformação mostram que: a) a acumulação de água no limite E/Bt, a presença do horizonte Bt, com pequena capacidade de infiltração e o fluxo concentrado em subsuperfície (*piping*), favorecem os processos de erosão; b) pontos de instabilidade podem ocorrer nos sopés das vertentes com a saturação dos horizontes arenosos, devido à conjugação dos fluxos subsuperficiais sazonais e do fluxo profundo permanente do lençol freático o material arenoso, saturado de água, torna-se instável sendo arrastado; atingido o horizonte Bt, seus agregados instáveis n'água desmancham-se, facilitando o aprofundamento do entalhe pelas águas pluviais e dando o início à formação das voçorocas.

As observações realizadas permitiram apresentar, em Bauru, um diagnóstico do comportamento hídrico das coberturas pedológicas das bacias dos rios Bauru e alto Batalha, e a elaboração de carta de riscos à erosão com classificações de capacidade de uso agrícola e de condicionamento geotécnico em áreas urbanas (SALOMÃO, 1994).

Alguns desses procedimentos e técnicas foram utilizados para diagnosticar o comportamento hídrico de coberturas pedológicas em Sorocaba do Sul, Santa Catarina, em vertentes adjacentes a áreas de depressões fechadas nos topos de colinas sobre migmatitos, referidas anteriormente (BELTRAME, 1997). Nessas colinas com vertentes de declividade elevada, procurou-se caracterizar o funcionamento hídrico atual: em clima praticamente sem estação seca e sobre solos com indicadores de condições mediócras de drenagem interna, há poucos sinais de erosão por escoamento superficial, apesar do uso bastante intenso pela agricultura e pecuária. Os resultados obtidos mostram uma situação bastante diversa daquela encontrada no Planalto Ocidental Paulista: face à sua condição climática peculiar, os solos mantêm-se úmidos o ano todo, permitindo a presença de fluxos internos contínuos de água, apesar das porosidades não serem das mais favoráveis. Há um escoamento superficial difuso importante, porém com efeito erosivo muito pequeno, quando sob pastagem. No entanto, nos terrenos ao lado dos ensaios e cultivados com milho ou mandioca, apareceram sinais de processos erosivos, como sulcos rasos, que são apagados pelos trabalhos agrícolas posteriores.

## Considerações finais

Os resultados alcançados pela aplicação do procedimento da análise estrutural da cobertura pedológica no estudo dos solos, no âmbito do convênio Capes/Cofecub e por meio da pós-graduação do Departamento de Geografia (FFLCH-USP), foram bastante expressivos.

No tocante ao ensino, nos 15 anos de implantação e desenvolvimento do programa, conforme exposto no quadro sinótico anexo, foram concluídos:

- No Brasil:
  - 7 dissertações de mestrado;
  - 16 teses de doutorado (15 no Departamento de Geografia e 1 no Instituto de Geociências);
- Na França:
  - 2 DEA;
  - 2 teses de doutorado.

Outro resultado expressivo foi o número de pessoas que participaram anualmente dos cursos (partes teórica e prática), entre 20 e 30. Eram estudantes de pós-graduação, profissionais de diferentes formações, como geógrafos, geólogos, engenheiros agrônomos e biólogos, que procuravam conhecer o novo procedimento, e professores universitários.

Com relação aos conhecimentos científicos alcançados, é possível citar a demonstração de que as coberturas pedológicas recobrem extensivamente as encostas, sendo interrompidas apenas por afloramentos de rocha, corpos d'água ou sedimentações de fundo de vale.

Nas pesquisas relatadas, dois casos se apresentaram:

- coberturas pedológicas cujos horizontes recobrem continuamente as vertentes, transformando-se nos sopés em solos hidromórficos;
- coberturas pedológicas que apresentam sistemas de transformação lateral de horizontes, atingindo quase exclusivamente os horizontes B.

Supera-se, assim, o conceito reducionista do perfil de solo como uma sucessão apenas vertical de horizontes, conceito esse que marcou a pedologia desde os seus primórdios até o presente.

As coberturas pedológicas derivam, nos casos estudados, da alteração do substrato geológico sotoposto. Nos exemplos da alteração de rochas básicas, foi possível mostrar que há uma etapa intermediária entre a rocha e os solos, representada pela formação de couraças ferruginosas: estas se formam diretamente pela alteração do basalto e, por sua vez, alteram-se na sua parte superior para originar a estrutura microagregada dos Latossolos Roxos. Mostrou-se, assim,

que as couraças ferruginosas seriam resultantes principalmente de acumulações residuais de sesquióxidos, com formação contínua no espaço e no tempo, não correspondendo, necessariamente, a materiais de alterações antigas, herdadas do passado ou resultantes de acumulações absolutas dos sesquióxidos de ferro.

As pesquisas mostraram também que os horizontes presentes, com suas organizações e estruturas, ao mesmo tempo em que condicionam os fluxos internos verticais e laterais das soluções, são o resultado biogeoquímico dessas mesmas ações.

A análise estrutural da cobertura pedológica revelou-se, ainda, um importante instrumento para o diagnóstico de problemas de degradação dos solos por erosão, ao definir a dinâmica das águas nas vertentes, sua interação com as organizações pedológicas, podendo contribuir de modo deci-

sivo para a tomada de decisões quanto às medidas que devem ser tomadas para a conservação dos solos.

Para finalizar, citamos DIAS FERREIRA (1997) que, no seu trabalho sobre solos e morfogênese em São Pedro (SP), concluiu que: O estudo morfológico da cobertura pedológica permitiu avançar no rumo da compreensão dos processos e mecanismos geradores do modelado, sobretudo no que diz respeito aos condicionantes da dissecação, à relação existente entre formas e materiais e ao funcionamento hídrico do conjunto.

Essa frase ressalta a importância do estudo da organização das coberturas pedológicas para a compreensão da relação entre pedogênese e a evolução do relevo, que constitui outro capítulo importante da aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica.

QUEIROZ NETO, J. P. (2002) Structural analysis of the pedological cover: an experience on teaching and research. *Revista do Departamento de Geografia*, n.15, p. 77-89.

**Abstract:** This paper reports the scientific results of CAPES/COFECUB cooperation project 35/8, entitled "Structural analysis of the pedological cover and its application in tropical environments". This project was developed as a graduate programme by the Department of Geography USP (São Paulo, Brazil), École Nationale Supérieure Agronomique" (Rennes, France), Geomorphological Center CNRS (Caen, France) and ORSTOM Center (Cayenne, French Guyane) from 1980 to 1995. Several soil surveys and cartography of the pedological cover took place in São Paulo, Paraná, Santa Catarina and Minas Gerais states and 7 M.Sc. and 18 Ph.D theses were concluded. These results represent an expressive contribution to the knowledge of pedogenetical and present-day soil processes, as well as to morphogenesis and landform evolution relationships with soil evolution. Results are presented under two labels: 1- pedological systems: soil genesis and dynamics; 2- hydrological processes and soil erosion.

**Key words:** Pedological transformation systems; Stone lines; Ferruginous cuirasses; Water dynamics and erosion.

Recebido em 13 de agosto de 2002; aceito em 21 de agosto de 2003.

**Anexo I**

DISSERTAÇÕES DE MESTRADO E TESES DE DOUTORADO<sup>1</sup>

**1ª. FASE: IMPLANTAÇÃO**

INÍCIO - ÁREA	AUTOR	TÍTULO (DATA DE APRESENTAÇÃO)	ORIENTADOR ; NÍVEL
1981 - Marília	O. N. FERNANDES BARROS	Análise estrutural e cartografia detalhada dos solos em Marília: ensaio metodológico (1986)	QN; MS
	S. S. CASTRO	Sistemas de transformação pedológica em Marília: B latossólicos e B texturais (1989)	QN; DR
	M. A. SANTANA	Avaliação dos fatores responsáveis pela fragilidade dos solos à erosão na região de Marília (1991)	QN; MS
1983 - Botucatu	A. A. W. MIKLOS	Rélatons entre l'altération et la pedogenèse dans um profil vertical sur basalte de la région de Botucatu (S. Paulo-Brésil) (1986)	FR; DEA
	A. A. W. MIKLOS	Biodynamique d' une couverture pédologique de la région de Botucatu (S. Paulo, Brésil) (1995)	FR; DR
1985 - Ilha Solteira	S. NICOLA	Sistemas pedológicos desenvolvidos sobre basaltos na região de Ilha Solteira (estado de São Paulo). (1992)	IG; DR
1987 - Bauru	F. X. T. SALOMÃO	Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização e cartografia aplicada ao controle preventivo urbano e rural (1994)	QN; DR
	L. C. J. SANTOS	Estudo morfológico da toposseqüência da Pousada da Esperança, Bauru, SP:subsídios para a compreensão da gênese, evolução e comportamento atual dos solos (1995)	SC; MS
	L. C. J. SANTOS	Pedogênese no topo do platô de Bauru (SP): o caso da bacia do córrego da Ponte Preta (2000)	SC; DR
	L. M. FERREIRA	As interações entre a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru - SP (1997)	QN;DR
	Rancharia	A. M. S. OLIVEIRA	Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios: o exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema (SP-PR) (1994)

**2ª. FASE: EXPANSÃO**

1988 - Guaira	F. F. KERTZMAN	Modifications de la structure et des propriétés physiques des couches superficielles d'un Latossolo Roxo (Guaira, SP) soumis à l'irrigation par aspersion (1990)	FR; DEA	
	F. F. KERTZMAN	Modificações na estrutura e comportamento de um Latossolo Roxo provocadas pela compactação na região de Guaira (SP) (1996)	QN; DR	
	F. S. B. LADEIRA	Estudo micromorfológico de um Latossolo Roxo no município de Guaira (1995)	SC; MS	
	Uberlândia	S. C. LIMA	As veredas no ribeirão Panga no Triângulo Mineiro e a evolução da paisagem (1996)	QN; DR
	A. FELTRAN FILHO	A estruturação das paisagens nas chapadas do Oeste Mineiro (1997)	QN; DR	
1989 - Londrina	O. N. FERNANDES BARROS	Formação de horizontes pedológicos em solos sobre basaltos (Londrina, PR) e ação biológica no intemperismo (1996)	QN; DR	
Caçapava	H. F. FILIZOLA	O papel da erosão geoquímica na evolução do modelado da bacia de Taubaté (1993)	LC; DR	
Cunha	S. FURIAN	Morphogenèse/pedogenèse em milieu tropical humide de la serra do Mar, Brésil: contribution de l'altération et de la pedogenèse à une dynamique actuelle (1995)	FR; DR	

<sup>1</sup> as orientações estão assinaladas por: QN = J.P. Queiroz Neto; SC = Selma S. Castro; LC = Lylian Coltrinari; IG = Inst. Geociências USP; FR = tese ou DEA apresentado na França. O nível do trabalho está indicado por MS para mestrado e DR para doutorado.

INÍCIO - ÁREA	AUTOR	TÍTULO (DATA DE APRESENTAÇÃO)	ORIENTADOR ; NÍVEL
1990 - Sorocaba do Sul	A. V. BELTRAME	Estudo das propriedades físicas do solo visando conhecer seu funcionamento hídrico: Sorocaba do Sul , Biguaçu (1997)	QN; DR
1991 - Mesa Redonda (Caen): Organisation et dynamique interne de la couverture pedologique et son importance pour la compréhension de la morphogenèse. Présentation des résultats des recherches réalisées dans le cadre du projet CAPES/COFECUB 35/80. Organização: JOËL PELLERIN & JOSÉ PEREIRA DE QUEIROZ NETO			
1992 - NW Paraná	J.E.CUNHA	Caracterização morfológica (macro e micro) e comportamento hídrico de duas seqüências em Umuarama - PR: subsídios para avaliação dos processos erosivos (1996)	SC; MS
	A. ZAGO	Sistema pedológico Latossolo-Argissolo e seu comportamento físico-hídrico em Mamboré, PR (2000)	SC; DR
	P. NAKASHIMA	Sistemas pedológicos da região noroeste do estado do Paraná: distribuição e subsídios para o controle da erosão (2000)	SC; DR
1993 - São Pedro	R. P. DIAS FERREIRA	Solos e morfogênese em São Pedro - SP (1997)	QN; DR
	D. OLIVEIRA	Estudo macro e micromorfológico de uma toposseqüência na bacia do córrego do Retiro em São Pedro - SP (1997)	SC; MS
	E. BUZATO	Distribuição atual e tipos de ferricretes nas serras do Itaqueri e São Pedro (SP) e sua relação com o relevo (2000)	SC; MS
1995 - Seminário São Paulo - Paraná: Morfologia dos sistemas pedológicos tropicais: relação com seu funcionamento hídrico e fertilidade. Balanço geral dos resultados obtidos com a aplicação do procedimento da análise estrutural da cobertura pedológica ao estudo dos solos. Organização: SELMA. S. CASTRO.			

## Referências bibliográficas

- BELTRAME, A. V. (1997) *Estudo das propriedades físicas do solo visando conhecer seu funcionamento hídrico*: Sorocaba do Sul, Biguaçu. 1 v. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- BELTRAME, A.; BOULET, R.; CASTRO, S.S.; PELLERIN, J.; QUEIROZ NETO, J.P.; REBELO, L.V.; REBELO, S.; SCHEIBE, L.F. (1993) Dépressions fermées et sols développés sur migmatites du Plateau Atlantique sud-brésilien (état de Santa Catarina). In: TABLE RONDE ORGANISATION ET DYNAMIQUE DE LA COUVERTURE PÉDOLOGIQUE ET SON IMPORTANCE POUR LA COMPREHENSION DE LA MORPHOGÉNÈSE, Caen, 1993. *Resumés*.
- BOCQUIER, G. (1973) *Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad*: interprétation biogéodynamique. *Mém. ORSTOM*, v. 62, 351 p.
- BOCQUIER, G.; MILLOT, G.; RUELLAN, A. (1974) Différentiations pédologiques et géochimiques dans les paysages africains tropicaux et méditerranéens: la pédogenèse latérale rémontante. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA DO SOLO, 10., Moscou, 1974. Pré-print. 5 p.
- BOULET, R. (1978) *Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta*: équilibres et déséquilibres pédobioclimatiques., *Mém. ORSTOM*, v.85, 272 p.
- BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F.X.; LUCAS, Y. (1982) Analyse structurale et cartographie en pédologie. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.* v. 19, n.4, p. 309-321, 323-339, 341-351.
- CASTRO, S. S. (1989) *Sistema de transformação pedológica em Marília, SP*: B latossólicos e B texturais. 1 v. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- DELVIGNE, J. (1965) *Pédogenèse en zone tropicale*: la formation des minéraux secondaires en milieu ferralitique. *Mém. ORSTOM*, v. 13, 117 p.
- DIAS FERREIRA, R. P. (1997) *Solos e morfogênese em São Pedro - SP*, 1 v. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- FERNANDES BARROS, O. N. (1986) *Análise estrutural e cartografia detalhada dos solos em Marília, SP*: ensaio metodológico. 1 v. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- FERNANDES BARROS, O. N. (1996) *Formação de horizontes pedológicos em solos sobre basaltos e ação biológica no intemperismo*. 1 v. Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- FERNANDES BARROS, O.N.; QUEIROZ NETO, J.P. (1994) Microagregação des sols, cuirasse ferrugineuse et altération de basaltes à Londrina (état du Paraná, Brésil). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., México, 1994., *Resumen* n. 1.218.
- FILIZOLA, H. (1993) *O papel da erosão geoquímica na evolução do modelado da bacia de Taubaté*. 2 v. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- FILIZOLA, H.; BOULET, R. (1993) Une évaluation de la vitesse de l'érosion géochimique à partir de l'étude de dépressions fermées sur roches sédimentaires quartzo-kaoliniques du Brésil. *C.R.Acad. Sc. Paris*, v.316, Série II, p.693-700.
- FURIAN, S. (1995) *Morphogênese/pedogenese em milieus tropical humide de la Serra do Mar, Brésil*: contribution de l'altération et de la pedogenese à une dynamique actuelle. 1 v. Tese (Doutorado) – Université de Caen.
- GREENE (1945) Classification and use of tropical soils. *Soil Science Society of American Proceedings*, v. 10, p. 392-396.
- KERTZMAN, F. F. (1990) *Modifications de la structure et des propriétés physiques des couches superficielles d'un Latossolo Roxo (Guairá, SP) soumis à l'irrigation par aspersion*, 1 v. Dissertação (D.E.A.) – École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, França.
- KERTZMAN, F. F. (1996) *Modificações na estrutura e comportamento de um Latossolo Roxo provocadas pela compactação, na região de Guairá (SP)*. 1 v. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- LADEIRA, F. S. B. (1995) *Estudo micromorfológico de um Latossolo Roxo no município de Guairá*. 1 v. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- MANFREDINI, S.; QUEIROZ NETO, J.P. (1993) Comportamento hídrico do Sistema de transformação lateral B latossólico/ B textural em Marília (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiania, 1993. *Resumo expandido*. Goiania, v. 1, p.91-92.
- MIKLOS, A. A. W. (1986) *Relations entre l'altération et la pédogênese dans un profil vertical sur basalte de la région de Botucatu (São Paulo, Brésil)*, 1 v. Dissertação (D.E.A.) – Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.
- MIKLOS, A. A. W. (1995) *Biodynamique d'une couverture pédologique de la region de Botucatu (São Paulo, Brésil)*. 1 v. Tese (Doutorado) – École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.

- MILNE, G. (1934) Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. Londres, *Soil Research* v. 4, n. 2, p.183-98.
- MILNE, G. (1936) Normal erosion as a factor in soil profile development. *Nature*, n. 26, p.548-549.
- NICOLA, S. (1992) *Sistemas pedológicos desenvolvidos sobre basaltos na região de Ilha Solteira (estado de São Paulo)* 1 v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- NICOLA, S.; BOULET, R. (1987) Ilha Solteira. In: 21 CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas, 1987, *Guia de Excursão*. Campinas, 1987, p.42-56.
- OLIVEIRA, A. M. S. (1994) *Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios: o exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema*. 1 v. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- PELLERIN, J.; QUEIROZ NETO, J.P. (1992) Relations entre la distribution des sols, les formes et l'évolution du relief dans la haute vallée du Rio do Peixe (état de São Paulo, Brésil). Paris, *Science du Sol*, v. 30, n. 3, p.133-147.
- PELLERIN, J.; MANFREDINI, S.; PALHETA, I.G.V.; QUEIROZ NETO, J.P.; SANTANA, M.A.; FERNANDES BARROS, O.N.; CASTRO, S.S. (1985) La dynamique du milieu physique et de l'occupation du sol dans la région cafeeira de Marília (État de São Paulo, Brésil): méthodologie et cartographie. CONGRESSO UGI, 25., Simpósio 17 "Cartographie de l'environnement", 1985, p. 21-35.
- QUEIROZ NETO, J.P. (1988) Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1987. *Anais*. Campinas, CBCS, p. 415-430.
- QUEIROZ NETO, J.P. (1993) Pedogênese e evolução das formas de relevo no Planalto Ocidental Paulista: o exemplo da região de Marília. In SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5., São Paulo, 1993. *Anais*. São Paulo, Simpósio de Geografia Física, p. 505-510.
- QUEIROZ NETO, J.P.; RUELLAN, A.; PELLERIN, J. (1986) Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. *Boletim Informativo SBCS*, v.11, n. 2, p. 34-38.
- QUEIROZ NETO, J.P.; CASTRO, S.S.; FERNANDES BARROS, O.N.; MANFREDINI, S.; PELLERIN, J.; RUELLAN, A.; TOLEDO, G.S. (1981) Um estudo de dinâmica de solos: formação e transformação de perfis com horizonte B textural. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador, 1981, *Resumos*, comunicação 169. Salvador, SBCS, v.1.
- RUELLAN, A.; QUEIROZ NETO, J.P.; PELLERIN, J. (1984/1985) Analyse structurale de la couverture pédologique: une experience d'enseignement et de recherche au Brésil. Paris, *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* v. 19, n. 4, p. 253-256.
- SALOMÃO, F. X. T. (1994) *Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização e cartografia aplicada ao controle preventivo urbano e rural*. 1 v. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SANTANA, M. A. (1991) *Avaliação dos fatores responsáveis pela fragilidade dos solos à erosão na região de Marília*, 1 v. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, L. C. J. (1995) *Estudo morfológico da topossequência da Pousada da Esperança, Bauru, SP: subsídios para a compreensão da gênese, evolução e comportamento atual dos solos*. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, L. C. J. (2000) *Pedogênese no topo do platô de Bauru (SP): o caso da bacia do córrego da Ponte Preta*. 1 v. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981) *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT PRÓ-Minério, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 94 p. mapa (escala1:1.000.000). (Monografias, 5).