

# COMISSÃO II - QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO

## EVOLUÇÃO MINERALÓGICA DAS ARGILAS EM SOLOS VÉRTICOS DO RECÔNCAVO BAIANO<sup>(1)</sup>

L. P. RIBEIRO<sup>(2)</sup>, B. VOLKOFF<sup>(3)</sup> & A. J. MELFI<sup>(4)</sup>

### RESUMO

No material original dos solos vérticos do Recôncavo Baiano, formados sobre rochas sedimentares argilosas e em clima tropical úmido (pluviometria anual ao redor de 1.800mm e temperatura média anual de 25°C), a beidelite é o principal constituinte argiloso, associado a pequenas quantidades de illite, vermiculita e caulinita. Os solos apresentam valores de pH entre 5,3 e 6,0 e grau de saturação por bases entre 42 e 100%; os teores em alumínio trocável são elevados, principalmente na transição do material original para o solo, onde a evolução mineralógica é mais nítida. Os solos apresentam, essencialmente, composição mineralógica similar ao material original. Entretanto, estudos mais detalhados mostraram que modificações mineralógicas ocorrem ao longo do perfil, traduzidas pelo desaparecimento progressivo de uma beidelite, com comportamento de esmectita verdadeira e o conseqüente aumento de teor de uma beidelite de transformação, de alta carga e não-expansiva. Com os estudos até agora efetuados, não se pode afirmar com segurança que se trata de uma transformação gradativa da beidelite, por aumento do déficit global das cargas, pois neossíntese ou enriquecimento relativo de minerais herdados da rocha original podem ser sugeridos. Todavia, pode-se concluir que os solos vérticos, apesar da acidez do meio, estão em relativo equilíbrio com as condições ambientais e sofrem, no curso do seu desenvolvimento, apenas uma incipiente dessilicificação, primeira etapa na evolução para uma monossilicificação.

Termos de indexação: solos vérticos, argilas 2/1 em solos do Nordeste, mineralogia de solos tropicais.

SUMMARY: CLAY MINERALOGICAL EVOLUTION IN THE VERTIC SOILS OF THE "RECÔNCAVO BAIANO"

*In the "Recôncavo baiano", State of Bahia, Brazil, vertic soils occur formed on sedimentary clay rocks under a humid tropical climate (annual rainfall around 1,800mm and 25°C average temperature). Their parent material is constituted mainly of beidellite associated with small amounts of illite, vermiculite and kaolinite. In the soil, a reduction of beidellite expansion capacity is observed. It is hard to say if it is a progressive transformation of beidellite through an increase of the global charge deficit, or a neosynthesis, or a relative enrichment in certain minerals inherited from the parent rock. This soils present a pH value varying from 5.3 to 6.0 and base saturation from 42 to 100%. The amount of exchangeable aluminium is high, particularly in the transition from parent rock to the soil, where the mineralogical evolution is*

- (1) Trabalho realizado com auxílio financeiro do CNPq. Recebido para publicação em janeiro de 1989 e aprovado em agosto de 1990.  
(2) Professor Adjunto do Instituto de Geociências da UFBA. Rua Caetano Moura, 123. 42200, Salvador (BA).  
(3) Diretor de Pesquisa da ORSTOM (França). Caixa Postal 1857. Yaoundé, República dos Camarões.  
(4) Professor Titular do Instituto Agronômico e Geofísico da USP. Caixa Postal 30627. CEP 01051, São Paulo (SP).

ORSTOM Fonds Documentaire

15 MAI 1991

N° : 31-919 ex 1

Cote : B

R. bras. Ci. Solo, Campinas, 14-263-268, 1990

*quite neat. As a conclusion it can be said that the vertic soils, despite their acidities, are in relative equilibrium and submitted only to a slight dessilication, a first stage of an evolution toward monossilication.*

*Index terms: vertic soils; 2/1 clay minerals in soils of Northeastern Brazil; tropical soils mineralogy.*

## INTRODUÇÃO

Nas zonas tropicais úmidas, onde a ação do intemperismo provoca uma intensa lixiviação da sílica e dos elementos alcalinos e alcalinos terrosos, a esmectita, quando presente, encontra-se em desequilíbrio com o meio, sendo destruída ou transformada à medida que os valores de saturação por base do perfil e o pH diminuem (Millot, 1970).

Buol et al. (1980) mostraram que as esmectitas são estáveis em ambientes básicos, porém instáveis em condições de elevadas concentrações de hidrogênio e rápida lixiviação.

Segundo Volkoff et al. (1984), também a matéria orgânica do solo apresenta características específicas sob condições ácidas, tais como: diminuição da mineralização com o conseqüente aumento do húmus e diminuição do grau de condensação das moléculas húmicas.

No Brasil, Volkoff & Melfi (1980) e Volkoff et al. (1989) mostraram que as esmectitas não permanecem em solos bem drenados sob clima úmido, tanto tropical como subtropical. Entretanto, no Recôncavo Baiano, a cobertura pedológica existente em uma região submetida a precipitações anuais da ordem de 1.800mm e temperaturas médias em torno de 25°C é constituída, em grande parte, por solos vérticos ricos em esmectitas.

Os mapeamentos e trabalhos de pesquisa desenvolvidas na região (Dias & Silva, 1972; Silva & Leão, 1976, e Brandão, 1980), revelam que tais solos são vertissolos ácidos, com valores de pH entre 4 e 6. Essa acidez é, geralmente, acompanhada de altos teores em alumínio trocável, que podem atingir até 20 meq/100g. Isso poderia ser considerado como indicação de uma desestabilização das argilas esmectíticas, significando que esses solos estariam em um estágio de transformação incipiente.

O presente trabalho tem o propósito de caracterizar a evolução dos argilominerais e da matéria orgânica de solos vérticos do Recôncavo baiano, com o objetivo de esclarecer dúvidas relacionadas à existência desses solos em regiões de clima úmido e à manutenção de argilominerais esmectíticos em meios relativamente ácidos.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Localização da área** - A área estudada encontra-se na Estação Experimental do PLANALSUCAR, no município de São Sebastião do Passé (BA), distante, aproximadamente, 58km de Salvador (Figura 1).

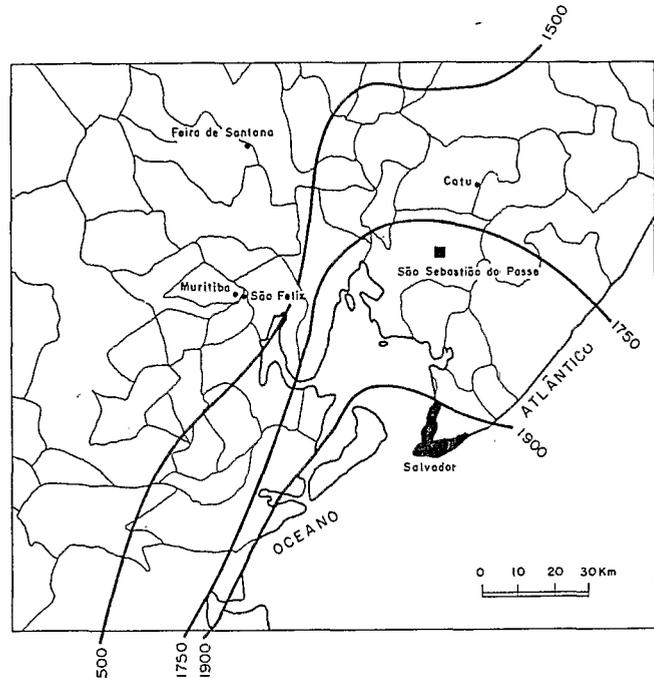


Figura 1. Localização da área estudada com apresentação das isoietas médias anuais.

A altitude é de 200m acima do nível do mar. O relevo é do tipo tabular, em sua maior parte dissecado, apresentando interflúvios pequenos, convexos, com morros residuais de topos tabulares, limitados por ressaltos ou pequenas escarpas convexo-côncavas. A área é drenada por pequenos rios independentes com vales largos de fundo chato, colmatados por material arenoso.

A pluviometria local é da ordem de 1.800mm anuais, com déficit hídrico de setembro a março. A evapotranspiração potencial é de 1.293mm. A temperatura média anual é ao redor de 24,8°C, com média das mínimas de 21,2°C e, das máximas, de 30,5°C. Na classificação de Köpen, o clima é do tipo Aw"i".

A cobertura vegetal primária é representada pela floresta ombrófila densa das terras baixas (Brasil, 1981), com intercalações, nos pontos elevados, da floresta ombrófila densa submontana. As interferências antrópicas seculares alteraram profundamente a paisagem florestal.

O material geológico original dos solos estudados pertence à formação São Sebastião (cretáceo), a qual é constituída de intercalações de folhelhos calcíferos de cor preta, cinza ou vermelha, com arenitos e siltitos (Brasil, 1981). Segundo os levantamentos de solo da CEPLAC (Dias & Silva, 1972, e Silva & Leão, 1976), e os trabalhos de Brandão (1980) e Ribeiro & Leal (1985), restos de folhelhos intemperizados podem ser encontrados desde 50cm de profundidade.

Caracterização morfológica dos solos – Escolheram-se três perfis como representativos dos solos da área. O P1, pouco espesso, com folhelhos alterados nitidamente visíveis a partir de 50cm de profundidade, e os perfis P2 e P3, mais espessos sendo o primeiro sob cultivo e, o segundo, sob capoeira de dez anos.

Os três perfis apresentam propriedades morfológicas bastante próximas, sendo caracterizados por uma seqüência de horizontes A1, A3 (B), (B)/C e C, com exceção do P1, que apresenta na base (75cm) um horizonte C2, caracterizado pela presença de folhelho alterado, muito argiloso, de cor variegada amarelo-avermelhado, com manchas acinzentadas.

Como características principais, os três perfis apresentam horizontes A1 e A3 argilosos a muito argilosos, com estrutura subangular a angular bem desenvolvida e cores variando entre o bruno-escuro e o bruno-avermelhado. Os horizontes (B) e (B)/C são muito argilosos, de cores variegadas cinza com manchas ou bolsões amarelo-avermelhados. É comum a existência de fendas de retração com faces de compressão e de deslizamento, com o desenvolvimento de superfícies de fricção. A estrutura é prismática, com blocos angulares e subangulares. Os horizontes C são argilosos, de coloração variegada, com predominância do amarelo, ligada a blocos de rocha alterada. À exceção do perfil P1, os horizontes C apresentam também fendas de retração e faces de deslizamento e compressão, pouco desenvolvidas.

Métodos analíticos – Os estudos físicos e químicos foram realizados em amostras submetidas à secagem ao ar e peneiramento a 2mm (TFSA) e analisadas segundo o método utilizado no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geoquímica do Instituto de Geociências da UFBA.

A análise granulométrica foi realizada, após destruição da matéria orgânica e dispersão por pirofosfato de sódio, pelo método da pipeta de Robinson. As bases trocáveis foram extraídas pelo acetado de amônio N a pH 7, o Al trocável, por solução de cloreto de potássio N e dosado por colorimetria e, a capacidade de troca, determinada por saturação por cloreto de cálcio (Pelloux, 1971).

Para as análises mineralógicas, as amostras de solo foram submetidas à separação granulométrica, utilizando-se como dispersante o hidróxido de amônio. A caracterização mineralógica foi feita por difração de raios X, utilizando-se tubo de cobalto e lâminas em pó ou orientadas. A fração argila foi analisada sem tratamento (in natura) e com tratamento após deferuginização (magnésio, potássio, glicolada e aquecida a 500°C), conforme técnicas preconizadas por Robert & Tessier (1974). A distinção entre alguns argilominerais com reflexão a 1,4nm (beidelita, montmorilonita e vermiculita) foi efetuada por meio de tratamento com lítio (teste de Hofmann-Klemen). A montmorilonita, após esse tratamento e glicolada, não se expande, enquanto a beidelita tem seu pico deslocado para valores em torno de 1,8nm.

A matéria orgânica foi fracionada pelo método de Dabin (1971): cada fração (matéria orgânica leve, ácidos fúlvicos livres solúveis em ácido fosfórico 2M, ácidos húmicos e fúlvicos solúveis em pirofosfato 0,1M, ácidos húmicos e fúlvicos solúveis em soda 0,1N, húmina), foi quantitativamente estimada por dosagem do carbono.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do ponto de vista da morfologia, os solos estudados apresentam uma seqüência de horizontes A, (B), (B)/C e C, são muito argilosos e com cores relativamente uniformes, apesar de os perfis P1 e P2 mostrarem manchas e mosqueamento nos horizontes (B)/C e C, devido à existência de fragmentos de folhelhos em via de alteração. Os solos exibem estrutura prismática e cúbica no horizonte B incipiente (B), abundância de fendas de retração e superfície de fricção ("slikensides"). Todas essas características permitem evidenciar seus caráter nitidamente vértico.

Os teores de argila variam entre 46 e 76%, ocorrendo os menores valores em superfície; os teores em silte são também elevados, entre 11 e 33% – Quadro 1.

### Características físico-químicas

No quadro 1 encontram-se os valores de pH (H<sub>2</sub>O e KCl), soma de bases e capacidade de troca, obtidos em todos os horizontes dos três solos vérticos. Vê-se, nitidamente, que em todos os perfis analisados ocorre uma ressaturação no horizonte A, devido ao aumento de cálcio; o pH acompanha essa variação apenas no solo pouco espesso (P1). Aparentemente, não há relação entre o pH e o grau de saturação nos dois outros solos (P2 e P3).

Os valores do alumínio trocável são baixos nos horizontes A e (B) e altos em profundidade (Quadro 1). No solo pouco espesso (P1), eles aumentam com a profundidade, atingindo um máximo no horizonte (B)/C, voltando depois a diminuir no folhelho alterado. Nos solos mais espessos (P2 e P3), aumentam fortemente com a profundidade, atingindo índices muito altos no horizonte C argiloso.

Os valores relativamente baixos do alumínio trocável na superfície (horizontes A e (B)) estão sempre ligados a uma saturação do complexo sortivo, acima da faixa 70-80%, enquanto os muito altos, nos perfis P2 e P3, estão ligados a uma saturação abaixo de 60%. Entretanto, nota-se que o aumento do alumínio não interfere nos valores do pH.

### Matéria orgânica

O carbono total apresenta valores relativamente elevados: 3 a 4% de matéria orgânica na superfície e 1 a 2% em subsuperfície (Quadro 1). Há um acréscimo lento com a profundidade.

Quadro 1. Características analíticas dos perfis estudados

Horizonte	Profundidade cm	Argila %	Silte %	C	N	C/N	pH		Cátions trocáveis					S	T	V	
							H <sub>2</sub> O	KCl	Ca	Mg	K	Na	Al				
							meq/100g										%
Perfil 1																	
A1	00-08	63	14	2,5	0,14	18	6,6	5,5	24,6	13,7	0,9	0,5	0,0	39,7	43,3	92	
A3	08-17	64	12	2,2	0,13	17	6,2	4,8	22,2	13,8	0,7	0,5	0,0	37,3	41,2	90	
(B)	17-30	70	12	1,0	—	—	6,0	4,2	22,2	14,7	0,5	0,6	0,5	38,1	41,8	91	
(B)/C	30-50	74	12	0,9	—	—	5,6	3,8	20,7	13,0	0,6	0,7	7,1	34,9	45,6	76	
C1	50-75	75	12	0,5	—	—	5,7	3,8	20,4	14,2	0,7	0,7	6,7	35,8	45,5	79	
C2	75-85	76	11	0,5	—	—	5,9	4,0	24,5	17,0	0,7	0,7	1,3	42,6	45,0	95	
C3	085-100	74	17	0,8	—	—	6,8	4,7	26,8	13,3	0,5	0,5	0,1	41,1	38,4	100	
Perfil 2																	
A1	00-20	47	32	2,5	0,13	20	5,6	4,1	11,8	8,7	0,5	0,4	0,0	21,5	31,1	69	
A3	20-45	46	33	2,5	0,14	18	5,7	4,2	12,3	8,7	0,4	0,5	0,0	21,9	28,0	78	
(B)	45-70	47	33	2,0	0,11	18	5,7	4,1	12,1	8,7	0,4	0,5	0,1	21,7	28,6	76	
(B)/C	070-100	50	29	1,4	—	—	5,6	3,9	11,8	7,9	0,3	0,5	1,3	20,5	28,0	73	
C1	100-120	64	18	1,2	—	—	5,6	3,9	14,3	9,3	0,4	0,7	4,1	24,7	33,4	74	
C2	120-130	70	14	0,6	—	—	5,4	3,7	10,3	8,4	0,4	0,9	13,5	20,0	35,5	56	
C3	130-140	70	15	0,6	—	—	5,3	3,6	9,2	9,0	0,4	0,9	15,3	19,5	36,4	54	
Perfil 3																	
A1	00-12	53	26	2,2	0,13	17	5,4	4,0	13,5	9,4	0,4	0,4	0,9	23,8	33,7	70	
A3	12-25	51	25	2,2	0,12	19	5,6	4,0	13,8	9,3	0,3	0,4	1,0	23,9	32,8	73	
(B)	25-50	55	25	1,5	0,09	17	5,6	4,0	12,2	8,5	0,3	0,5	1,8	21,6	20,5	71	
(B)/C	50-80	60	22	0,8	—	—	5,7	4,0	10,3	8,0	0,3	0,5	3,5	18,2	28,3	64	
C1	80-90	70	14	0,8	—	—	5,5	3,7	8,0	6,4	0,3	0,7	19,1	15,5	37,0	42	
C2	090-100	71	14	0,5	—	—	5,7	3,7	7,2	7,8	0,4	0,8	18,4	16,2	37,5	43	

C: carbono total; N: nitrogênio total; — não determinado.

A relação C/N está sempre entre 17 e 20 nos horizontes superficiais e na faixa de 8 a 12 nos horizontes B e C.

Os fragmentos vegetais não decompostos e a matéria orgânica leve encontram-se em quantidades muito pequenas.

As frações extraíveis representam 36% do carbono no perfil P1 e 43% no P2 e no P3 - Quadro 2. Tal

Quadro 2. Distribuição do carbono nas frações do húmus, em percentagem do carbono total (AFL, ácidos fúlvicos livres; H, humina; AH, Af, ácidos húmicos e fúlvicos alcalino-solúveis)

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	% do C total			
			AFL	H	AH	Af
P1	A1	00-08	6	67	9	18
	A3	08-17	7	62	11	21
P2	A1	00-20	8	56	21	15
	A3	20-45	8	57	19	16
P3	A1	00-12	9	57	17	16
	A3	12-25	10	57	20	13

variação pode ser relacionada com o menor grau de polimerização do húmus dos solos mais ácidos (P2 e P3).

As composições da parte extraível dos horizontes A1 e A3 do solo recém-cultivado depois de longo uso com capoeira (P2), e do solo sob capoeira de dez anos (P3) são semelhantes. No solo com pousio de um ano (P1), observa-se um nítido aumento das proporções de ácido fúlvico alcalino-solúveis (AF) e uma queda das proporções de ácido húmico (AH). Nesse solo, a relação AF/AH = 2, enquanto nos perfis P2 e P3 1. Tal variação é aparentemente contraditória com os valores de pH e com a observação sobre o grau de polimerização. De fato, ela deve estar relacionada com o uso do solo. No perfil P1, o desgaste pelo cultivo ainda não foi superado, após um ano de pousio, e a modificação da composição da parte extraível do húmus está ligada às transformações ocorridas durante o período de cultivo; ao contrário, nos perfis P2 e P3, a composição do húmus é reflexo do pousio.

#### Caracterização dos minerais da fração argila

Em todos os perfis, identificaram-se os seguintes argilominerais: esmectitas, illita, vermiculita e traços de

caulinita. Associadas a eles ocorrem pequenas quantidades de óxidos e hidróxidos de ferro (hematita e goethita), os quais possuem teores ligeiramente mais elevados nos horizontes C do perfil P2.

As esmectitas são os minerais mais importantes: um estudo mineralógico detalhado permitiu colocar em evidência suas modificações ao longo da evolução dos perfis.

Nos difratogramas de raios X, obtidos sobre argilas saturadas por magnésio, observa-se que o espaçamento basal de 1,4nm é desdobrado quando a argila é tratada com etileno-glicol. Uma parte permanece a 1,4nm e, outra, desloca-se para 1,7-1,8nm - Figura 2. O espaçamento de 1,4nm evidencia a presença de vermiculita, enquanto o espaçamento de 1,7-1,8nm indica a existência de um tipo de esmectita. As propriedades de expansão permanecem quando a argila é saturada com lítio e, em seguida, aquecida a 300°C (teste de Hofmann-Klemmen). Trata-se, portanto, de uma beidelita, argilomineral com substituições tetraédricas do silício pelo alumínio.

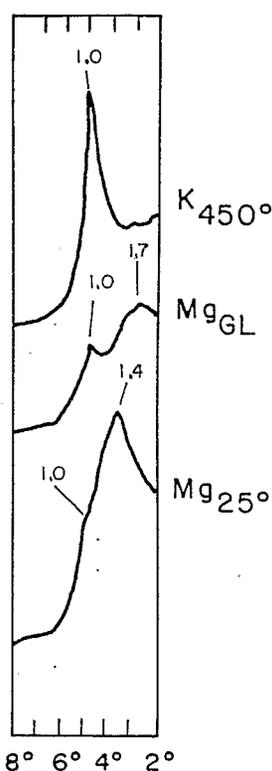


Figura 2. Difratogramas de raios X da fração argila do horizonte (B) do perfil P2. Mg 25°: argila saturada com magnésio seca ao ar; MgGL: argila saturada com magnésio e glicolada; K 450°: argila saturada com potássio e aquecida a 450°C.

Quando saturada por potássio, a argila apresenta um espaçamento basal de 1,2nm. Após tratamento com etileno-glicol, parte desse espaçamento pode deslocar-se para 1,4 ou mesmo para 1,8nm. A intensidade do pico da parte expansiva e a importância dessa expansão (1,4 ou 1,8nm) variam de acordo com a posição da amostra no perfil. Observa-se - Figura 3 - uma

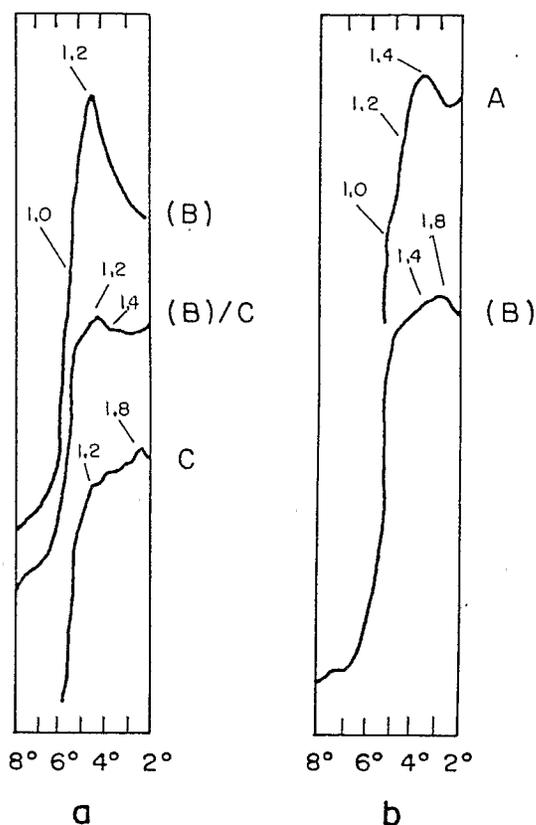


Figura 3. Difratogramas de raios X: (a) fração argila saturada com potássio e glicolada dos horizontes (B), (B)/C e C do perfil P2; (b) fração argila saturada com potássio e glicolada dos horizontes A e (B) do perfil P1.

evolução gradativa dos deslocamentos dos espaçamentos basais, quando se sobe nos perfis, passando dos horizontes C para os horizontes (B)/C e (B). Essa evolução é caracterizada pelo desaparecimento, em primeiro lugar, da expansão a 1,8nm e, em seguida, da expansão a 1,4nm.

Entretanto, no perfil P1, pouco espesso (bolsões de rocha alterada aparecem desde 30cm de profundidade), frações expansivas com etileno-glicol são encontradas na argila saturada por potássio, até o horizonte A (Figura 3). Nos perfis P2 e P3, mais espessos, tais frações não mais existem no horizonte (B), estando restritas ao C (Figura 3).

A modificação da capacidade expansiva da beidelita nos perfis deve estar relacionada às variações do déficit de cargas elétricas na estrutura cristalina do argilomineral, a qual depende das substituições do silício pelo alumínio nas camadas tetraédricas. À medida que as substituições aumentam, cresce o déficit de cargas e diminui a capacidade de expansão (Pedro, 1979). Assim, as beidelitas com pequeno déficit de cargas têm características de esmectitas de neoformação ("verdadeiras"), enquanto as outras, com déficit maior, têm características de esmectitas de transformação (Pedro, 1979). Nos perfis estudados, as primeiras são expansivas quando saturadas por magnésio ou por potássio, enquanto as segundas são expansivas apenas quando saturadas por magnésio. As esmectitas de

neoformação são características dos horizontes de profundidade e, as de transformação, dos horizontes superficiais.

Geralmente, em condições subtropicais e tropicais úmidas, todas as beidelitas sedimentares desaparecem rapidamente do perfil no decorrer da pedogênese, e as ilitas sofrem vermiculitização ou permanecem no perfil (Volkoff & Melfi, 1980, e Volkoff et al., 1989). Nas condições bioclimáticas da região, isso não ocorre: uma beidelita de alta carga tetraédrica permanece aparentemente estável. Apenas as beidelitas de baixa carga são destruídas. O fato de o alumínio trocável estar sobretudo ligado à presença de beidelitas expansivas é um indício dessa instabilidade (Melfi & Pedro, 1977).

O clima quente e úmido da região, como também o meio, não muito acidificante, permitem o estabelecimento de um tipo de matéria orgânica que contém poucos ácidos fúlvicos livres e bastante húmica. Tal matéria orgânica pode ter um poder de complexação reduzido e, provavelmente, pouco interfere na manutenção do alumínio no solo.

Pelo fato de não ter sido possível, na região estudada, a coleta de amostras de rocha fresca, não nos é permitido afirmar, no estado atual de pesquisa, se a beidelita expansiva se transforma diretamente em beidelita não expansiva, ou se está sendo destruída por hidrólise, havendo, por conseguinte, concentração de beidelita não expansiva, já existente na rocha fresca original. Neste caso os dois minerais seriam herdados do folhelho.

## CONCLUSÕES

1. Os resultados obtidos evidenciam a existência de transformações mineralógicas nos solos vérticos do Recôncavo Baiano.

2. Uma beidelita com comportamento de esmectita verdadeira encontra-se presente nos horizontes C desses solos. No sentido dos horizontes superficiais, ela desaparece gradativamente e, em seu lugar, passa a predominar uma esmectita de transformação, de alta carga tetraédrica e não expansiva.

3. Tais solos seriam, portanto, formados a partir de produtos de transformação por intemperismo de argilas micáceas sedimentares. Nessa região, as condições pedobioclimáticas são insuficientes para levar à destruição, por hidrólise, todos os minerais 2/1; há conservação de uma esmectita de alta substituição tetraédrica.

4. Do ponto de vista do balanço geoquímico, os resultados não indicam a ocorrência de processos de bissialitização, pois é evidente uma perda de sílicio, com conseqüente concentração de alumínio. Essa dessilicificação, provocada pelo aumento de substituições do sílicio pelo alumínio nas camadas tetraédricas dos argilominerais, está de acordo com a evolução em condições tropicais úmidas e em meio não muito ácido.

5. Apesar de tais solos estarem situados em um ambiente bioclimático favorável aos processos de monossilitização, sua evolução é freada, provavelmente, pelas características e potencialidades da rocha-mãe. Dessa forma, o processo evolutivo é muito lento e as transformações ocorrem por etapas. Daí a importância do fator tempo na passagem desses solos para um equilíbrio compatível com o ambiente monossilítico.

## LITERATURA CITADA

- BRANDÃO, J.S. Caracterização e avaliação da fertilidade de alguns solos da bacia sedimentar do Recôncavo Baiano. Instituto de Geociências, UFBA, 1980. 162p. (Dissertação de Mestrado)
- BRASIL. Projeto Radambrasil. Levantamento dos recursos naturais. Folha SD-24 Salvador, Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), 1981. 624p.
- BUOL, S.W.; HOLE, F.D. & McCracken, R.J. Soil genesis and classification. The Iowa State University Press, 1980. 404p.
- DABIN, B. Étude d'une méthode de fractionnement des matières humiques du sol. Sciences du Sol, Versailles, 1:47-63, 1971.
- DIAS, A.C.C.P. & SILVA, L.D. da. Solos da bacia sedimentar do Recôncavo Baiano. Centro de Pesquisa do Cacau, Itabuna, 1972. 27p. (Boletim técnico, 16)
- MELFI, A.J. & PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte I - Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeológica. Revista brasileira de Geociências, São Paulo, 7:271-286, 1977.
- MILLOT, G. Geology of Clays. New York, Springer-Verlag, 1970. 429p.
- PELLOUX, P. Méthode de détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange dans les sols. ORSTOM, Paris, 1971. 118p. (Initiations-Documentations Techniques, 17)
- PEDRO, G. Les minéraux argileux. In: BONNEAU, M. et SOUCHIER, B., eds. Pédologie: 2. Constituants et propriétés du sol. Paris, Masson, 1979. p.38-57.
- RIBEIRO, L.P. & LEAL, R.M.P. Estudo dos solos latossólicos e planossólicos em região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., Belém, PA. Resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. p.148.
- ROBERT, M. & TESSIER, D. Méthode de préparation des argiles des sols pour l'étude minéralogique. Ann. Agron., Versailles, France, 25:859-882, 1974.
- SILVA, L.F. da & LEÃO, A.C. Levantamento detalhado da Estação Experimental Sosthenes de Miranda, BA. Centro de Pesquisa do Cacau, Itabuna, 1976. 39p. (Boletim técnico, 41)
- VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. & MELFI, A.J. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8:277-283, 1984.
- VOLKOFF, B. & MELFI, A.J. Transformações mineralógicas em Rubrozens da bacia sedimentar de Curitiba, PR. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4:173-181, 1980.
- VOLKOFF, B.; MELFI, A.J. & CERRI, C.C. Os cambissolos eutróficos e os solos associados do alto rio Purus, Amazonas. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13:363-372, 1989.