

# COMISSÃO II - QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO

## MATÉRIA ORGÂNICA DE TRÊS SOLOS DOS CAMPOS INUNDÁVEIS DA ILHA DE MARAJÓ (PA)<sup>(1)</sup>

C. C. CERRI<sup>(2)</sup> & B. VOLKOFF<sup>(3)</sup>

### RESUMO

Apresentam-se as principais características da matéria orgânica de três solos distróficos da ilha de Marajó, desenvolvidos sobre sedimentos fluviomarinhos argilosos, constituídos de caulinita, illita e montmorilonita. Nas partes mais elevadas do leste da ilha, amostrou-se um solo planossólico; nas áreas baixas, onde a hidromorfia é mais prolongada, um solo glei e, nas partes intermediárias, onde há alternância de encharcamento e secagem, um vértico. O teor de carbono total aumenta à medida que a hidromorfia se torna mais acentuada, mas nenhum dos solos se apresenta como muito orgânico. Apesar de as características morfológicas serem distintas, os três pedons apresentam propriedades físico-químicas e constituintes orgânicos semelhantes. A matéria orgânica encontra-se bastante humificada e aproximadamente 50% do húmus é constituído de ácidos húmicos e fúlvicos extraíveis por reagentes alcalinos. Os ácidos húmicos são pouco móveis na eletroforese e de baixo valor de densidade óptica, o que caracteriza um húmus de elevado grau de maturação. Nos três solos, observa-se pequena quantidade de ácidos fúlvicos. Este componente do húmus está geralmente associado a solos distróficos; é provável que, nas condições da ilha de Marajó, o ácido fúlvico, uma vez formado, seja prontamente exportado nas épocas de cheia.

Termos de indexação: Ilha de Marajó, húmus, solos hidromórficos, argila de atividade alta.

### SUMMARY: ORGANIC MATTER OF THREE SOILS FROM THE FLOODED FIELDS OF THE MARAJÓ ISLAND (STATE OF PARÁ, BRAZIL)

*The main characteristics of the organic matter of three acid soils from Marajó Island, developed on clayish sediments of marine and lacustrine origin and consisting of kaolin, illite, montmorillonite, are discussed. In the eastern and higher part of the island, a planosolic soil was sampled, in the lower areas where the hydromorphy is more prolonged, a gley was studied, and in the interzone, where flood and drought alternate, the soil has vertic characteristics. Total-carbon content of the A-horizon increase with hydromorphy, but no horizon were characterized as organic. In spite of different morphological characteristics, the three soils showed similar physico-chemical properties and organic constituents. The organic matter is in a high humified degree. Approximately 50% of the humus consists of humic and fulvic acids, extractable by alkaline reagents. The humic acids have little mobility in electrophoresis, and very low optical density value, and these are characteristics of a humus with a high maturity rate. Very small amounts of fulvic acids were found in all the three soils. Since fulvic acids are generally associated to acid soils, it is possible that under Marajó Island conditions, once formed, they are promptly exported by flooding waters.*

*Index terms: Marajó Island, humus, hydromorphic soils, high activity clay.*

### INTRODUÇÃO

Dando continuidade a um programa de pesquisa sobre a matéria orgânica dos solos desenvolvidos sob distintas condições bioclimáticas do Brasil, apresentam-se neste trabalho as principais características do húmus de alguns solos da ilha de Marajó. O objetivo principal desse programa é identificar os vários tipos de húmus presentes nos distintos

ecossistemas naturais do país e os fatores que determinam sua formação. Além disso, procura-se obter informações sobre a dinâmica das transformações da matéria orgânica e de seus prováveis efeitos nas propriedades do solo. Trabalhos anteriores (Volkoff & Cerri, 1978, 1980, 1981; Volkoff et al., 1984, e Cerri & Volkoff, 1987) mostram evidências de que a natureza do húmus esteja determinada por fatores diretamente ligados ao solo, à drenagem e, sobretudo, à presença

(1) Trabalho realizado no Convênio de Cooperação Científica Internacional ORSTOM/CNPq e Projeto Amazônia I-IAEA. Recebido para publicação em abril de 1987 e aprovado em junho de 1988.

(2) Pesquisador do CENA-USP. Caixa Postal 96, 13400 Piracicaba (SP).

(3) Pesquisador da ORSTOM-França.

ORSTOM Fonds Documentaire

09 MAI 1990

Nº : 30. 047 ex 1  
Cote : B  
P182

R. bras. Ci. Solo, 12:93-100, 1988

ou à ausência de reserva minerais. Assim, em relação aos outros solos, os hidromórficos apresentam-se como os mais ricos em ácidos húmicos; por outro lado, os distróficos possuem teores elevados em ácidos fúlvicos livres, enquanto nos eutróficos esta substância húmica está praticamente ausente.

A ilha de Marajó apresenta, sob um mesmo tipo de vegetação de campo, uma gama de solos glei húmicos, pouco húmicos, distróficos, eutróficos, salinos e sódicos, com argila tanto de alta como de baixa atividade (Brasil, 1974). Trata-se, portanto, de uma situação ideal para verificar as relações entre a natureza do húmus e as características físico-químicas do solo sob condições hidromórficas.

## MATERIAL E MÉTODOS

**O meio físico** — A ilha de Marajó encontra-se no estuário do rio Amazonas em latitude subequatorial (Figura 1). Trata-se de um terreno sob formações sedimentares de poucos metros acima do nível do mar. O material de origem do solo é um sedimento fluviomarinho argiloso (Brasil, 1974). O clima é equatorial úmido: a média anual das precipitações é de 2.900mm, com três meses secos (Brasil, 1974). A maior parte da ilha é anualmente inundada, porque as águas das chuvas dificilmente se escoam devido à topografia muito plana. Nessas áreas, predomina vegetação de campo. O período de estiagem corresponde aos meses de setembro, outubro e novembro.

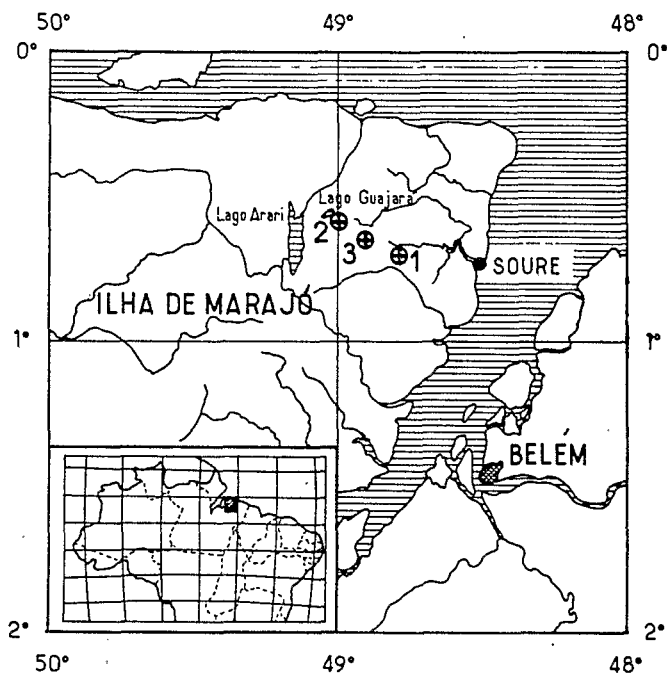


Figura 1. Mapa de localização dos solos (1 = Perfil MPA1, 2 = MPA2 e 3 = MPA3).

Entre a cidade de Soure e o lago Arari, foi escolhida uma área de campos, cuja topografia é plana (Figura 1). Entretanto, na escala de alguns quilômetros, aparecem áreas um pouco mais elevadas e outras mais deprimidas, onde se localizam os lagos permanentes. Toda a área, inclusive a maioria dos locais elevados, fica anualmente inundada por um período variável de acordo com a posição na topografia.

**Localização dos solos** — Abriram-se três trincheiras: uma em solo de pequena elevação (perfil MPA3); outra nas baixadas do lago Guajará (perfil MPA2), e a terceira em posição topográfica intermediária (perfil MPA1). Os três se enquadram como solos hidromórficos: o MPA1 apresenta características vérticas; o MPA2, transição para um glei húmico e o MPA3, diferenciação textural, com características morfológicas de planossolo. As observações foram feitas em dezembro de 1982.

**Descrição dos solos** — As descrições morfológicas dos três solos são as seguintes:

### PERFIL MPA1

- A11 00-10cm, cinzento muito escuro (10YR 2/2, úmida) mosqueado, comum e distinto; argila; fraca, pequena a grandes blocos subangulares e média blocos angulares; macio, friável, plástico; poros comuns; raízes finas comuns; transição gradual.
- A12 10-20cm, cinzento muito escuro (10YR 2/2, úmida) mosqueado comum e distinto; argila; fraca, média, subangular; duro, friável, plástico; poucos poros; raízes finas comuns; transição gradual.
- A3 20-30cm, preto (10YR 2/1, úmida) mosqueado vermelho-amarelo comum, fraco médio; argila; moderada média bloco angular; duro, friável, plástico; poucos poros; raízes finas poucas; transição gradual.
- B 30-45cm, cinzento muito escuro (10YR 2/2, úmida); argila; forte, prismática e blocos; algumas superfícies de deslizamento; duro, friável, plástico; poucos poros; transição gradual.
- C1 45-60cm, cinzento esverdeado (2,5YR 3/1, úmida) com mosqueado vermelho comum; argila; fraco e médio; grande em blocos angulares; poucas superfícies de deslizamento; poucos poros; transição gradual.
- C2 60-75cm+, (2,5YR 4/2, úmida); argila; grande em blocos angulares; superfícies de deslizamento; duro, firme.

### PERFIL MPA2

- A11 00-05cm, bruno muito escuro (5YR 3/1); orgânico com fragmentos de gramíneas não decompostas, transição clara.
- A12 05-15cm, preto (10YR 2/1); mosqueado pequeno, cinza difuso; argila; fraca, pequena blocos subangulares; friável, plástico; raízes finas comuns; transição gradual.
- A3 15-30cm, cinzento (5YR 5/1) mosqueado, pequeno, vermelho amarelo, comum e preto; argila; fraca, pequena; blocos; plástico; transição gradual.
- C1g 30-45cm, cinzento (5YR 5/1) mosqueado vermelho-amarelo, comum, pequeno distinto; argila; fraca grande prismática; plástico; transição gradual.
- C2g 45-65cm, cinzento (5YR 5/1) mosqueado vermelho-amarelo, comum pequeno distinto, comum e mosqueamento bruno-avermelhado comum pequeno; argila; fraca, média blocos; superfícies de deslizamento muito pequenas; plástico; transição gradual.
- C3g 65-86cm+, idêntico ao horizonte suprajacente, mas o mosqueado bruno-avermelhado desaparece, surgindo

em seu lugar mosqueado amarelo e cinza-escuro proeminente.

#### PERFIL MPA3

- A11 00-05cm, cinzento-claro (10YR 6/2, úmida); franco-arenoso; fraca, fina, granular; muitas raízes finas; transição clara.
- A12 05-10cm, cinzento-escuro (10YR 3/3, úmida) com mosqueado muito pequeno bruno-amarelo-claro; franco-arenoso; muito friável; raízes finas comuns; transição gradual.
- A2 10-15cm, cinzento-escuro (10YR 2/3, úmida) com mosqueado muito pequeno, bruno-amarelo-claro abundante; franco-arenoso; ligeiramente duro; macio, friável; poros comuns; transição clara.
- B1 15-25cm, bruno-acinzentado (10YR 4/2, úmida) com mosqueado cinza (10YR 2/2) muito pequeno, comum e amarelo-claro; franco-argilo-siltoso; fraca em blocos subangulares médios; ligeiramente duro, muito friável; poros abundantes; poucas raízes; transição gradual.
- B2 25-45cm, cinzento (10YR 5/1, úmida) com mosqueado bruno-amarelo-claro, pequeno, difuso; argilosa; moderada, em blocos médios; fraca, grande prismática; duro, firme; poucos poros; transição difusa.
- Cg 45-70cm+, cinzento-oliváceo (5YR 4/2); argila com linhas subhorizontais de areia fina; fraca; em blocos médios e grandes.

**Métodos de laboratório** — As amostras foram secas ao ar. Na fração peneirada a 2mm, fizeram-se as seguintes análises: granulometria, através de dispersão com pirofosfato de sódio, agitação mecânica e análise por método de pipeta. O pH em água e em KCl (relação solo/solução 1:2,5). Carbono por oxidação com dicromato. Nitrogênio total, por digestão em ácido sulfúrico e destilação da amônia. Carbonato de cálcio, por ataque com HCl. Os cátions (soma de base S) foram extraídos pelo acetado de amônio a pH 7,0; a capacidade de troca (T) foi determinada por saturação do solo por  $\text{CaCl}_2$  em pH 7,0 e dosagem do  $\text{Ca}^{2+}$  retido. No extrato de 100g de solo com 200ml de água (extrato 1:2), foram determinados a condutividade elétrica, o pH e os íons solúveis. O alumínio trocável foi dosado por titulação acidimétrica do extrato com KCl normal (relação solo:solução 1:10). O índice de saturação por base foi obtido a partir da relação S:T.

Os minerais argilosos foram identificados por difratometria de raios X na fração 0-2  $\mu\text{m}$ , separada após dispersão com hidróxido de sódio a pH 10,0.

O húmus foi fracionado 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 hidróxido de sódio 0,1N e humina) foi determinada por dosagem do carbono. A relação das absorbâncias a 465 e 665nm (relação E4:E6) dos ácidos húmicos foi feita por espectrofotometria (Volkoff & Cerri, 1978). Os ácidos húmicos foram fracionados por eletroforese em bandas de papel, conforme Duchaufour & Jacquin (1963).

## RESULTADOS

### Granulometria e mineralogia de argila

Constata-se que o material dos solos MPA1 e MPA2 é originário de um sedimento constituído quase que exclusivamente de argila e de silte fino (Quadro 1). Os dois perfis apresentam textura argilosa no horizonte A. Os horizontes do perfil MPA3 contém muito mais areia fina, especialmente os superficiais, cuja textura chega a ser franco-arenosa.

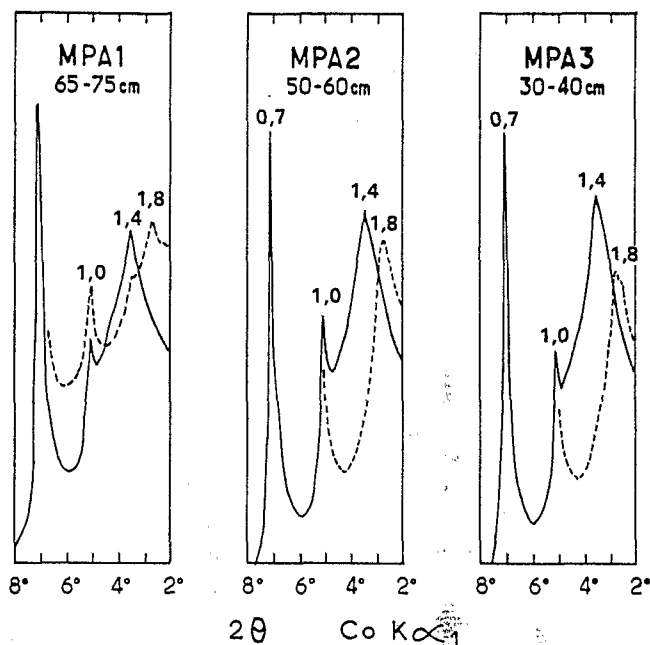


Figura 2. Difratogramas de raios X na argila não deferrificada e saturada de magnésio das camadas 65-75cm do perfil MPA1; 50-60cm do perfil MPA2 e 30-40cm do perfil MPA3; 0,7nm caulinita; 1,0 nm illita; 1,4 nm montmorilonita em argila seca ao ar; 1,8 nm montmorilonita na argila glicolada.

Nos perfis MPA1 e MPA2, a argila é constituída de uma mistura de caulinita, illita e montmorilonita (Figura 2). No MPA3, além desses três minerais, encontra-se vermiculita com hidroxila interlamelar. Este mineral, cuja distância interplanar principal é de 1,4 nm, quando saturado de magnésio, não se expande com glicol (Figura 2). Quando saturado de potássio, comporta-se como um interestratificado originando nos difratogramas um pico principal a 1,24 nm. Com aquecimento, há um aumento da intensidade do espaçamento 1,0 nm; o de 1,2 nm desaparece com aquecimento a 400°C (Figura 3).

### Acidez e complexo sortivo

Os três solos apresentam reação ácida: pH em  $\text{H}_2\text{O}$  em torno de 5,0 e em KCl em torno de 4,0 (Quadro 1). Apenas a base (a 60cm) do perfil MPA3 apresenta um pH 8,0, sendo o único horizonte onde se encontrou carbonato (1,7% de  $\text{CaCO}_3$ ). O valor T (Quadro 2) está compreendido entre 27 e 47 meq/100g de solo em MPA1 e MPA2, e entre 10 e 16 meq/100g de solo em MPA3. O grau de saturação por bases do complexo sortivo varia de 14 a 100%.

Devido à presença de sais solúveis não removidos antes das determinações de pH, não há relação entre o pH em água e o grau de saturação por bases. A análise dos sais extrato 1:2 (Quadro 2) mostra que, nos perfis MPA1 e MPA2, entre 20 e 50% do  $\text{Na}^+$  tido como trocável está sob forma solúvel. Também parte do  $\text{Mg}^{2+}$  estaria sob forma solúvel. Por outro lado, os graus de saturação aparente por bases nos perfis MPA1 e MPA2 são, em média, cinco a dez vezes mais elevados do que no MPA3. Ao mesmo tempo, a condutividade elétrica e a soma dos cátions (e dos ânions) são até dez vezes maiores nos dois primeiros do que no último. Portanto, com exceção das camadas profundas de cada solo, o complexo sortivo estaria menos saturado por bases do que aparece no quadro 2.

Teores não negligenciáveis de  $\text{SO}_4^{2-}$  são encontrados nos extratos aquosos, especialmente no MPA2 e nos horizontes profundos do MPA1. A acidez poderia, portanto, ter sido originada pela oxidação de sulfetos provavelmente presentes nos sedimentos fluviomarinhas e que estariam oxidados nos horizontes superficiais do solo nos períodos de estiagem.

Em resumo, os três pedons apresentam morfologia de solos hidromórficos; as argilas são de atividade alta (40 meq/100g de argila); eles são moderadamente ácidos, com índice de saturação por cátion superior a 50% a 40cm de profundidade. A solução do solo apresenta-se pouco

salina. Trata-se, portanto, de solos com características próximas daquelas dos ácidos salinos (Breemen, 1973), decrescendo o caráter salino na ordem MPA1-MPA2-MPA3.

#### Carbono total e relação C:N

Na superfície, o MPA2 é o mais rico em carbono e o MPA3, o mais pobre (Quadro 1 e Figura 4). Nos três solos, há um decréscimo rápido do carbono com a profundidade, variável de acordo com a textura das camadas superficiais e com a intensidade da hidromorfia. A relação C:N nunca ultrapassa 16 (Quadro 1). Os valores encontrados nos horizontes superficiais do solo são 12, 16 e 8. Trata-se, pois, de uma matéria orgânica bastante evoluída.

#### Fracionamento do húmus

Até aproximadamente 50cm de profundidade nos perfis MPA1 e MPA2, e 40cm do perfil MPA3, o carbono extraível pelo hidróxido de sódio, pelo pirofosfato de sódio e pelo ácido fosfórico representa 50% ou mais do carbono total (Figura 4). Conseqüentemente, a humina representa 50% ou menos do carbono total. Nestas camadas — 0-50cm nos perfis MPA1 e MPA2, 0-40cm no MPA3 — a composição do húmus não se modifica muito. Nota-se apenas uma diminuição das proporções de humina com a profundidade e um aumento dos ácidos fúlvicos livres, quando presentes. Os ácidos fúlvicos livres alcançam seus maiores teores no perfil

Quadro 1. Resultados analíticos da granulometria, pH, carbono, nitrogênio e ferro total nos perfis MPA1, MPA2 e MPA3<sup>(1)</sup>

Profundidade cm	Análise granulométrica <sup>(1)</sup>					H <sub>2</sub> O	pH		C	N	C:N	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Argila	Silte fino	Silte grosso	Areia fina	Areia grossa		H <sub>2</sub> O	KCl				
	%						%					
Perfil MPA1												
0-10	55	32	1	1	1	4	5,5	4,9	5,9	0,5	12	4,9
10-20	...	...	...	...	...	...	5,2	3,7	2,9	0,2	15	...
20-30	63	30	1	1	...	4	5,2	3,6	1,7	0,2	9	6,5
30-45	...	...	...	...	...	...	5,3	4,0	1,0	0,1	10	...
45-60	...	...	...	...	...	...	5,7	4,3	0,6	0,1	6	...
60-75	69	24	1	1	0	4	5,4	3,7	0,2	0,1	2	6,6
Perfil MPA2												
0-5	46	23	8	2	0	6	4,6	3,5	15,6	0,1	16	1,9
5-15	...	...	...	...	...	...	4,8	3,5	8,5	0,7	12	...
15-30	52	36	2	3	0	3	5,3	3,6	4,1	0,4	10	2,6
30-45	84	8	0	0	0	4	4,9	3,2	2,9	0,2	15	0,5
45-65	...	...	...	...	...	...	5,3	3,5	0,9	0,1	9	...
65-86	...	...	...	...	...	...	5,1	3,4	0,7	0,1	7	...
Perfil MPA3												
0-5	23	1	19	53	0	1	5,1	3,8	2,4	0,3	8	1,4
5-10	19	9	19	48	2	1	5,2	3,8	1,5	0,2	8	...
10-15	...	...	...	...	0	...	5,5	3,9	1,3	0,2	7	4,3
15-25	32	17	27	22	0	2	5,8	4,1	0,7	0,1	7	...
25-45	41	16	17	22	0	2	6,6	4,4	0,2	0,0	0	...
45-70	38	24	16	16	0	3	8,0	6,0	0,1	0,0	0	5,5

<sup>(1)</sup> H<sub>2</sub>O: perda de umidade a 150°C; C: carbono total; N: nitrogênio total; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total.

MPA1, no qual representam 5% do carbono total na superfície e 20% do carbono a 50cm de profundidade. Também as frações alcalino-solúveis (extraíveis com hidróxido de sódio e com o pirofosfato) permanecem mais ou menos idênticas. Há sempre mais ácidos húmicos extraídos pelo pirofosfato do que pelo hidróxido de sódio e mais ácidos húmicos do que fúlvicos. Nos horizontes inferiores, a matéria orgânica é predominantemente formada por humina. A parte extraível é representada por um pouco de ácido fúlvico livre e um pouco de produtos solúveis em hidróxido de sódio.

A relação E4:E6 nos ácidos húmicos extraídos pelo pirofosfato varia de 2,3 a 4,6, sendo o valor médio 3,7. Nos ácidos húmicos extraídos pelo hidróxido de sódio, o intervalo é 2,2-4,4, com o valor médio de 3,1. Há pouca diferença entre os solos no que diz respeito aos ácidos húmicos extraídos pelo pirofosfato e, nos perfis, as médias das medidas são 3,6 para MPA1, 3,6 para MPA2 e 3,8 para MPA3. Nos três solos, a relação E4:E6 apresenta um valor máximo nas camadas subsuperficiais (respectivamente 4,6, 4,4 e 4,6). A relação E4:E6 dos ácidos húmicos extraídos pelo hidróxido de sódio varia mais de um perfil para outro. As médias em MPA1 (3,5) e MPA2 (3,2) são diferentes da média em MPA3 (2,3), mas as variações com a profundidade não apresentam nenhuma particularidade.

A eletroforese dos ácidos húmicos não indica diferenças importantes entre os solos (Figura 5). Nos três solos, os ácidos húmicos extraídos pelo pirofosfato são compostos por 60% de ácidos imóveis (ácidos húmicos cinza), 10-15% de intermediários e 25-30% de móveis (ácidos húmicos brunos). Os ácidos húmicos extraídos pelo hidróxido de sódio constituem-se de 65-75% de ácidos imóveis, 10% de intermediários e 15-25% de móveis.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os três solos de campos inundáveis estudados apresentam características morfológicas diferentes, mas propriedades físico-químicas e constituintes orgânicos parecidos.

As diferenças morfológicas estão ligadas à posição topográfica e a algumas variações na composição do material originário. Nas elevações, onde o sedimento é pouco mais rico em areia muito fina, o solo apresenta horizonte superficial nitidamente empobrecido em argila e B textural. Nas áreas baixas, onde a hidromorfia é prolongada e os sedimentos mais argilosos, desenvolve-se um solo com morfologia típica de glei. Nos pontos intermediários, que representam as situações mais freqüentes, o solo é hidromórfico com mosqueado superficial. Nessas situações, devido a alternâncias de fases de encharcamento e seca, desenvolvem-se características vérticas: os solos apresentam uma estrutura pequena subangular na superfície, e prismática grande com superfície de deslizamento em profundidade. Tal estrutura é também ligada à natureza montmorilonítica do sedimento argiloso.

Trata-se de solos argilosos, com argila de atividade alta. O meio físico-químico interno é caracterizado em solo seco por uma nítida acidez em presença de sais solúveis com cloretos e sulfatos.

O teor em carbono total nos primeiros 20cm do solo aumenta à medida que a hidromorfia se torna mais acentuada, ou seja, no sentido solo planossólico, vértico e glei húmico. Isso é freqüentemente observado e é a indicação da

diminuição da velocidade da humificação e da biodegradação dos compostos orgânicos devido à elevada umidade. Em nenhum dos casos, porém, observa-se forte acúmulo de matéria orgânica. Apenas o solo glei tem teores elevados em carbono nos seus primeiros 20cm; mesmo assim, ele não apresenta nenhum horizonte de tipo turfoso. Em todos os casos, a matéria orgânica parece ser de alto grau de humificação. Com efeito, apesar da hidromorfia, a relação C:N é baixa. Com exceção dos horizontes mais profundos, há menos de 50% de carbono sob forma de humina.

Os ácidos húmicos, por serem pouco móveis na eletroforese, apresentam alta relação peso molecular:carga elétrica. Os baixos valores de E4:E6 (2,2 a 4,6) indicam também altos graus de condensação, alta aromaticidade e pesos moleculares elevados (Chen et al., 1977; Steelink, 1985).

A parte extraível caracteriza-se por proporções reduzidas de frações ácido-solúveis (ácido fúlvico livre) e, dentro das frações alcalino-solúveis, mais ácidos húmicos do que fúlvicos.

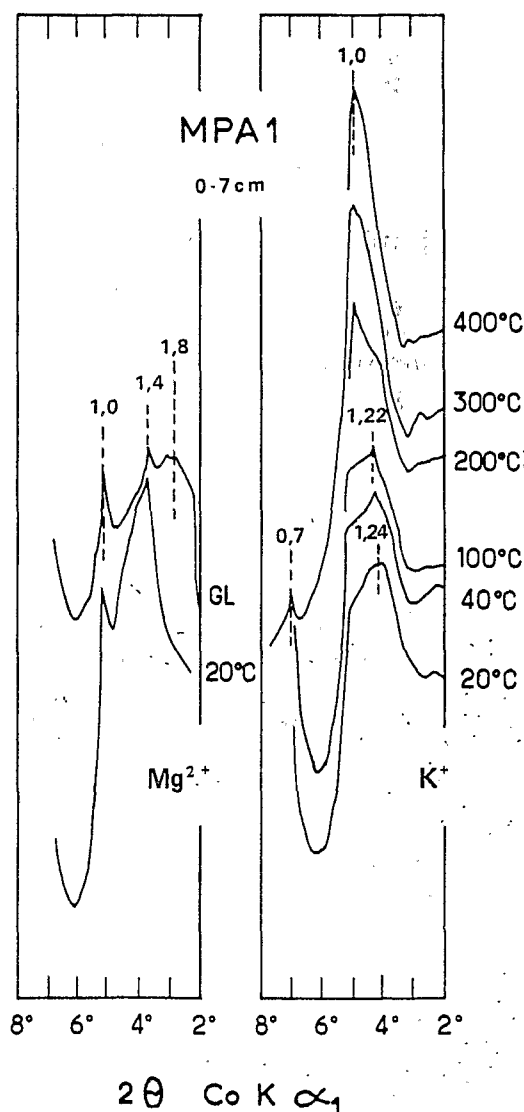


Figura 3. Difratogramas de raios X na argila não deferrificada da camada 0-7cm do perfil MPA1.  $Mg^{2+}$ : saturada de magnésio; GL: glicolada; K: saturada de potássio (20, 40, 200, 300 e 400°C). Distância interplanar (d/n) em nm.

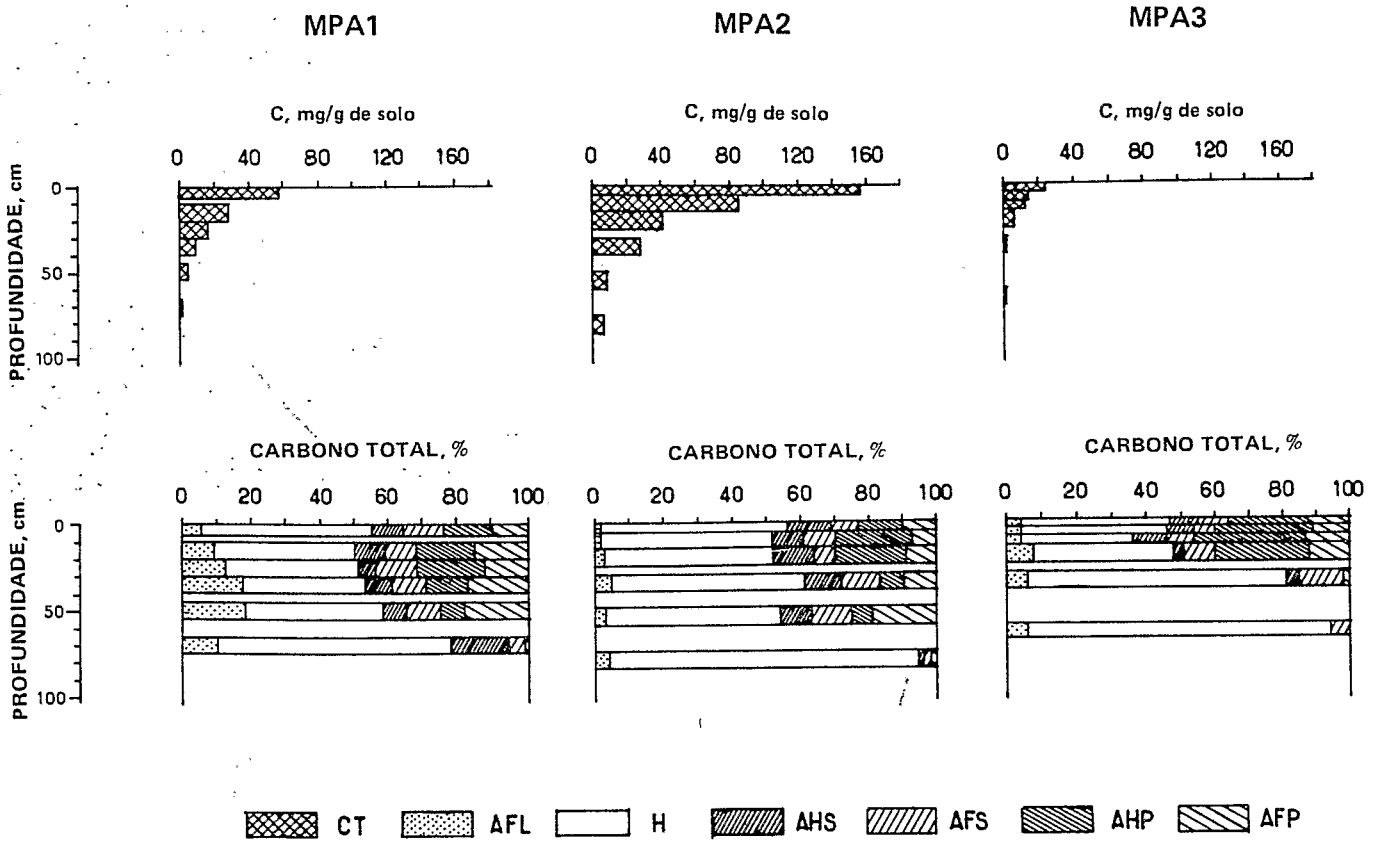


Figura 4. Distribuição do carbono orgânico total nas camadas sucessivas e variações da distribuição do carbono nas frações do húmus com a profundidade nos perfis MPA1, MPA2 e MPA3: CT: carbono total; AFL: ácido fúlvico livre; H: humina; AHS: ácido húmico soda; AFS: ácido fúlvico soda; AHP: ácido húmico pirofosfato, e AFP: ácido fúlvico pirofosfato.

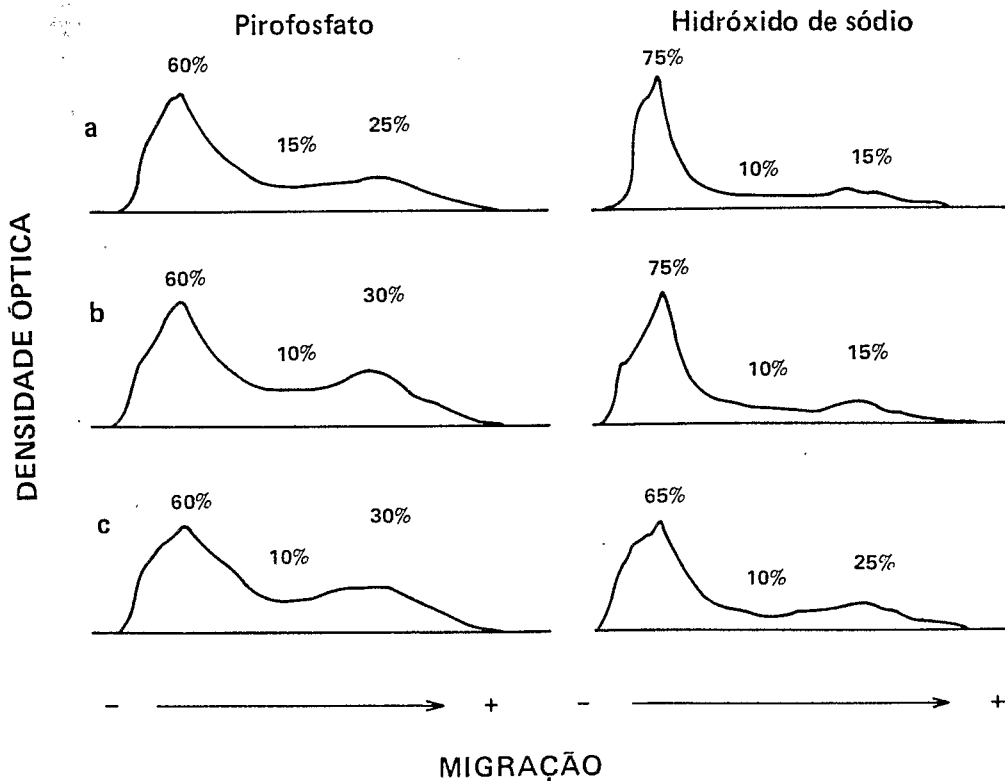


Figura 5. Curvas de densidade óptica de eletroforegramas de ácidos húmicos extraídos pelo pirofosfato de sódio e pelo hidróxido de sódio nas camadas (a) 10-20cm do perfil MPA1, (b) 5-15cm no MPA2, (c) 5-10cm no MPA3 (as percentagens indicam as proporções dos ácidos húmicos imóveis, intermediários e móveis na eletroforese).

Quadro 2. Resultados analíticos do Complexo Sortivo, sais solúveis e condutividade elétrica (Cond.) no extrato 1:2 nos perfis MPA1, MPA2 e MPA3

Profundidade	Cátions trocáveis						T <sup>(1)</sup>	V <sup>(1)</sup>	Extrato 1:2									
	Ca	Mg	K	Na	S <sup>(1)</sup>	Al			Cond.	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>
cm	meq/100g solo						%	ms/cm cm	meq/100g solo									
<b>Perfil MPA1</b>																		
0-7	2,3	5,3	0,7	4,7	13,0	...	29	45	0,8	4,6	0,1	0,3	0,0	1,2	1,4	0,2	0,0	0,0
10-20	2,3	6,5	0,5	3,1	12,4	3,5	27	46	0,7	5,0	0,0	0,1	0,0	1,2	0,8	0,4	0,0	0,0
20-30	2,3	8,3	0,3	5,4	16,3	...	29	56	1,3	5,1	0,0	0,2	0,0	0,4	1,7	0,9	0,0	0,0
30-40	2,0	10,8	0,5	10,3	23,6	...	21	100	3,1	5,1	0,1	0,1	0,0	5,7	3,9	1,9	0,0	0,0
45-55	1,6	13,4	0,5	14,0	29,5	...	27	100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
65-75	2,3	5,7	0,4	5,7	14,1	...	26	54	1,4	5,0	0,0	0,2	0,0	2,2	1,2	1,3	0,0	0,0
<b>Perfil MPA2</b>																		
0-5	1,5	4,3	0,9	1,8	8,5	...	47	18	0,8	4,5	0,2	0,2	0,1	1,1	0,8	0,7	0,0	0,0
5-15	1,5	4,5	0,4	2,5	8,9	4,7	39	23	0,5	5,5	0,1	0,2	0,0	0,7	0,6	0,3	0,0	0,0
15-25	2,3	6,5	0,4	2,0	11,2	...	31	36	0,4	5,3	0,1	0,1	0,0	0,7	0,5	0,6	0,0	0,0
30-40	2,2	12,2	1,3	4,8	20,5	...	35	58	0,8	4,8	0,0	0,1	0,0	1,3	0,7	0,8	0,0	0,0
50-60	1,5	10,8	0,5	2,8	15,6	...	25	62	0,6	5,0	0,1	0,1	0,0	0,9	0,5	0,5	0,0	0,0
75-85	2,0	12,3	0,9	3,5	18,7	...	27	69	0,6	4,7	0,0	0,0	0,0	1,0	0,6	0,5	0,0	0,0
<b>Perfil MPA3</b>																		
0-5	1,2	0,3	0,7	0,1	2,3	...	11	21	0,1	5,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
5-10	0,9	0,3	0,1	0,1	1,4	2,1	10	14	0,1	5,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
10-15	0,9	0,6	0,1	0,2	1,8	...	13	14	0,1	5,6	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
15-25	1,8	1,1	0,1	0,2	3,2	...	11	29	0,1	5,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
30-40	1,5	10,3	0,2	0,7	12,7	...	16	79	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
60-70	3,1	14,2	0,3	3,4	21,0	...	15	100	0,4	6,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,2	0,0

(1) S: soma das bases. T: capacidade de troca de cátions (não inclui os valores dos sais solúveis). V: índice de saturação por bases.

Em condições de drenagem impedida foram notadas altas proporções de alcalino-solúveis, relações ácidos húmicos:ácidos fúlvicos > 1, aromaticidade elevada por ácidos húmicos tanto em meio alcalino, nos solontchaks (Volkoff & Cerri, 1980), como em meio distrófico, na laterita hidromórfica (Volkoff & Cerri, 1981). Também foi notado que em solontchak não havia ácidos fúlvicos livres, enquanto em laterita hidromórfica este tipo de substância húmica era abundante. Isso significaria que, tanto em solos com drenagem impedida como nos bem drenados, os ácidos fúlvicos livres são característicos apenas de solos ácidos. Nos solos de campos inundáveis da ilha de Marajó, apesar da acidez, tais frações são pouco representadas: isso evidencia que, no caso específico de solos com argila de atividade alta, a formação de ácidos fúlvicos livres é limitada pela acidez ou hidromorfia, ou então que, se há formação de ácidos fúlvicos livres, eles não permanecem no solo e são exportados nas épocas de cheia quando, sob condições redutoras no campo, o pH deve aproximar-se da neutralidade.

#### AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio à equipe de técnicos da Seção de Química do Solo do CENA-USP: Sandra Maria G. Nicoleti, José Roberto Martins, Dacir Bortoletto e Antonia Mara Piacentini.

#### LITERATURA CITADA

- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam: Brasil: Levantamento de Recursos Naturais; Folha SA-22. Rio de Janeiro, 1974. III. p.13-17.
- BREEMEN, N. van. Soil forming processes in acid sulfate soils. In: Acid Sulfate Soils-Proceedings of the International Symposium. Wageningen, 1:66-130, 1973.
- CERRI, C.C. & VOLKOFF, B. Carbon content in a yellow latosol of central Amazon rain forest. Acta Oecológica, 8(1):29-42, 1987.
- CHEN, Y.; SENESI, N. & SCHNITZER, M. Information provided on humic substances by E4:E6 ratio. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 41:352-358, 1977.
- DABIN, B. Étude d'une méthode de fractionnement des matières humiques du sol. Science du Sol, Versailles, 1:47-63, 1971.
- DUCHAUFOR, Ph. & JACQUIN, F. Recherches d'une méthode d'extraction et de fractionnement des composés humiques contrôlée par électrophorese. An. Agron., Paris, 14(6):885-918, 1963.
- STEELINK, C. Implications of elemental characteristics of humic substances in soil, sediments and water. New York, John Wiley, 1985. p.457-476.

VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. Quelques propriétés de l'humus d'un sol ferrallitique humifère sur granite du Paraná (Brésil). *Science du Sol*, Versailles, 4:269-280, 1978.

VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. Comparação de húmus de um solontchak, um rendzina e um solo lítólico da região semi-árida do Rio Grande do Norte. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 4:49-56, 1980.

VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. Húmus em solos da floresta amazônica na região do Rio Madeira. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 5:15-21, 1981.

VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. & MELFI, A.J. Húmus e mineralização 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.