

## LITERATURA CITADA

- ASHBY, D. L. Washing techniques for the removal of nutrient element deposits from the surface of apple, cherry and peach leaves. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, New York, 94:266-268, 1969.
- BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. Análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 31p. (Circular, 87)
- BHAN, K. C.; WALLACE, A.; LUNT, O. R. Some mineral losses from leaves by leaching. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, New York, 73:289-293, 1959.
- GREWELING, T. Chemical analysis of plant tissue. Ithaca, Cornell University Agricultural Experiment Station, 1976. 35p. (Agronomy, 6) v. 6, nº 8.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Cultura do café no Brasil. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1974. 261p.
- LABANAUSKAS, C. K. Effects of orange leaf-washing techniques on removal of surface contaminants and nutrient losses. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, New York, 89:201-205, 1966.
- LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R.; MEDCALF, J. C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1956. 29p. (Boletim, 79)
- LOTT, W. L.; McCLUNG, A. C.; VITA, R.; GALLO, J. R. Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, International Basic Economic Cooperation. Research Institute, 1961. 69p. (Boletim, 26)
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 243p.
- MITCHELL, R. L. Contamination problems in soil and plant analysis. *J. Sci. Food. Agric.*, London, 11:553-560, 1960.
- NELSON, P. V. & BOODLEY, J. W. An error involved in the preparation, of plant tissue for analysis. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, New York, 86:712-716, 1965.
- ORLANDO FILHO, J.; BATAGLIA, O. C.; CAMPOS, H. de. Influência de processos de limpeza das amostras na diagnose foliar em cana-de-açúcar. *Brasil açucareiro*, Rio de Janeiro, 84(2): 15-29, 1975.
- ORPHANOS, P. I. Removal of zinc residues from apple leaves by hydrochloric acid and leaching of other nutrients in the process. *J. Sci. Food Agric. London*, 28:643-646, 1977.
- STENLID, G. Salt losses and redistribution of salts in higher plants. In: RUHLAND, W.; ed. *Encyclopedia of plant physiology. Mineral nutrition of plants*. Berlin, Springer-Verlag, 1958. v. 4, p.615-637.
- SMITH, P. F.; REUTHER, W.; SPECHT, A. W. Mineral composition of chlorotic orange leaves and some observations on the relation of sample preparation technique to the interpretation of results. *Pl. Physiol.*, Washington, 25:496-506, 1950.
- ULRICH, A. Plant analysis. Methods and interpretation of results. In: KITCHEN, H. B., ed. *Diagnostic techniques for soils and crops*. Washington D. C., American Potash Institute, 1948. p.157-168.

# COMISSÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

## TRANSIÇÃO LATOSSOLOS-PODZÓIS SOBRE A FORMAÇÃO BARREIRAS NA REGIÃO DE MANAUS, AMAZÔNIA<sup>(1)</sup>

Y. LUCAS<sup>(2)</sup>, A. CHAUVEL<sup>(3)</sup>, R. BOULET<sup>(2)</sup>, G. RANZANI<sup>(4)</sup> & F. SCATOLINI<sup>(4)</sup>

### RESUMO

O presente artigo é o resultado de um estudo morfoanalítico da transição Latossolo-Podzol na Amazônia Central. Sobre os sedimentos continentais detriticos (formação Barreiras), observa-se uma paisagem de baixos platôs ligados aos fundos de vales por superfícies intermediárias. Os latossolos amarelos argilosos ocupam os platôs, enquanto todas as transições entre latossolos, podzólicos e podzóis arenosos são observadas sobre as superfícies intermediárias. O conjunto dos dados (morfológicos e analíticos) evidencia uma relação estreita entre os processos de pedogênese e de morfogênese que atuam nesta paisagem.

**SUMMARY: TRANSITION FROM LATOSOLS TO PODZOLS ON THE BARREIRAS FORMATION IN THE MANAUS REGION, AMAZON, BRAZIL**

*This paper is a result of a morphological and analytical study of the transition from Latosol to Podzol in the Central Amazon. The region is covered by continental detritic sediments (Barreiras Formation), that form a low plateau connected to the valley bottoms through intermediate surfaces. Clayey yellow latosols (Acrorrhox) occur on the plateau while a progressive transition among latosols, podzolic soils (Tropohumults) and sandy podzols (Tropohumods) is observed on the intermediate surfaces. The morphological and analytical data demonstrate the close relationship between the pedogenetic and morphogenetic processes affecting this landscape.*

### INTRODUÇÃO

A cobertura pedológica estudada, situada a aproximadamente 60km ao norte de Manaus (AM) a 2°33'N. e 60°02'E. (Figura 1), desenvolve-se sobre formações arenosas a areno-argilosas, essencialmente constituídas de areia quartzosa, caulinita e oxidróxidos de ferro e alumínio provenientes da alteração do sedimento Barreiras (BRASIL, 1978).

A análise de organização desta cobertura pedológica teve início em 1981 e continua até ao presente (Boulet et alii \*). Após reconhecer os diferentes elementos da paisagem, dominada pelos platôs que estão ligados aos vales por superfícies intermediárias (Figura 2), estudaram-se em detalhe, sobre numerosos cortes, as relações entre a rocha-mãe e as diferentes partes da cobertura pedológica. Procedeu-se, em seguida, a análises estruturais a partir dos platôs até ao fundo dos vales (cujos resultados são apresentados nesta publicação), pesquisando-se, enfim, a extensão e as variações dessa cobertura pedológica em direção a Manaus. Uma síntese desses trabalhos será divulgada posteriormente.

(\*) BOULET, R.; CHAUVEL, A. & LUCAS, Y. Relatórios de missão INPA, CNPq 1981 (14p.), 1982 (16p.) 1983 (17p.) e 1984 (19p.) (Datiografia)

(1) Pesquisa desenvolvida no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia com o apoio financeiro do convênio CNPq-CNR/ORS TOM. Recebido para publicação em agosto de 1983 e aprovado em novembro de 1984.

(2) Centre ORSTOM, BP 165, Cayenne, Guiana Francesa.

(3) ORSTOM-GEOCIÊNCIAS USP. Caixa Postal 20899, CEP 01498 - São Paulo (SP).

(4) INPA. Caixa Postal 478. CEP 69000 - Manaus (AM).

Dois pólos principais de diferenciação pedológica podem ser observados:

a) um pólo argiloso. São os latossolos muito argilosos (70% de argila a 5cm de profundidade, 85% a partir de 50cm), de cor amarela (10YR 7/5) a vermelho-amarela (5YR 5/8), associados a uma vegetação de floresta densa (EMBRAPA, 1979 e Chauvel, 1981). Chauvel et alii (1982) mostraram que essa cobertura muito argilosa resulta de uma transformação, por dessilicificação e neoformação de caulinita, do material sedimentar subjacente. Este mecanismo é paralelo ao mecanismo de bauxitização descrito por Santos (1981).

b) Um pólo arenoso. São os podzóis que apresentam horizontes de areia branca, atingindo localmente vários metros de espessura (EMBRAPA, 1979). Estão associados às campinas, formações vegetais baixas e abertas (Anderson et alii, 1975, Prance & Schubart, 1977).

Entre esses dois pólos, observa-se uma passagem progressiva dos latossolos aos podzóis, por intermédio de solos podzólicos. Klinge (1965) mostra que certos podzóis podem desenvolver-se às expensas de solos podzólicos, o que ele chama "sandy bleached brown loam" ou "eluviated brown loam". Ele supõe que o material parental dos solos podzól-

cos e, subseqüentemente, de certos podzóis, seja um sedimento de origem fluvial, mais arenoso que o Barreiras, depositado sobre a borda dos vales.

O presente artigo, além de ser um estudo morfoanalítico da transição latossolos-podzóis, expõe ainda as relações genéticas entre os solos, e mostra as correlações entre os platôs e as superfícies podzolizadas.

**MATERIAL E MÉTODOS**

**Dados topográficos** — A morfologia da região foi estudada por fotointerpretação (fotografias em preto e branco,

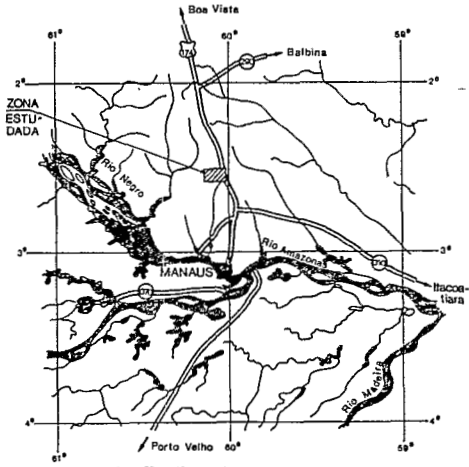


Figura 1. Localização geográfica da zona estudada

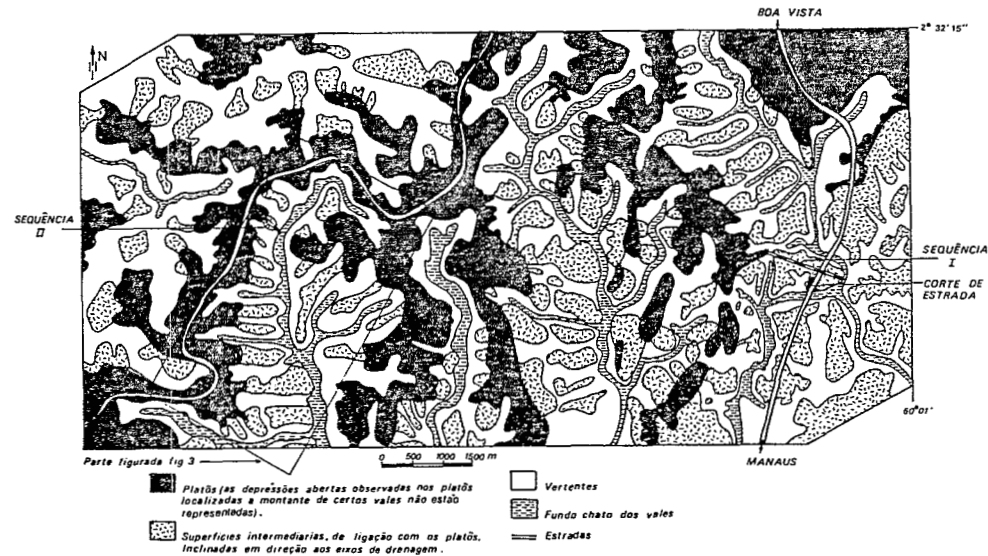


Figura 2. Morfologia da zona estudada e localização das seqüências I e II e do corte de estrada

escala aproximada 1:50.000) e levantamentos topográficos sobre os "transects" analisados.

A carta (Figura 2) elaborada mostra que entre os platôs planos e os fundos de vales existe uma superfície intermediária, fracamente inclinada em direção ao eixo de drenagem, terminando por uma vertente curta de declividade forte. Mostra ainda que, quanto mais desenvolvida essas superfícies intermediárias, maiores o seu comprimento, mais baixa a altitude relativa ao seu jusante, mais importante e ramificado o vale adjacente.

A figura 3 mostra os perfis topográficos das superfícies intermediárias, do platô para o vale. Os perfis menores (A), que abrangem as cotas relativas mais altas, são observados próximo à cabeceira de um vale no interior de um platô; aparecem, então, em continuidade com o platô. Os perfis mais longos (C e D), que atingem cotas relativas mais baixas, são observados quando o vale é mais amplo: a ligação com o platô se faz freqüentemente por um "pedúnculo" formando um "colo". Quando as superfícies intermediárias são muito desenvolvidas (D), observa-se um abatimento na sua parte a jusante que corresponde ao aparecimento dos podzóis.

**Dados pedológicos** — A transição latossolo-podzol foi estudada a partir de duas seqüências feitas com trado e em um corte de estrada, cuja localização é apresentada na figura 2. A seqüência I corta a estrada Manaus-Caracará (BR 174, km 63) no sentido leste-oeste; a seqüência II está situada a leste da estrada ZF2, no km 11. O corte de estrada estudado está situado na borda de uma unidade de relevo, no lado oeste da estrada BR 174, no km 62,5; aprofundado pela erosão, permitiu observações até mais de 15m de profundidade.

Essas seqüências foram trabalhadas segundo os métodos de análise estrutural desenvolvidos por Boulet et alii (1978, 1982), e divulgados, entre outros, por Fernandes Barros (1982). As observações são feitas por sondagens com trado ao longo de um "transect" locado topograficamente. Se duas observações consecutivas forem diferentes, não permi-

tindo que os horizontes possam ser relacionados lateralmente, efetua-se uma sondagem intermediária. Chega-se assim, pouco a pouco, a desenhar em corte os diferentes horizontes da transição, sua geometria real e não interpretada, e suas variações. As observações mais precisas com coleta de amostras são efetuadas em trincheiras cavadas em pontos determinados da transição. As profundidades atingidas nas seqüências estudadas vão de 3 a 7m (segundo a morfologia dos perfis).

Diversas análises foram efetuadas sobre os "transects" e o corte de estrada: argila (fração <2µm) com traçado de curvas isovalor e a distribuição de matéria orgânica em profundidade. As lâminas delgadas de solo para estudos microscópicos foram realizadas no laboratório ÖRSTOM de Caiena, de acordo com os métodos expostos por Gaine (1973).

Os solos dos platôs são latossolos amarelos álicos, textura argilosa (Brasil, 1978; Ranzani, 1980, e Chauvel, 1982), classificados como Typic Haplorthox ou Acrorthox (EUA, 1975). Esses solos são muito argilosos, apresentando mais de 80% de argila a partir de 40cm de profundidade. Sobre as superfícies intermediárias, observam-se as transições entre tais latossolos, os podzóis vermelho-amarelos álicos, latossólicos, textura média a arenosa (Orthoxic Tropohumult ou Palehumult) (Ranzani, 1980) e os podzóis (Tropohumods, Troporthods). Estes últimos apresentam vários metros de espessura de areia branca. O problema é, portanto, saber qual a relação existente entre os latossolos e os podzóis, e entre os platôs e as superfícies intermediárias. Essas relações serão estudadas nas duas seqüências e no corte de estrada.

**RESULTADOS**

**Seqüência I**

A seqüência I apresenta o perfil de uma superfície intermediária que se afunila junto ao platô, formando um colo (Figura 3D). A organização dos horizontes e os teores de carbono orgânica são mostrados na figura 4, e, as curvas isovalor da fração inferior a 2µm, na figura 5.

Partindo-se do pólo a montante (Latossolo) para o pólo a jusante (Podzol), pode-se fazer as seguintes observações (Figuras 4 e 5):

a) **Textura:** A montante, é muito argilosa a partir de 20cm de profundidade (70% de argila a 20cm), como nos solos dos platôs. As curvas isovalor mostraram que o teor de argila diminui progressivamente para jusante, passando de mais de 80% a aproximadamente 140cm a montante, para menos de 1% no conjunto do perfil a jusante. Esse empobrecimento em argila se produz tanto na parte superior como na inferior do perfil, dando aos domínios texturais uma geometria em língua. Não há enriquecimento correlativo em argila na parte mediana do perfil. Ao contrário, ele se empobrece regularmente de montante para jusante.

b) **Cor:** A cor dos horizontes de profundidade mediana, amarelo-avermelhada (7,5YR 6/6) a montante torna-se mais vermelha (5YR 6/8) e, depois, se aclara para jusante até amarelo-avermelhado-clara (7,5YR 8/6). Essas modificações são muito progressivas. O branqueamento, ao contrário, aparece bruscamente nos horizontes 7,5YR 8/6 a jusante.

c) **Matéria orgânica:** Na parte a montante da seqüência, a matéria orgânica do horizonte de superfície não é perceptível. Não se observam fragmentos orgânicos em lâminas delgadas. A matéria orgânica parece estar bem ligada à matéria mineral. Trata-se de uma matéria orgânica do tipo "mul" (Kubiens, 1953, e Duchaufour, 1970). Desde o terço superior das vertentes aparece uma modificação de cor dos horizontes de superfície e de subsuperfície, que passam de bruno-amarelo-claro (horizonte 1a - 10YR 6/4) a bruno (horizonte 1b - 10YR 5/3). Esta variação é acompanhada pelo aparecimento de uma matéria orgânica não ou pouco ligada à matéria mineral: numerosos detritos orgânicos aparecem, enegrecidos, mais ou menos transformados, juntamente com grãos de quartzo limpos visíveis. Trata-se de uma matéria orgânica de tipo "mor" (Duchaufour, 1970). A sua acumulação em superfície pode atingir vários centímetros de espessura. Este horizonte se espessa progressivamente para jusante.

No terço superior de superfície intermediária, 200m após o aparecimento do "mor", observa-se, entre os horizontes de superfície e os horizontes amarelo-avermelhados até vermelho-amarelados de profundidade média (Figura 4, itens 4 e 9) um horizonte Bh, de cor mais escura que os

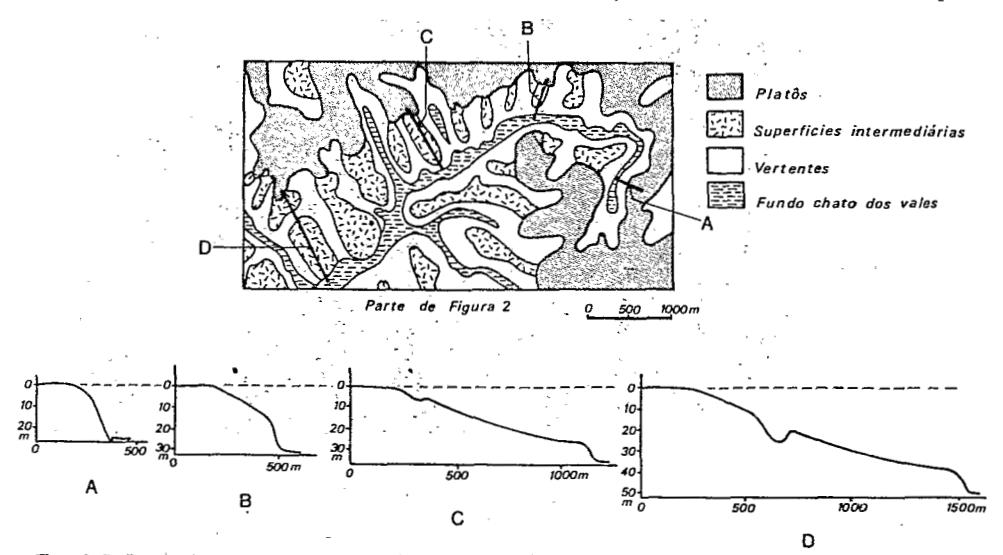


Figura 3. Perfis topográficos das superfícies intermediárias

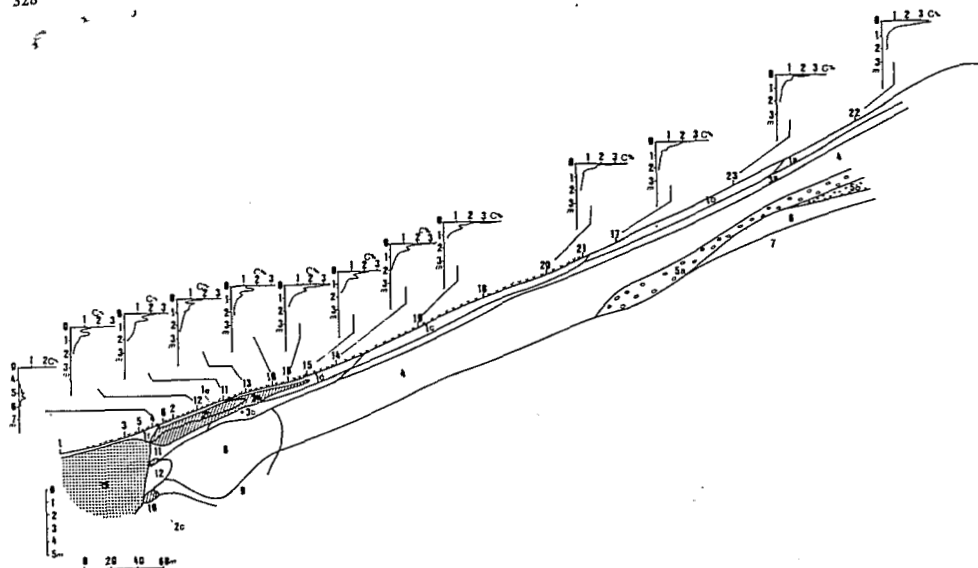


Figura 4. Organização dos horizontes e teores de carbono orgânico na Sequência I

- 1 Horizontes de superfície ou de subsuperfície
- 1a. Bruno-amarelado 10YR 6/4, argila 40-25%, matéria orgânica bem ligada a matéria mineral.
  - 1b. Bruno 10YR 5/3, argila 30-20%, matéria orgânica bem ligada a matéria mineral.
  - 1c. Bruno a bruno-escuro 10YR 4/3, argila 25-15%, aparecimento a montante de uma matéria orgânica mal ligada à matéria mineral, aumentando para jusante.
  - 1d. Bruno-escuro a bruno 10YR 4/3, argila 10-20%, matéria orgânica mal ligada a matéria mineral.
  - 1e. Bruno-escuro 7.5YR 3/4, argila 10%, matéria orgânica mal ligada a matéria mineral.
  - 1f. Cinza 10YR 5/1, tornando-se mais claro em profundidade, argila 20%, matéria orgânica mal ligada a matéria mineral.
- 2 Horizontes mais escuros que aqueles que os enquadram (Bh)
- 2a. Bruno-escuro 10YR 3/3, argila variando de 20 a 2% de montante para jusante.
  - 2b. Bruno-acinzentado muito escuro 10YR 3/2, argila variando de 15 a 2% de montante para jusante.
  - 2c. Heterogêneo, manchas centimétricas brumas a bruno-avermelhadas sobre fundo amarelo-avermelhado 7.5YR 8/6, argila 7 a 2%.
- 3 Horizontes de transição progressiva pela justaposição milimétrica de fases que estabelecem relações com os horizontes supra e subjacentes.
- 3a. Argila variando de 60 a 30% de montante para jusante.
  - 3b. Argila variando de 30 a 15% de montante para jusante.
- 4 Horizonte amarelo-avermelhado 7.5YR 6/6, microagregado, argila ± 60%, tornando-se progressivamente mais vivo 7.5YR 6/8 é mais arenoso para jusante.
- 5 Horizonte vermelho-amarelado a roseo 5YR 7/6 a 7/4, argila variando de 60 a 30% de montante para jusante e em profundidade.
- 5a. Com volumes ferruginosos vermelhos, tenros, centimétricos.
  - 5b. Com numerosos nódulos ferruginosos, vermelho-escuros, endurecidos.
- 6 Horizonte róseo 5YR 7/4, argila 40-30%.
- 7 Horizonte branco-rosado 5YR 8/2, argila 30-10%.
- 8 Horizonte vermelho-amarelado 5YR 6/8, argila variando de 25 a 10% de montante para jusante.
- 9 Horizonte amarelo-avermelhado-claro 5YR 8/6, com manchas centimétricas mais vermelhas, argila < 10%.
- 10 Horizonte bruno muito pálido 10YR 8/3, com traços centimétricos mais vermelhos, argila < 10%.
- 11 Horizonte bruno-amarelado 10YR 5/6, a montante, tornando-se bruno pálido 7.5YR 6/4 a jusante. Argila variando de 10% a montante a menos de 2% a jusante.
- 12 Horizonte amarelo-avermelhado-claro 7.5YR 8/6, argila ± 10%.
- 13 Horizonte de areia branca, soita, argila ± 2%.
- Presença de um "mor" (matéria orgânica mal ligada à matéria mineral).
- Os nomes das cores correspondem à nomenclatura Munsell determinada nas amostras úmidas.

Os perfis do teor de carbono representados na figura 4 mostram, a montante, uma diminuição progressiva do teor de matéria orgânica com a profundidade; desde o ponto de observação 23 (antes do aparecimento de uma matéria orgânica de tipo "mor" e de um horizonte Bh), o aparecimento de uma segunda camada enriquecida em matéria orgânica, em torno de 30-40cm de profundidade. Esse enriqueci-

mento se acentua para jusante e é acompanhado por um aumento importante no teor de matéria orgânica nos horizontes Bh pouco profundos.

d) Diferenciação ferruginosa: A montante da seqüência, aparecem entre 4 e 5m de profundidade, nódulos ferruginosos idênticos àqueles que se encontram em profundidade nos solos dos platôs, descritos por Chauvel et alii (1982). São nódulos vermelho-violáceos, constituídos de hematita, gibbsita, caulinita e quartzo residual, e que se tornam progressivamente menos endurecidos em profundidade. A jusante, tornam-se tenros, sendo substituídos por volumes ferruginosos vermelho-violáceos, com cerca de 1cm de diâmetro, não ou fracamente endurecidos, cujo teor em quartzo aumenta para jusante, assim como o teor em quartzo da matriz circundante. Estes volumes ferruginosos desaparecem abaixo do terço superior da vertente.

e) Modalidade de aparecimento dos horizontes muito arenosos e de areia branca: Pouco antes da transição areias coloridas-areias brancas, aparecem dois horizontes superpostos, mais empobrecidos (mais claros e mais arenosos) que aqueles que os circundam (Figura 4 itens 11 e 12). Sua base é marcada por um horizonte Bh (Figura 4 item 2c). Eles se espessam a jusante, e passam depois para as areias brancas.

A transição para as areias brancas faz-se bruscamente entre os pontos de observação 4 e 5 da figura 4, podendo ser observada em detalhe no corte de estrada (Figura 9).

#### Sequência II

A seqüência II apresenta o corte de uma superfície intermediária de tamanho menor que aquela da seqüência I, e situada mais a montante em relação ao vale adjacente (Figura 6). Está ligeiramente inclinada, em continuidade com o platô a montante, com uma vertente curta de declividade forte a jusante (Figura 3B).

Essa seqüência não apresenta podzóis. A montante, os solos são semelhantes àqueles do platô. A jusante, observa-se o seguinte:

a) Até a metade da vertente, não se constata modificação do perfil, apenas uma fraca diminuição do teor de argila (Figura 7).

b) No meio da vertente, os nódulos ferruginosos endurecidos, semelhantes àqueles do platô, ocorrem ligeiramente mais próximo da superfície (350cm de profundidade), depois desaparecem (Figura 6). Dão lugar, lateralmente, a um horizonte de volumes ferruginosos vermelho-violáceos com cerca de 1cm de diâmetro não ou fracamente endurecidos. Tais volumes, que desaparecem na parte a jusante da vertente fortemente inclinada, são idênticos àqueles observados na seqüência I.

c) Na parte fortemente inclinada, a taxa de argila diminui mais rapidamente (Figura 7). Os domínios texturais têm uma forma em língua; o solo torna-se mais arenoso tanto na sua parte superior como na inferior (onde os horizontes mais arenosos de profundidade ficam mais próximos da superfície).

#### Corte de estrada

Os horizontes de superfície foram remanejados pela construção da estrada em toda a parte esquerda de corte (Figura 8 item 1). Os horizontes subjacentes (Figura 8 item 2), areno-argilosos na parte esquerda do corte, tornam-se progressivamente arenosos e mais claros em profundidade (a 3-4m) e para a direita (passagem ao horizonte 3). A passagem para as areias brancas apresenta uma geometria em língua, muito recortada, marcada por uma faixa mais bruna (Bh) de 1cm de espessura aproximadamente (Figura 9). Na base dessa extremidade em língua, desenvolve-se um horizonte Bh de acumulação orgânica, negro, de mais de 10cm de espessura (Figura 9 item 9). Os horizontes de areia branca (Figura 9 item 4), areia quartzosa solta, aparecem em cunha, sob os horizontes coloridos, desde a parte esquerda do corte. Sua base está sublinhada por um horizonte Bh (Figura 9 item 6), irregular, arenoso, que repousa sobre os horizontes de aspecto compacto, brancos, argilo-

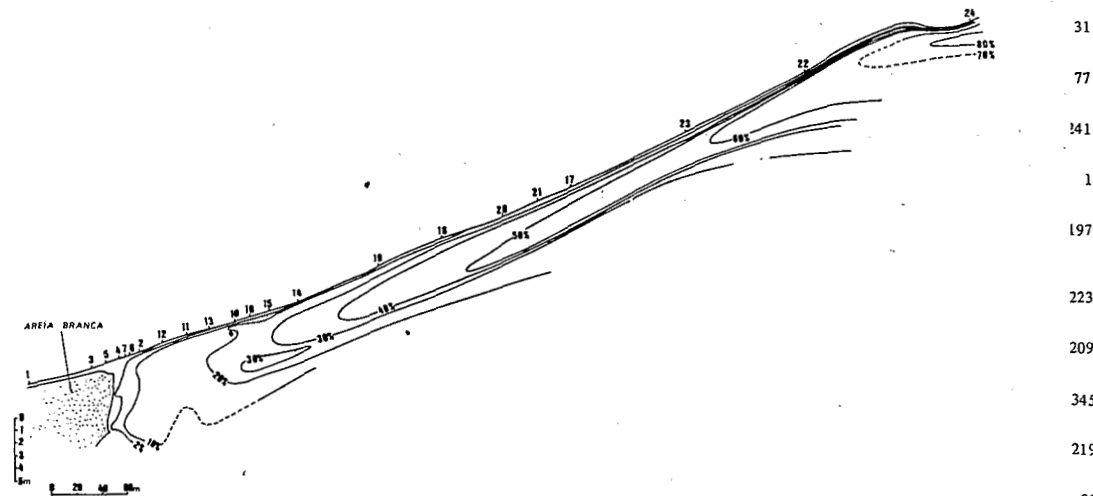


Figura 5. Curvas isovalor de argila na Sequência I

-arenosos a areno-argilosos, sem porosidade visível (Figura 9 item 7). Isolados dentro dos horizontes de areias brancas (Figura 9 item 4), encontram-se horizontes descontínuos mais coerentes, areno-argilosos (Figura 8, item 5). Esses passam lateralmente, de maneira contínua, aos horizontes compactos de profundidade, à direita do corte. No horizonte Bh (Figura 9 item 6), encontram-se volumes decimétricos amarelos muito pálidos, ligeiramente mais argilosos. Os horizontes compactos (Figura 9 item 7) passam, em profundidade, a uma zona de alternância de camadas decimétricas de horizontes brancos compactos sem porosidade visível a horizontes arenosos, com porosidade muito grande e grosseira, coloridas de negro ou bruno pela matéria orgânica (Figura 8 item 8). Aproximadamente entre 12 e 14m de profundidade pode-se observar uma transição para o sedimento Barreiras (Figura 8 item 9), com alternância de estratos arenosos

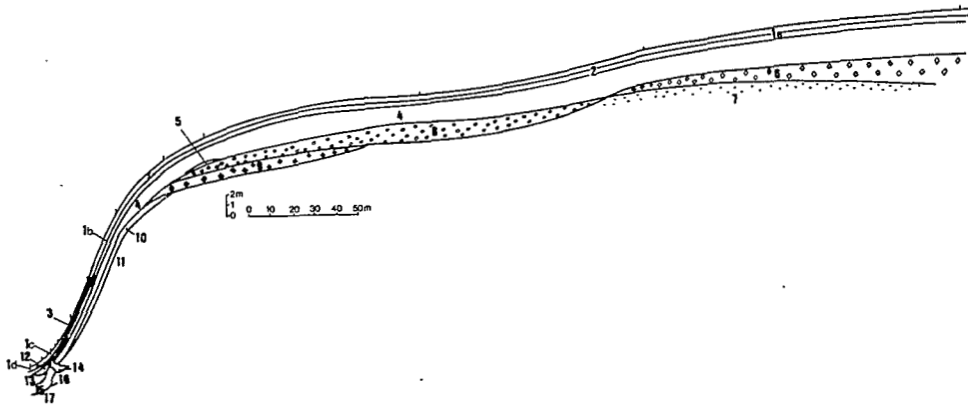


Figura 6. Organização dos horizontes na Sequência II

- 1 Horizontes de superfície ou de subsuperfície.
  - 1a. Bruno-amarelado-claro 10YR 6/4, matéria orgânica bem ligada a matéria mineral. Argiloso.
  - 1b. Bruno-amarelado-claro 10YR 6/3 a bruno 10YR 5/3, alguns fragmentos orgânicos mal decompostos dentro dos primeiros centímetros. Argiloso a argilo-arenoso de montante para jusante.
  - 1c. Bruno 10YR 5/3, matéria orgânica mal ligada a matéria mineral, presença de quartzos transparentes. Arenoso.
  - 1d. Bruno-acinzentado-escuro 10YR 4/2, matéria orgânica mal ligada a matéria mineral, presença de quartzos transparentes. Arenoso.
- 2 Horizonte de transição pela interpenetração de fases milimétricas e centimétricas estabelecendo relações com os horizontes supra e subjacentes.
- 3 Horizonte mais escuro que aqueles que o enquadram (Bh), bruno 10YR 5/3, areno-argiloso a montante; bruno-acinzentado-escuro 10YR 4/2, arenoso a jusante.
- 4 Horizonte passando progressivamente de amarelo-avermelhado 7,5YR 6/8, muito argiloso a montante e amarelo-avermelhado 7,5YR 7/6, argilo-arenoso a jusante. Microagregado.
- 5 Horizonte amarelo-avermelhado 5YR 6/8, argiloso.
  - Horizonte amarelo-avermelhado 7,5YR 7,5/6, argiloso, com nódulos gibbsíticos sem esqueleto quartzoso.
  - Horizonte amarelo-avermelhado 7,5YR 8/6, argiloso, com nódulos ferruginosos endurecidos.

brancos e de estratos mais argilosos brancos, de porosidade muito fraca ou sem porosidade visível, cuja espessura varia de alguns centímetros a mais de 1m.

DISCUSSÃO

Sequências I e II

As observações sobre estas duas sequências permitem certo número de deduções.

a) As variações das características pedológicas entre os latossolos e os podzóis, contínuas ou descontínuas, estendem-se ao longo de toda a vertente. Sua sucessão mais completa (sequência I), de montante para jusante, é a seguinte: (1) início da diminuição progressiva do teor de argila; (2) aparecimento de volumes ferruginosos móveis; (3) desaparecimento de nódulos endurecidos; (4) desenvolvimento de

- Horizonte amarelo-avermelhado 5YR 6/6, argiloso a argilo-arenoso, com volumes ferruginosos bruno-avermelhados pouco endurecidos, de aproximadamente 1cm.
- Horizonte amarelo-avermelhado 5YR 7/6, argilo-arenoso a areno-argiloso, com nódulos gibbsíticos com esqueleto quartzoso.
- 10 Horizonte de transição, amarelo-avermelhado 5YR 7/6, tornando-se róseo 5YR 7/4 em profundidade, com volumes centimétricos brancos ou amarelos muito pálidos aumentando em profundidade.
- 11 Horizonte róseo 5YR 8/3 a 7/4 com volumes centimétricos brancos, areno-argilosos.
- 12 Horizonte cinza-bruno-claro 10YR 6/2, com volumes centimétricos bruns muito pálidos 10YR 7,5/3. Argilo-arenoso a areno-argiloso.
- 13 Cinza-claro 10YR 7,5/2, passando de areno-argiloso a arenoso de montante para jusante.
- 14 Horizonte de transição.
- 15 Horizonte branco, argilo-arenoso a areno-argiloso.
- 16 Horizonte branco, areno-argiloso a arenoso.
- 17 Horizonte branco, arenoso.

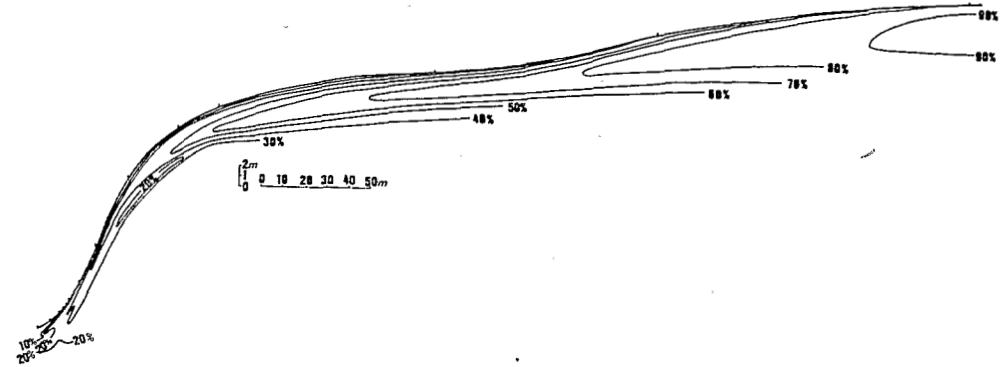


Figura 7. Curvas isovalor de argila na Sequência II

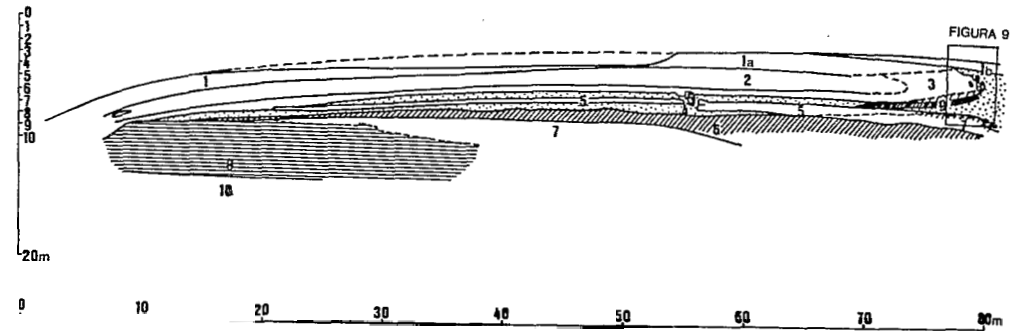


Figura 8. Organização dos horizontes no corte de estrada e localização da figura 9

- 1 Horizonte de superfície ou de subsuperfície, coloridas pela matéria orgânica, arenosos.
  - 1a. Bruno escuro a bruno.
  - 1b. Cinza-escuro.
- 2 Horizonte amarelo-avermelhado 7,5YR 5/8 a 6/8, passando de areno-argiloso a arenoso da esquerda para a direita, poroso, homogêneo, fraca coesão.
  - Horizonte vermelho-amarelado 7,5YR 7,5/6 a bruno muito pálido 10YR 7/4, arenoso, coesão muito fraca.
- 4 Horizonte de areia quartzosa branca, solta.
- 5 Horizonte areno-argiloso, fase branca 10YR 8/1 a 8/2, poroso, penetrado por pseudotubos centimétricos, com orientação vertical dominante, de cor amarela muito pálida a rósea 10YR 7/4 a 9/4, com menos quartzo e porosidade mais fina, coesão forte.
- 6 Horizonte de acumulação de ferro e de matéria orgânica. Heterogeneidade decimétrica das seguintes fases:

- Fase negra, arenosa, algumas vezes ligeiramente endurecida pela matéria orgânica.
- Fase de areia cinza, em bolsões, com auréolas negras de matéria orgânica, pouco coerente.
- Fase amarela muito pálida, mais coerente, arenosa, com um pouco de argila.
- Zonas irregulares de coloração ocre (BFe), arenosas.
- 7 Horizonte branco, argilo-arenoso a areno-argiloso, sem poros visíveis, aspecto compacto.
- 8 Horizonte mostrando uma alternância de estratos subhorizontais de 5 a 20cm de espessura.
  - Com porosidade fraca, areno-argiloso a argilo-arenoso, brancos.
  - Com porosidade grosseira forte, arenoso a areia quartzosa grosseira, colorido de negro pela matéria orgânica, em alguns lugares, volumes centimétricos de plasma branco, mais denso.
- Horizonte negro, ligeiramente cimentado, arenoso (Bh).
- 10 Formação Barreiras.

uma cor mais escura nos horizontes de superfície, e um segundo acúmulo de matéria orgânica em profundidade; (5) desaparecimento dos volumes ferruginosos tenros; (6) aparecimento de uma matéria orgânica mal ligada à matéria mineral (mor); (7) surgimento de horizontes de superfície arenosos; (8) aparecimento de um horizonte Bh em pouca

profundidade; (9) diminuição mais rápida do teor de argila, com clareamento da cor; (10) aparecimento de horizontes Bh superpostos; (11) branqueamento da maior parte do perfil. Nota-se que a primeira diferenciação lateral da matéria orgânica aparece na vertente, quando o solo é ainda argiloso (30% de argila a 5cm de profundidade, 54% a 1m) e

mais de 100m a montante do aparecimento do mor. Este último também aparece enquanto o solo é ainda argiloso (24% a 5cm, 46% a 1m de profundidade). A matéria orgânica desempenha, portanto, um papel importante na transformação do Latossolo Amarelo, iniciando-se a montante da topossequência e crescendo na direção do podzol.

b) A seqüência de organização lateral dos nódulos e volumes ferruginosos é progressiva e semelhante nas duas vertentes. As condições físico-químicas que permitem o desenvolvimento dos nódulos ferruginosos a montante, segundo uma seqüência descrita por Chauvel et alii (1982), mudam progressivamente para jusante. Esta mudança começa enquanto a diminuição lateral do teor de argila é ainda pouco marcada.

c) A diminuição lateral do teor de argila é progressiva e apresenta a mesma geometria nas duas seqüências. O empobrecimento em argila é mais intenso e mais abrangente na vertente da seqüência I, mais longa.

d) As variações observadas na superfície intermediária mais curta (seqüência II) limitam-se àquelas observadas a montante da superfície intermediária mais longa (seqüência I), que aparece, portanto, mais diferenciada. A presença de outras superfícies intermediárias mostra que, efetivamente, quanto mais extensa é a superfície intermediária, mais desenvolvidos são os solos arenosos e os podzóis.

#### Corte de estrada

Este corte está situado na ombreira da unidade de relevo, onde os horizontes coloridos são mais areno-argilosos:

em relação à seqüência I, já estão, portanto, muito transformados. Constituem uma relíquia dos horizontes avermelhados, em uma parte da unidade de relevo onde os podzóis ocupam a maior parte da superfície. Somente a geometria da passagem areias coloridas-areias brancas (Figuras 8 e 9) é suficiente para mostrar que se trata de uma transformação "in situ", com formação de areia branca às expensas dos materiais coloridos, por saída da argila e dos sesquióxidos de ferro e de alumínio, conservando apenas o quartzo. Numerosos estudos (Duchaufour, 1977; Turenne, 1977; Pedro, 1979) mostram a importância dos compostos húmicos complexantes na desestabilização e transporte dos compostos minerais. Aqueles compostos se acumulam em profundidade: observam-se no corte os horizontes Bh na maior parte das descontinuidades texturais (correspondentes a limites de variações das condições físico-químicas e, portanto, de mobilidade dos compostos organominerais).

Os horizontes de areia branca se desenvolvem em cunha sob os horizontes coloridos e sobre um horizonte com porosidade muito fraca: um lençol freático temporário sobre este horizonte, observado na estação das chuvas, concorre, também, pela alternância umectação-dessecação, para a destruição dos compostos minerais (acidólise, segundo Melfi & Pedro, 1978) e para o aparecimento da areia branca. Os horizontes mais argilosos (Figura 8 item 5) isolados dentro da areia branca aparecem como relíquias de horizontes argilosos, compactos, em vias de destruição, como mostra a passagem lateral progressiva à esquerda do corte entre os horizontes (Figura 8, item 5 e 7).

Os horizontes brancos compactos de profundidade (Fi-

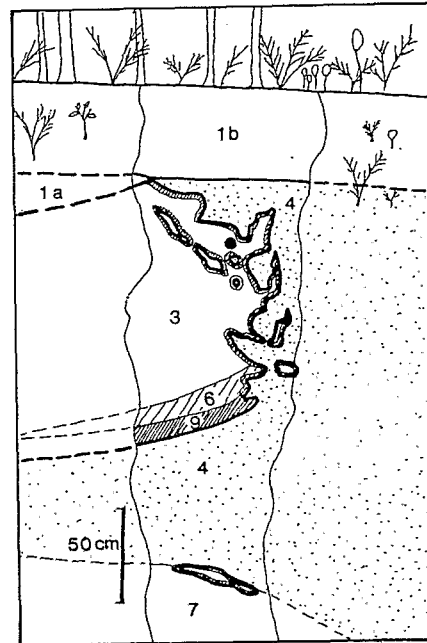


Figura 9. Detalhe do corte de estrada da Figura 8, evidenciando, na parte central limpa, os limites dos horizontes vermelho-amarelado (3) e negro (9).

gura 8 item 7) apresentam um aspecto microscópico (Figura 10) vizinho àquele dos horizontes compactos do sedimento Barreiras (Figura 11): assembléia "porphroskelic" de um esqueleto raro, constituído de pequenos grãos de quartzo e de um plasma "crystic" (Brewer, 1964), caulinitico, com sanfonas de caulinita podendo atingir 1mm. Tal plasma demonstra que a caulinita é neoformada "in situ". Não é, entretanto, possível precisar se os horizontes compactos (Figura 8 item 7) são diretamente herdados do sedimento Barreiras, ou se são de caulinita cuja neoformação é contemporânea do desenvolvimento da areia branca.

As seqüências e os cortes descritos e discutidos aqui apresentam numerosas analogias com aqueles estudados por Klinge (1965) na mesma região. Nossa posição, contudo, difere apenas quanto à interpretação daquele autor. O conjunto de pesquisas efetuadas até ao presente nos leva, com efeito, a pensar que toda a cobertura pedológica (podzóis, solos podzólicos e latossolos) se desenvolve sobre os mesmos alteritos do sedimento Barreiras. As diferenças de textura entre os diversos solos seriam devidas não a descontinuidades litológicas, como foi sugerido a priori, mas a dissoluções, migrações em solução e processos de neoformação (em relação com os fluxos hídricos na cobertura pedológica).

#### CONCLUSÕES

O estudo topográfico mostra, de início, que existe uma

relação estreita entre o desenvolvimento das superfícies intermediárias e seu afastamento das cabeceiras dos vales (Figura 3), desprovidas de superfícies intermediárias, apesar de uma forte incisão (15 a 20m), tanto que permanecem como de primeira ordem. É apenas quando ocorre a confluência com outros eixos de drenagem de primeira ordem que aparecem as superfícies inclinadas que se ligam ao platô subhorizontal. São inicialmente estreitas e curtas (Figura 3B), tornando-se cada vez mais longas à medida que se vai para jusante (Figura 3C). Sua extensão é, entretanto, limitada, pois seu montante é entalhado por eixos de drenagem laterais que acabam por isolá-las do platô em verdadeiros morros testemunhos (Figura 3B). Uma segunda superfície intermediária aparece então sob a borda do platô, no prolongamento da primeira. Esta dependência entre o desenvolvimento de cada vale e aquele das superfícies intermediárias em dado ponto implica em evoluções conjuntas e ligadas dessas duas feições da paisagem.

Por seu lado, a diferenciação da cobertura pedológica de cada superfície intermediária aparece como um estágio de uma mesma evolução, paralela à evolução topográfica: as superfícies a montante, as mais reduzidas (seqüência II), comportam apenas os primeiros estádios da diferenciação; as superfícies a jusante, as mais extensas, revelam a diferenciação completa dos latossolos aos podzóis (seqüência I). O estudo do corte de estrada mostra que, no último estágio, depois da cobertura pedológica latossólica, é o próprio material Barreiras que aparece afetado diretamente pela podzolização.

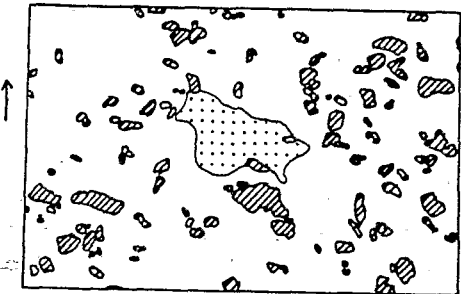
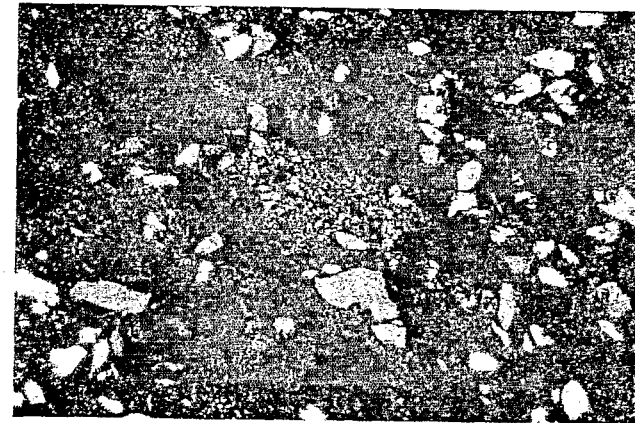


Figura 10. Microfotografia da camada de textura franco-argilo-arenosa da formação barreiras.

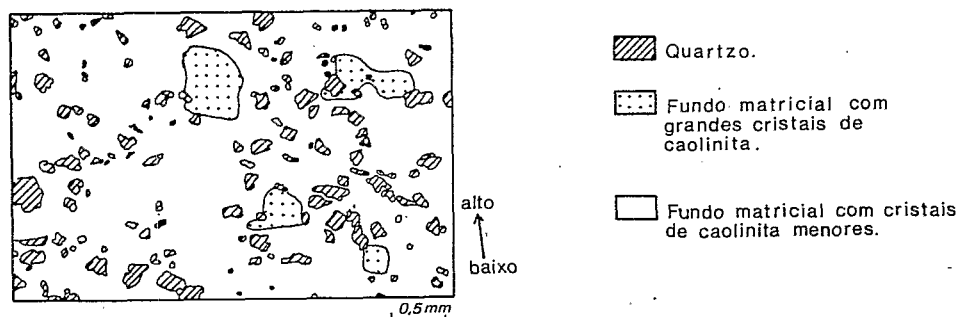
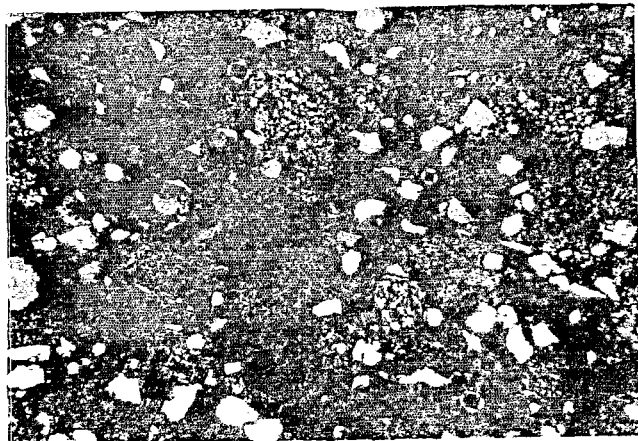


Figura 11. Microfotografia do horizonte franco-argilo-arenoso, de cor clara, compacto, item 7 da figura 8.

O paralelismo entre idade relativa do vale em dado ponto, extensão das superfícies intermediárias e diferenciação de sua cobertura de solo, associado ao caráter ordenado das organizações pedológicas que se sobrepõem e se imbricam de montante para jusante, mostram que as superfícies intermediárias constituem, portanto, células de transformação do platô. A transformação pode ir até ao desaparecimento do platô, como na parte SE da carta (Figura 2).

Os mecanismos dessa evolução são em parte conhecidos (processos de podzolização). Outros mecanismos podem ser pesquisados a partir de um estudo aprofundado, partindo da cobertura pedológica do platô, o que será objeto de um artigo a ser publicado. Pode-se, entretanto, sublinhar desde agora que, do platô para os vales, a análise da estrutura da cobertura móvel argilosa revela o predomínio de diferenciações de natureza pedológica: em nenhum momento foi possível perceber descontinuidades atribuíveis a depósitos de formações sedimentares posteriores ao material Barreiras.

#### LITERATURA CITADA

ANDERSON, A. B.; PRANCE, G. T.; ALBUQUERQUE, B. W. P. Estudos sobre a vegetação das campinas amazônicas. III. A vegetação lenhosa da campina da reserva biológica INPA-SUFRAMA (Manaus, Caracará, km 62). Acta Amazônica, Manaus, 5:225-246, 1975.

R. bras. Ci. Solo 8:325-335, 1984

DUCHAUFOR, P. Pédologie. I. Pédogénese et classification. Paris. Masson, 1977. 477p.

EMBRAPA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Guia de Excursão do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 17. Manaus, 1979. 71p.

EUA. Department of Agriculture. Soil survey staff - Soil taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, Soil Conservation Service, 1975. 754p.

FERNANDES BARROS, O. N. Uma proposta metodológica para o estudo dos solos. Encontro Nacional dos Geógrafos, 5., Porto Alegre, julho 1982. 1:430-433.

GAINE, M. Une méthode d'induration des échantillons de soils à l'aide de vernis. Cah. ORSTOM, Paris, 11:265-267, 1973. (Ser. Pedol.)

KLINGE, H. Podzol soils in the Amazon Basin. J. Soil. Sci., London, 16:96-103, 1965.

KUBIENA, W. L. The soils of Europe. Illustrated diagnosis and systematic. London, Thomas Murby, 1953. 316p.

MELFI, A. J. & PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. 1. Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeográfica. R. bras. Geoc., São Paulo, 7:271-286, 1977.

MELFI, A. J. & PEDRO, G. Considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. R. bras. Geoc., São Paulo, 8:11-22, 1978.

PEDRO, G. Caracterisation générale des processus de l'alteration hydrolytique. Sciences du Sol., Versailles, 2-3:93-105, 1979.

PRANCE, G. T. & SCHUBART, H. O. R. Nota preliminar sobre a origem das campinas abertas de areia branca do Baixo Rio Negro. Acta Amazônica, Manaus, 7:567-570, 1977.

RANZANI, G. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. Acta Amazônica, Manaus, 10: 7-41, 1980.

SANTOS, B. A. dos. Amazônia. Potencial mineral e perspectivas de desenvolvimento. São Paulo, T. A. Queiroz, Editoria da Universidade de São Paulo, 1981, 256p.

TURENÉ J. F. Mode d'humification et différenciation podzologique dans deux toposesquences guyanaises. Memoire ORSTOM, Paris, n° 84, 1977, 162p.

BOULET, R.; FRITSCH, E.; HUMBEL F. X. Méthodes d'étude et de representation des couvertures pédologiques de Guyane Française. Cayenne, ORSTOM, 1978. 24p.

BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie. II. Une méthode prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. Cah. ORSTOM, Paris, XIX, 4:323-339, 1982. (Ser. pedol.)

BRASIL Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SA.20 Manaus, 1978. 623p.

BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York, John Wiley, 1964. 470p.

CHAUVEL, A. Contribuição para o estudo da evolução dos latossolos amarelos, distróficos, argilosos na borda do platô, na região de Manaus: mecanismos da gibbsitização. Acta Amazônica, Manaus, 11:227-245, 1981.

CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. Supl. Acta Amazônica, Manaus, 12:47-60, 1982.

CHAUVEL, A.; BOULET, R.; JOIN, P.; BOCQUIER, G. Aluminium and iron oxy-hydroxide segregation in nodules of Latossols developed on tertiary sediments (Barreiras group), near Manaus (Amazon Basin), Brazil. II. International Seminar on Laterization Processes, São Paulo, IAG, USP, 1982. p. 507-526.

DUCHAUFOR, P. Précis de pédologie. 3. ed., Paris Masson, 1970. 481p.