

UTILIZAÇÃO DO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV) PARA O RECONHECIMENTO DE REVESTIMENTOS ARGILOSOS

THE USE SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) TO RECOGNITION OF CLAY COATINGS

Leonardo José Cordeiro Santos¹

Janine Berrier²

Michel Grimaldi³

Selma Simões de Castro⁴

RESUMO

Diversos autores têm ressaltado, nos seus trabalhos de pesquisa, uma certa dificuldade na identificação de revestimentos argilosos em observações de campo e de laboratório. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a importância da utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) na identificação e na caracterização destas feições pedológicas encontradas em Argissolos nas proximidades de Bauru-SP. A área de estudo situa-se no oeste do estado de São Paulo, onde o quadro geológico regional é dominado por rochas sedimentares da Formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), associadas aos Latossolos e aos Argissolos. Os estudos foram desenvolvidos no laboratório de Ciência do Solo do INRA/Rennes (França). Um MEV possibilitou a observação e a caracterização química pontual das amostras. Foram utilizadas lâminas delgadas de solo de pequenas dimensões (4,5 X 7 cm) e pequenos torrões de solo (1 cm³) com estrutura preservada. O MEV mostrou-se uma ferramenta eficaz nos estudos de gênese dos solos. Os resultados revelaram ainda que os revestimentos argilosos encontrados no topo no horizonte Bt dos Argissolos apresentam limite nítido com o fundo matricial, forte birrefringência, microlaminação, além da orientação das argilas paralela à parede dos poros, essas características indicam um processo de iluviação mecânica das argilas. As microanálises efetuadas nos revestimentos argilosos forneceram informações adicionais àquelas obtidas com o estudo micromorfológico, principalmente por mostrar a existência de forte variação dos elementos ao longo das microestratificações.

Palavras-chaves: Revestimentos argilosos, Microscópio Eletrônico de Varredura, Argissolos.

1 Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - Paraná. <e-mail: santos@ufpr.br>

2 Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), França.

3 Institut de Recherche pour le Développement (IRD), França.

4 Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

ABSTRACT

Many authors have been pointing out the difficulties of identification of clay coatings in field and laboratory observations. This work aims at estimating the importance of the Scanning Electron Microscopy (SEM) at the characterization and identification of these pedological features found in Alfisols in Bauru (SP) region.

The studied region is located in the western part of São Paulo State, where the regional geology is dominated by sedimentary rocks from Marília Formation of Bauru Group (Cretaceous period), associated with soils of Alfisol and Oxisol type (figure 1).

The studies were developed at the INRA/Rennes Soil Science laboratory. A Phillips XL20 scanning electron microscopy connected to an EDS spectrometer make the observation and punctual chemistry characterization of the samples possible. Soil thin blades of small dimensions (4,5 X 7,0 cm) and small soil lumps (1,0 cm³) with preserved structure were used.

The SEM showed to be an effective tool in soils genesis studies. The results showed that the clay coatings found in the chambers porosity from the superior portion of argillic horizon in Alfisols present a clear boundary with the immediately underlying soil materials, strong birefringence, micro lamination, besides the orientation of the clays parallel to the pores wall, indicating a mechanic illuviation process of the clay (figures 2 to 6).

The microanalyses done in clay coatings found in the argillic horizon, gave additional information to those acquired from the micromorphological studies, especially for showing the existence of a strong variation of the oxides elements through the micro laminations (figure 9 and table 1).

Key-words: Clay coatings, Scanning electron microscopy, Alfisols.

INTRODUÇÃO

Segundo a Embapa (1999), os Argissolos, denominados Podzólicos no antigo sistema brasileiro de classificação de solos, caracterizam-se como solos minerais, não hidromórficos e com contrastes texturais (gradiência) importantes entre os horizontes A e B. O horizonte diagnóstico B textural (Bt) apresenta geralmente uma macroestrutura em blocos ou prismática bem desenvolvida e películas de material coloidal (cerosidade) na superfície das unidades estruturais (torrões) ou na porosidade.

Castro (1989), ao realizar uma revisão dos trabalhos desenvolvidos sobre os Argissolos no estado de São Paulo até o início da década de 80, ressaltou dois períodos, onde as hipóteses relativas a sua gênese podem ser agrupadas da seguinte forma:

- a) na primeira metade dos anos 70 a gênese dos Argissolos, até então reconhecida como autóctone (Comissão de solos, 1960), foi questionada por um grupo de pesquisadores, entre eles Queiroz Neto et al. (1973), Penteadó & Ranzani (1973), Lepsch (1975) e Carvalho (1976), que se apoiaram em evidências morfológicas e sedimentológicas a favor da hipótese de aloctonia desse material, ou seja, remanejamentos associados aos episódios morfogenéticos pós-cretáceos, resultando em um empilhamento de colúvios. Queiroz Neto et al. (1973) chegam a admitir que o horizonte A seria proveniente de um material recente em trânsito nas vertentes;

- b) na segunda metade dos anos 70, os trabalhos dirigem-se mais ao estudo da dinâmica dos constituintes desses solos e aos processos pedogenéticos propriamente ditos, independente do material de origem (Perecim & Campos, 1976 e Lepsch et al. 1977 a, b). Destaca-se nessa fase a questão da e-iluviação para a gênese dos horizontes A e Bt, eluviação em A e iluviação no Bt, associados à migração da argila e do ferro.

Castro (1989), por meio de observação micromorfológica dos Argissolos situados em Marília (SP), atribuiu a sua origem ao resultado de processos pedogenéticos promovidos pela circulação vertical e sobretudo lateral (para jusante) da água no interior dos solos, que causaria a deposição do material argiloso no topo no horizonte Bt na forma de "cutans" de iluviação. Hipótese posteriormente comprovada por Santos (1995 e 2000), ao realizar estudos detalhados de solos semelhantes em Bauru-SP.

Vital Torrado et al. (1991), ao estudarem um Argissolo no distrito de Tupi (Piracicaba-SP), na Depressão Periférica Paulista, observaram que o mecanismo pedogenético de degradação do horizonte Bt ocorria da seguinte forma: iluviação de argila, redução da porosidade, encharcamento temporário e degradação e/ou remoção das partículas finas do topo do horizonte Bt por dissociação do ferro/argila.

Almeida et al. (1997), ao investigarem o horizonte Bt de um Argissolo situado na planície costeira do Rio

Grande do Sul, mostraram que o contraste textural entre os horizontes E e E/Bt foi resultado da ação de processos de lixiviação no horizonte E. Para esses autores, esta hipótese é justificada pelo aumento da razão argila fina/argila total em profundidade e pela expressiva cerosidade encontrada no horizonte Bt.

Kubiena (1938) utilizava o termo “coating” para definir os filmes coloidais de argila que encobriam os materiais mais grossos encontrados no solo. Posteriormente, Brewer (1964) passou a utilizar o termo “cutan” para caracterizar as modificações de textura e estrutura encontradas nas superfícies naturais do material pedológico.

Isbell (1980) num trabalho de revisão sobre o conceito de Bt, concluiu que apesar das superfícies lisas e brilhantes (cutans) poderem ser identificadas no campo, o estudo de lâminas delgadas de solo é imprescindível para um melhor entendimento da sua gênese.

Segundo Castro (1989), muitas vezes reconhecem-se cutans em campo, levando à interpretação de um horizonte Bt, entretanto, ao microscópio o que se encontra são feições de contração ("stress"). Outras vezes, ao contrário, eles não são observados em campo

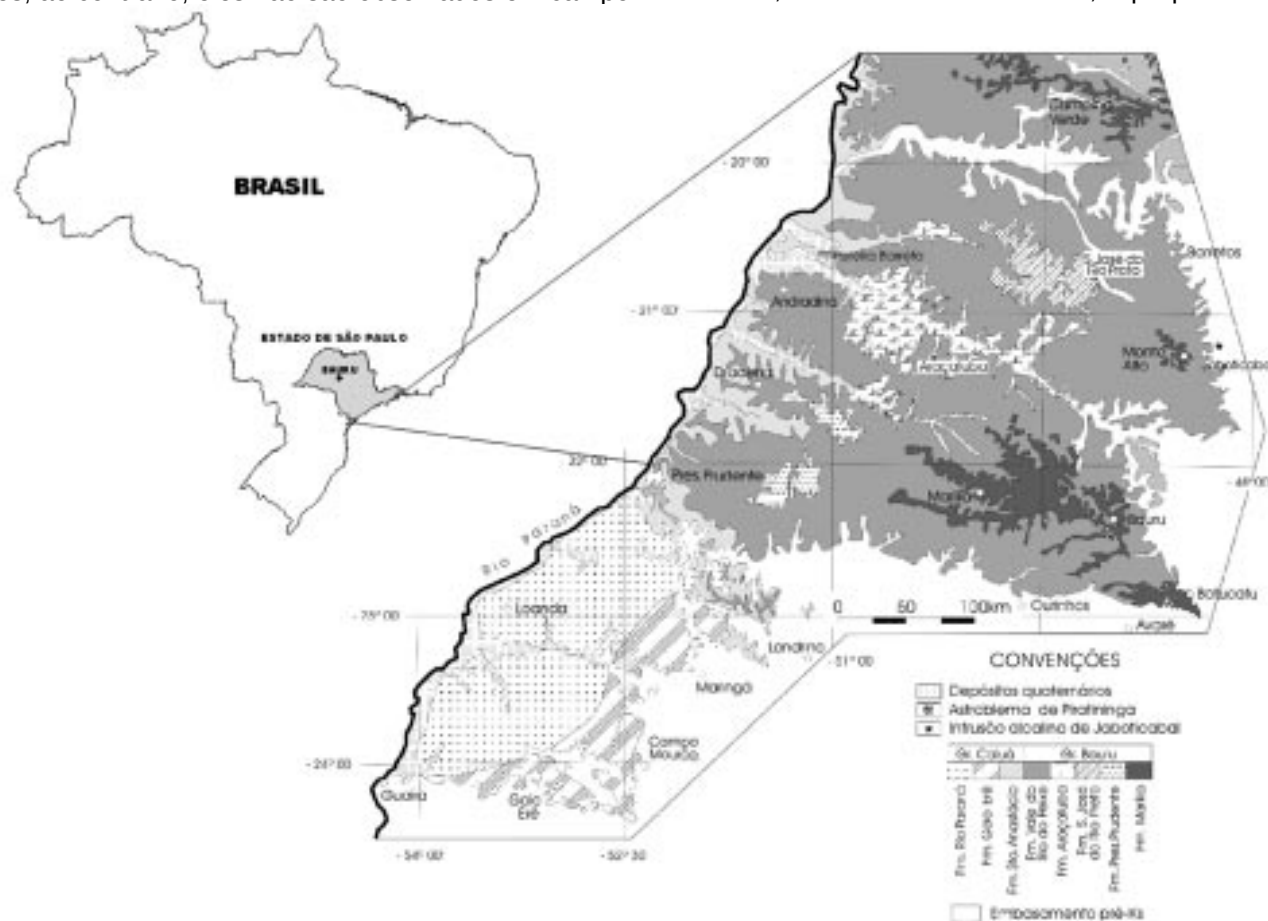
mas apenas ao microscópio. Nesse caso, torna-se relevante para o diagnóstico do material pedológico analisado a utilização de outras técnicas de observação mais sofisticadas.

Visto que são frequentes os problemas de interpretação dos revestimentos argilosos nas observações de campo e de laboratório, procurou-se no presente trabalho avaliar a importância da utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) para uma melhor identificação e caracterização dessas feições pedológicas encontradas no horizonte B textural (Bt) dos Argissolos em Bauru-SP.

CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

A área de estudo situa-se no oeste do estado de São Paulo, nas proximidades da cidade de Bauru, envolvendo uma parte do horto florestal, pertencente à Ferrovia Paulista S.A.

O clima é do tipo tropical úmido, CWA conforme a classificação de Köepen (1948), com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, o que permite defi-



FONTE: FERNANDES & COIMBRA (2000) modificado.

Figura 1: Localização da área de estudo. *Location of the studied area.*

ni-lo como mesotérmico de inverso seco. A temperatura média do mês mais frio é de 20° C, e, a do mês mais quente, de 27°C (Salomão 1994).

A área localiza-se na Bacia Sedimentar do Paraná, onde o quadro geológico regional é dominado por rochas do Grupo Bauru, do Cretáceo, recobrimdo as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, com idade entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior. O Grupo Bauru, na área estudada, é representado pela Formação Marília (figura 1), conforme Fernandes & Coimbra (2000).

Segundo Soares et al. (1980), o termo Formação Marília é utilizado para designar os bancos de arenitos alternados com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos. São ainda característicos dessa formação os nódulos carbonáticos, que aparecem dispersos nos sedimentos, ou concentrados em níveis ou zonas. Cimento carbonático também é muito freqüente.

De acordo com esses autores, a Formação Marília abrange “um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenitos de granulação fina a muito fina, cor de róseo a castanho, estratificação cruzada, com espessuras variando entre 2 a 20 metros, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos de cor castanho-avermelhado, maciços ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, freqüentemente com marcas de microestratificação cruzada”

Essa região integra a Província Geomorfológica do Planalto Ocidental (Almeida 1964), situada a oeste da Depressão Periférica Paulista, e que na maior parte apresenta relevo relativamente uniforme, representado por vertentes extensas de perfis convexos.

De maneira geral, esse relevo alcança pouco menos de 600 metros de altitude e seus desníveis locais raramente atingem uma centena de metros, o que lhe dá notável suavidade e rede de drenagem de baixa à média intensidade.

Os solos predominantes, segundo os levantamentos executados pelo Projeto Radambrasil (1:250.000), ratificados posteriormente pelos trabalhos de campo realizados para esse estudo, são do tipo Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo. Secundariamente, encontram-se os Gleissolos, com ocorrência restrita às áreas próximas ao fundo dos vales.

A ocupação humana nessa região, iniciada na década de 20, retirou a vegetação nativa, do tipo Floresta Latifoliada Tropical e introduziu a cultura do café, que foi progressivamente substituída por pastagens e culturas de subsistência. Hoje essa cultura está restrita aos topos, e as pastagens ocupam as demais áreas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento dos solos da área de estudo foi realizado a partir da investigação em sub-superfície dos principais horizontes pedológicos presentes, por meio de sondagens a trado ao longo das topossequências escolhidas previamente, conforme os procedimentos da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, descritos em Boulet et al. (1982 a e b), permitindo sua descrição morfológica mais detalhada, sobretudo de suas transições verticais e laterais.

Posteriormente, procedeu-se a abertura de trincheiras em uma topossequência denominada Horto B, sendo um perfil de Argissolo escolhido para o presente estudo. Nesse perfil foram coletadas amostras indeformadas, desde o topo até a base, para confecção de lâminas delgadas no seu horizonte diagnóstico de sub-superfície (horizonte Bt).

O estudo em detalhe de lâminas delgadas de solo das amostras com estrutura conservada situadas no horizonte Bt, denominado estudo micromorfológico, permitiu a observação no MEV das suas principais organizações.

A Microscopia Eletrônica de Varredura é uma técnica utilizada tanto para a pesquisa básica como aplicada. Esta técnica permite a observação e a caracterização de diferentes tipos de materiais tais como: mineral, vegetal, animal e produtos agroalimentares, a partir da emissão e interação de feixes de elétrons sobre uma amostra, sendo possível caracterizá-los do ponto de vista de sua morfologia, sua organização e sua composição química.

Os estudos foram desenvolvidos no laboratório de Ciência do Solo do INRA/Rennes. Um MEV Phillips XL20 acoplado a um espectrômetro de energia EDS, com padrão de calibração interno e uma tensão de aceleração de 20 kV, possibilitou a observação e a caracterização química pontual das amostras. Foram realizadas três análises para cada ponto escolhido.

Utilizou-se lâminas delgadas de solo de pequeno formato (4,5 X 7 cm) e pequenos torrões de solo (1 cm³) com estrutura preservada. Visto que as amostras coletadas em campo encontravam-se em estado seco, não procedeu-se a desidratação das mesmas.

O MEV apresenta intervalo bastante abrangente na sua escala de observação, variando da ordem de grandeza do milímetro ao nanômetro, o que possibilitou identificar estruturas elementares do solo.

No presente estudo os aumentos variaram de 200 à 20.000 X, efetuados a partir de uma combinação de elétrons secundários e elétrons retroespalhados ou “backscattered” de maneira a aumentar o contraste entre a porosidade e a fase mineral.

Segundo Sullivan (1997), a utilização do MEV como técnica complementar para o reconhecimento de revestimentos argilosos é importante, pois além de possibilitar a obtenção de imagens com alta resolução é também capaz de fornecer informações importantes relativas à composição química das feições analisadas.

Numa primeira fase procurou-se reconhecer nas lâminas delgadas, observadas com microscópio óptico, e nos torrões, observados com lupa binocular, as principais feições pedológicas existentes no horizonte Bt e numa segunda fase, com auxílio do MEV, efetuaram-se as descrições e as microanálises pontuais sobre a fração argilosa dessas feições, com o objetivo de precisar a natureza e a variação espacial dos seus principais constituintes.

A fundamentação metodológica, necessária para auxiliar na observação e descrição sistemática das lâminas, foi extraída de Brewer (1976), Bocquier (1973), Stoops & Jongerius (1975), Boulet (1974), Chauvel (1979) e Bullock et al. (1985), além de um pequeno guia organizado por compilação e apostilado por Castro (1989).

A descrição obedeceu aos seguintes princípios: a) ordenação das lâminas no perfil estudado; b) observação inicial sob baixo aumento (lupa binocular) seguido de aumentos progressivamente maiores (microscópio óptico e MEV); c) seleção de campos representativos para a caracterização das organizações presentes e d) elaboração de croquis, tomadas de fotos, construção de quadros sínteses e elaboração de gráficos para caracterizar a evolução dos arranjos (estruturas).

A análise micromorfológica propriamente dita compreendeu as seguintes etapas:

- a) Identificação dos constituintes do fundo matricial:
 - plasma: fração granulométrica menor ou igual a $2\mu\text{m}$;
 - esqueleto: fração granulométrica compreendida entre 2 e $2000\mu\text{m}$;
 - poros.
- b) Identificação das organizações estruturais:
 - estruturas plásmicas: arranjo espacial das partículas da fração argila, entre si, segundo diferentes direções;
 - estrutura de base: resultado do arranjo espacial entre plasma, esqueleto e poros (fundo matricial), conforme a classificação de Stoops & Jongerius (1975).
- c) Identificação das principais feições pedológicas:
 - cutans: modificações de textura e estrutura nas superfícies do material pedológico, devido à concentração de certos constituintes ou a modificações *in situ* do plasma por reorientações ligadas a esforços e tensões, ou transformações mineralógicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo macromorfológico realizado evidenciou que o horizonte Bt do Argissolo encontrado no perfil estudado apresenta espessura de 40 cm, cor bruno-avermelhado (5YR 4/4), textura argilo-arenosa, estrutura poliédrica de 4 a 5 cm com forte coesão, muito plástico, muito pegajoso, com porosidade tubular (1 a 2 mm) e fissural descontínua associada à presença de superfícies lisas e brilhantes (revestimentos argilosos).

As observações micromorfológicas realizadas com o auxílio do microscópio óptico e posteriormente com o MEV permitiram constatar que o fundo matricial é mais denso (menor porosidade) quando comparado aos outros horizontes identificados no perfil. As microestruturas apresentam forma irregular dominante, dimensão entre 3 e 5 mm e englobam no seu interior grãos do esqueleto (estrutura porfírica) com dimensão que varia do silte à areia média (figura 2).

O plasma é birrefringente sob luz polarizada (LP) nos domínios de cor vermelho vivo, associados a parede dos poros (vossépica), aos grãos do esqueleto (esquelssépica) e também ao interior de alguns microagregados, na forma de traços isolados (silassépica).

O esqueleto é dominado por quartzo fino (0,25-0,10 mm), moderadamente selecionado, subangular, ligeiramente rugoso e distribuído aleatoriamente, enquanto que a porosidade dominante é de poros arredondados a subarredondados e de canais alongados.

Verificou-se também que os revestimentos argilosos identificados em campo encontram-se associados à porosidade cavitária, principalmente na porção superior do horizonte Bt, e apresentam limite externo nítido em relação ao fundo matricial e microestratificação paralela à parede dos poros (figuras 3 e 4).

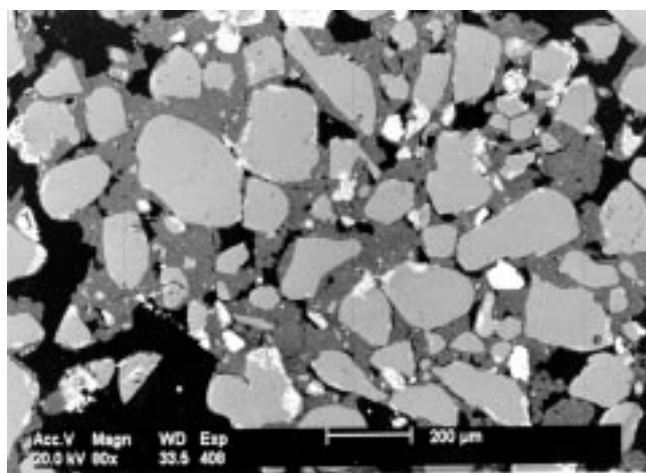


Figura 2: Horizonte B textural (Bt) com domínios porfíricos. Argilic horizon with porphyrics domain.

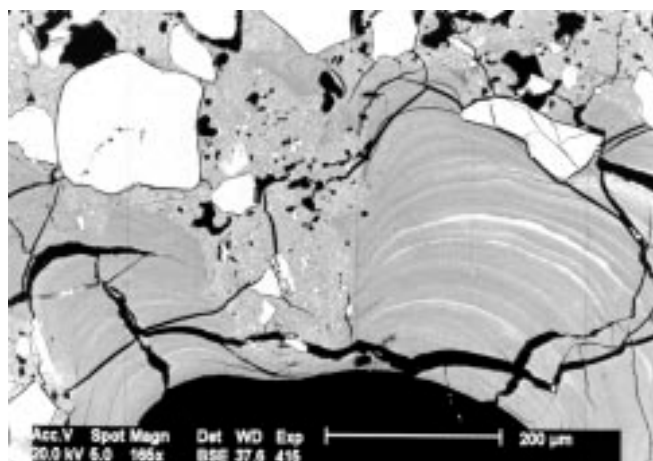


Figura 3: Revestimento argiloso do horizonte Bt. *Clay coatings of argillic horizon.*

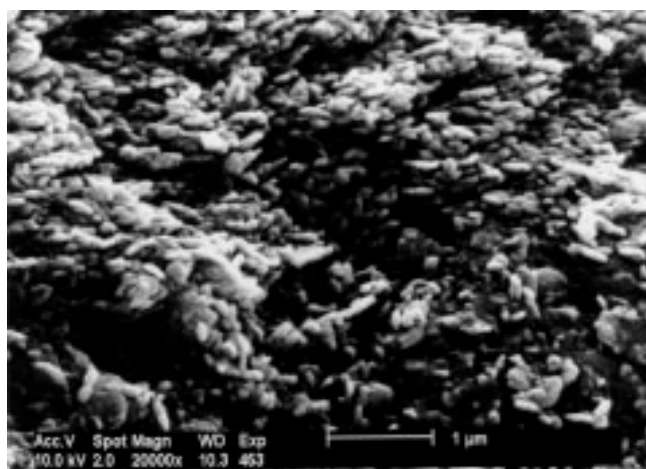


Figura 6: Detalhe das argilas orientadas da figura anterior. *Detail of the oriented clays of the previous figure.*

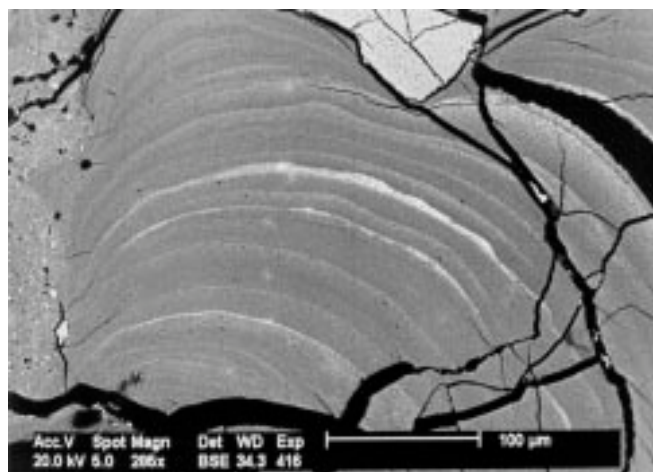


Figura 4: Detalhe do revestimento argiloso da figura anterior. *Clay coatings of the previous figure details.*

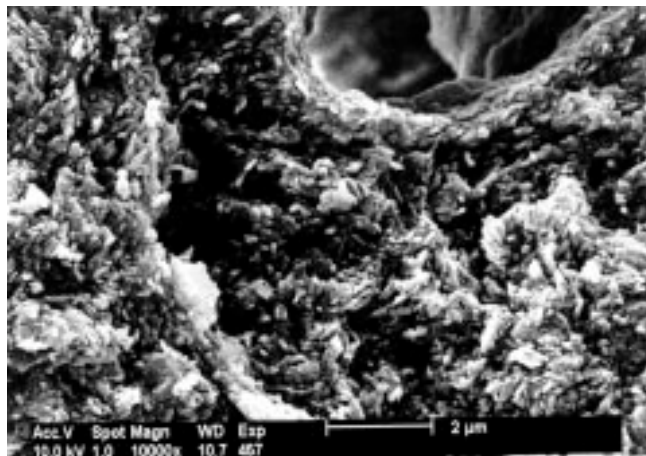


Figura 7: Argilas sem orientação preferencial encontradas no fundo matricial de pequenos agregados do horizonte Bt. *Clays without preferential orientation found on the fabric back of small aggregates of the argillic horizon.*

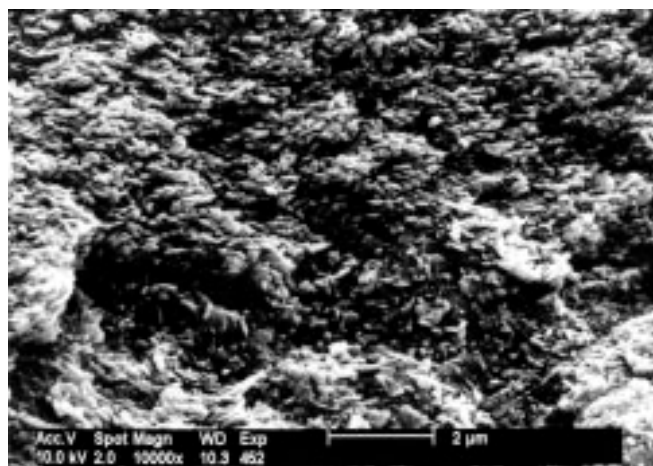


Figura 5: Argilas orientadas (plano-paralelas) encontradas na superfície de pequenos agregados do horizonte Bt. *Oriented clays (parallels-flat) found on the surface of small aggregates from the argillic horizon.*

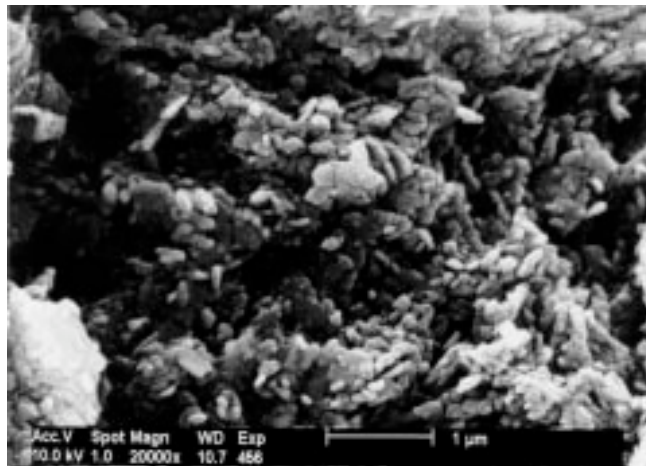


Figura 8: Detalhe das argilas sem orientação da figura anterior. *Detail of the clays without orientation of the previous figure.*

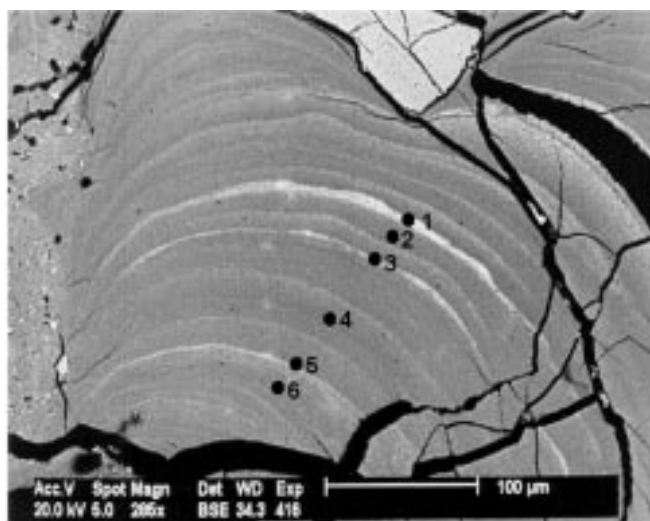


Figura 9: Microanálises realizadas ao longo de um revestimento argiloso. *Microanalyses done through a clay coating.*

Observações complementares realizadas em pequenos torrões de solo (1,5 cm³), com aumento de 10.000 X, evidenciaram que as películas de argila encontradas nas superfícies lisas e brilhantes (cerosidades) apresentam orientação horizontal e paralela em relação à parede dos poros aos quais estão situadas (figuras 5 e 6), enquanto as argilas do fundo matricial não possuem orientação preferencial (figuras 7 e 8).

Uma sequência de seis microanálises acompanhando as microestratificações de alguns desses revestimentos argilosos (figura 9), desde o seu limite interno, contato com o fundo matricial, até o limite externo, contato com os poros, permitiu identificar os principais elementos presentes.

De um modo geral, existe uma sucessão nos valores encontrados para os elementos que se repete ao longo das microestratificações analisadas, ou seja, quando o teor de silício e de alumínio aumentam, o teor de ferro e de titânio diminuem e assim vice-versa. Percebe-se ainda que o silício e o alumínio são predominantes sendo que estes, em todas análises realizadas.

Os resultados apresentados na tabela 1 corroboram esta afirmação. Verificou-se a existência de dois grupos distintos no que diz respeito à variação percentual desses elementos: o primeiro, representado pelos pontos 1, 3 e 5 (com segregação do ferro e do titânio), onde o SiO₂ apresenta percentuais menores ou iguais a 40%, o Al₂O₃ entre 30 e 34%, o Fe₂O₃ entre 14 e 21% e finalmente o TiO₂ entre 7 e 14%. O segundo grupo é representado pelos pontos 2, 4 e 6 (sem segregação), onde o SiO₂ varia entre 44 e 46%, o Al₂O₃ mantém-se em torno de 37%, o Fe₂O₃ entre 10 e 13%, enquanto o TiO₂ mantém-se em torno de 3%.

Tabela1: Resultados das microanálises químicas. *Chemical microanalyses result.*

Pontos de microanálise	Elementos dominantes (%)			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
1	34,12	31,14	21,49	11,10
2	44,79	37,86	13,65	3,78
3	32,56	30,11	17,75	14,24
4	46,08	37,54	11,39	3,08
5	40,88	34,88	14,23	7,90
6	46,76	37,30	10,83	3,76

CONCLUSÃO

O MEV mostrou ser uma ferramenta eficaz e complementar nos trabalhos de gênese de solos. As observações realizadas comprovaram que os revestimentos argilosos identificados apresentam evidências que corroboram a hipótese, levantada por outros autores, de iluviação mecânica das argilas, ou seja, apresentam as seguintes características: limite externo nítido em relação ao fundo matricial e microestratificação paralela à parede dos poros.

O desenvolvimento dos mecanismos de lixiviação nos horizontes superficiais dos Argissolos, desmobilizaria as argilas que seriam depositadas, em parte, em profundidade, criando o horizonte Bt com as características morfológicas observadas atualmente.

As microanálises efetuadas forneceram ainda informações adicionais àquelas obtidas com o estudo micromorfológico, principalmente, por indicar a existência de uma forte variação dos elementos ao longo das microestratificações.

As possibilidades relativas a essas variações apontam para uma reorganização do silício, do alumínio, do ferro e do titânio, seguido de segregação, ou seja, reorganização, levando à microestratificação e a sucessão de depósitos diferenciados ao longo do tempo.

Segundo diversos autores, ambas possibilidades apontam na direção da desestabilização das ligações dos elementos (principalmente o ferro) com a fração argila, causada por hidromorfia na transição dos horizontes E e Bt, como responsável pela eluviação do material argiloso dos horizontes superficiais (A e E) e a iluviação no horizonte Bt.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsa de doutorado "sandwich" (Proc. 2686/95-11) ao primeiro autor, o que possibilitou a realização desta pesquisa.

Agradecemos ainda ao Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) - Laboratório de Rennes/França pelas análises realizadas no MEV.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M de. 1964. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. São Paulo, IGG, p. 167-263. Boletim Paulista.
- ALMEIDA, J.A.; KLAMT, E.; KÄMPF, N. 1997. Gênese do contraste textural e da degradação do horizonte B de um Podzólico Vermelho-Amarelo da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 21: 221-233.
- BREWER, R. 1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. New York, Wiley.J & Sons.
- BREWER, R. 1976. *Fabric and mineral analysis of soils*. New York, Krieger R. E., 482 p.
- BOCQUIER, G. 1973. Genése et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. *Mem. ORSTOM*, **62**: 325 p.
- BOULET, R. 1974. *Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta*. Équilibre et déséquilibre pedobioclimatique. Strasburg. 272 p. (Tese de Doutorado, Université de Strasburg).
- BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F.X.; LUCAS, Y. 1982a. Analyse structurale et 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. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, **19** (4): 309-322.
- BOULET, R.; HUMBEL, F.X.; LUCAS, Y. 1982b. Analyse structurale et cartographie en pédologie II. Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, **19** (4): 323-339.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. 1985. *Handbook for soil thin section description*. Wolverhampton, Waine Research Publs., 152 p.
- CARVALHO, A. 1976. *Solos da região de Marília relação entre pedogênese e a evolução do relevo*. São Paulo. 163 p. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Depto. Geografia /USP). Mimeog.
- CASTRO, S.S. 1989. *Sistema de Transformação Pedológica em Marília*, SP: B latossólico em B textural. São Paulo, 274 p. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Depto. Geografia /USP).
- CASTRO, S.S. 1989. *Micromorfologia de solos: pequeno guia para confecção de lâminas delgadas*. São Paulo, 87 p. Apostila mimeog.
- CHAUVEL, A. 1979. *Iniciação à Análise Microscópica dos Solos*. Piracicaba, ESALQ, USP, 16 p. Mimeog.
- COMISSÃO DE SOLOS. 1960. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, CNEPA, Ministério da Agricultura. (Boletim 12).
- EMBRAPA. 1999. *Sistema brasileiro de classificação de solos Brasília*: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro, Embrapa Solos.
- FERNANDES A.F.; COIMBRA M. 2000. Revisão Estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 30 (4), 717-728.
- ISBELL, R.F. 1980. The argillic horizon concept and its application to the classification of tropical soils. In JOSEPH, K.T. (ed.) *Proceedings conference on classification of tropical soils*. Kuala Lumpur Malaysian, Society of Soil Science, p. 150-157.
- KÖEPPEN, W. 1984. *Climatologia*. Con un estudio de los climas de la tierra. México, FCE, 1948.
- KUBIENA W.L. 1938. *Micropedology*. Ames, Iowa, Collegiate Press, 242 p.
- LEPSCH, I.F. 1975. *Soil landscape relationships in an area of the Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil*. Raleigh. 163 p. (PhD thesis).
- LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W.; DANIELS, R.B. 1977a. Soil landscape relationships in the Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil: I Geomorphic Surfaces and Soil Mapping Units. *Soil Sci. Amer. J.*, **41** (1): 104-109.
- LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W.; DANIELS, R.B. 1977b. Soil landscape relationships in the Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil: II Soil Morphology, Genesis and Classification. *Soil Sci. Amer. J.*, **41** (1): 109-115.
- PENTEADO, M.M.; RANZANI, G. 1973. *Problemas geomorfológicos relacionados com a gênese dos solos podzolizados*. Marília: Inst. de Geografia/USP, 23 p.
- PERECIN, D.; CAMPOS, D.A.F. 1976. Evidências micromorfológicas de gênese de solos de Piracicaba, SP. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, SBCS, 15., Campinas, 1976. *Anais...* Campinas. p. 461-466.
- QUEIROZ NETO, J.P.; CARVALHO, S.; JOURNAUX, A.; PELLERIN, J. 1973. *Cronologia de alteração dos solos da região de Marília, SP*. São Paulo, Inst. de Geografia/USP, 55 p. (Sér. Sedimentologia e Pedologia, 5).
- RADAM BRASIL. (em preparação). *Mapa exploratório de solos*. Folha SF-22-Paranapanema. escala 1: 250.000.
- SANTOS, L.J.C. 1995. *Estudo morfológico da topossequência da Pousada da Esperança, em Bauru, SP*: subsídio para a compreensão da gênese, evolução e comportamento atual dos solos. São Paulo. (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Depto. Geografia/USP). 2 v.
- SANTOS, L.J.C. 2000. *Pedogênese no Platô de Bauru (SP): o caso da Bacia do Córrego da Ponte Preta*. São Paulo. 183 p. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Depto. Geografia /USP).
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÜLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. 1980. Ensaios de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, **10** (3): 177-185.

STOOP, G. & JONGERIUS, A. 1975. Proposal for micromorphological classification in soil material. I A classification of related distributions of coarse and fine particles. *Geoderme*, **13**: 189-200.

SALOMÃO, F.X. de T. 1994. *Processos Erosivos Lineares em Bauru, SP*: regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. São Paulo. 200 p. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Depto. Geografia/USP).

SULLIVAN, L.A. 1997. *Recognition of depositional clay coatings using scanning electron microscopy*. In: INTERNATIONAL WORKING METTING ON SOIL MICROMORPHOLOGY, 10., 1997, Moscow–Wageningen. p.155-166.

VIDAL TORRADO, P.; MAZZA J.A.; CASTRO S.S.; DEMATTE J.L.I. 1991. Micromorfologia e gênese de um Podzólico Vermelho-Amarelo desenvolvido de sedimentos da formação Itararé no distrito de Tupi (Piracicaba-SP). CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, SBCS, 23, Porto Alegre, 1991. *Anais...* Porto Alegre, SBCS. p. 275.