



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU

1º Simpósio do Trópico Úmido

1st Symposium
on the Humid Tropics

1er Simposio
del Trópico Húmedo

ANAIS PROCEEDINGS ANALES

Volume I

CLIMA e SOLO

CLIMATE and SOIL

CLIMA y SUELO

BELEM - PARA - BRASIL

1986



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU

1º Simpósio do Trópico Úmido

**1st Symposium
on the Humid Tropics**

**1^{er} Simpósio
del Trópico Húmedo**

Belém, Pará, 12 a 17 de Novembro de 1984

Belém, November 12 through 17, 1984

Belém, 12 a 17 de novembre de 1984

ANAIS PROCEEDINGS ANALES

Volume I

CLIMA e SOLO

CLIMATE and SOIL

CLIMA y SUELO

BELÉM - PARÁ - BRASIL

EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n

Telefone: 226-6622

Telex: (091) 1210

Caixa Postal, 48

66000 Belém, PA - Brasil

Tiragem: 1.000 exemplares

Observação

Os trabalhos publicados nestes anais não foram revisados pelo Comitê de Publicações do CPATU como normalmente se procede para as publicações regulares. Assim sendo, todos os conceitos e opiniões emitidos são de inteira responsabilidade dos autores.

Simpósio do Trópico Úmido, I, Belém, 1984.

Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986.

6v. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36)

I. Agricultura — Congresso — Trópico. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, PA, II. Título. III. Série.

CDD: 630.601

MINERALOGIA DE ARGILAS DE SOLOS DA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA

Maria Regina Freire Möller¹

RESUMO: Na Amazônia brasileira, os solos provenientes da deposição de materiais trazidos pelos rios e sob condições permanentes ou periódicas de hidromorfismo apresentam variadas dominâncias mineralógicas, enquanto que, naqueles bem drenados e intemperizados predominam caulinitas e óxidos. Em uma área a sudoeste da região ocorrem solos ora predominantemente caluníticos com quantidades apreciáveis de "amorfo" ora com minerais 2:1 como maior constituinte. As caulinitas da região, que vão desde aquelas bem ordenadas até as extremamente desordenadas, apresentam diferentes comportamentos frente à sorção de fósforo. Os óxidos de ferro mais comumente encontrados — hematitas e goethitas — têm diferentes reatividades frente ao fósforo. Os primeiros, mais reativos, possuem tamanho de partículas 1/10 do comumente encontrado.

Termos para indexação: Argilominerais, solos da região amazônica.

CLAY MINERALOGY OF SOILS IN THE BRAZILIAN AMAZON

ABSTRACT: In the Brazilian Amazon region, soils which results from deposits of materials carried by rivers and under permanent or periodic hydromorphic conditions, showed variable mineralogical dominance, while kaulinites and oxides are predominant in well-drained and weathered soils. In one area of the southeastern part of the region kaolinite predominant soils with significant quantity of "amorphous" or with 2:1 clay minerals as major constituents were found. The kaolinite of the region, which can be well-ordered up to extremely disordered, showed different behaviour in the sorption of phosphorus. The most common iron oxides found — hematites and goethites — have different phosphate reactivities. The size of the particles of the most reactive hematites was 1/10 of the particles commonly found.

Index terms: Clay minerals, Amazon soils.

INTRODUÇÃO

O progresso feito na ciência do solo torna indispensável o conhecimento dos minerais presentes nos mesmos, sobretudo os da fração coloidal, por serem eles, em grande parte, responsáveis pela capacidade de troca de cátions, sorção de compostos or-

gânicos e inorgânicos, retenção de água, desenvolvimento de estruturas, além de ser uma etapa importante em todas as análises pedogenéticas dos solos.

Na região amazônica brasileira, as primeiras avaliações dos minerais argilosos dos solos foram obtidas pelos índices Ki e Kr, os quais, de maneira bastante geral, dão

¹Quím. Ind.^{al} M.Sc. EMBRAPA-CPATU, Caixa Postal, 48, CEP 66000, Belém, PA.

o indicativo do grupo mineralógico predominante da fração coloidal. Posteriormente, Sombroek (1966), sentindo a necessidade de determinações mais precisas para classificar alguns solos, utilizou-se da difratometria de raios-X e da análise térmica diferencial para caracterizar os minerais das frações coloidais de algumas classes de solos.

A partir de 1973, com variados objetivos, começaram a aparecer trabalhos gerais de levantamento dos minerais argilosos em solos mais ocorrentes na área (Chiba 1973, Iwasa 1977 e Kitagawa & Möller 1979a).

Os estudos, então, evoluíram, no sentido de avaliar as estruturas e propriedades dos argilo-minerais mais ocorrentes nos solos bem drenados da região, com ênfase à sorção de fósforo (Möller & Klant 1984).

Aqui serão abordados genericamente os estudos realizados com os argilo minerais dos solos da região amazônica brasileira.

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA DAS DIFERENTES CLASSES DE SOLOS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Os solos bem desenvolvidos e drenados da região amazônica brasileira, latossolos, podzólicos e terra roxa estruturada, têm em suas frações coloidais inorgânicas, o reflexo do intenso intemperismo químico a que estão submetidos. Seus minerais primários perdem significativamente os metais alcalinos, alcalino terrosos e o silício, ocasionando um enriquecimento relativo de ferro e alumínio nas suas frações coloidais inorgânicas. Portanto, os processos genéticos dos seus minerais coloidais secundários são processos de degradação, à exceção dos minerais chamados neste trabalho de 2:1 e /ou 2:2. Estes últimos são oriundos da aggradação das vermiculitas e/ou montmorilonitas, minerais secundários ins-

táveis nas condições ambientais destes solos, que, com a inclusão de polímeros de alumínio entre suas camadas, se estabilizam (Carstea 1967).

Trabalhos realizados com solos da região amazônica brasileira (Chiba 1973, Iwasa 1976 e Kitagawa & Möller 1979a) têm mostrado este comportamento, embora algumas vezes, neles ainda se encontrem traços de minerais primários. Os latossolos apresentam nítida dominância de argilo-minerais 1:1 em sua fração coloidal inorgânica (Tabela 1), a exemplo do que tem sido observado em outras áreas tropicais (Townsend & Reed 1971 e Alwis & Pluth 1976). Como minerais acessórios ou traços, têm sido frequentemente encontrados gibbsitas, hematitas, goethitas, micas, quartzo, minerais 2:1 e/ou 2:2 e até mesmo feldspatos (Tabela 1).

Os podzólicos apresentam um quadro mineralógico bastante semelhante aos latossolos (Tabela 1), enquanto que, nas terras roxas estruturadas, por vezes, é encontrada a hematita, associada às caulinitas, como mineral dominante (Tabela 1).

É interessante notar, no entanto, que nestas classes de solos, apesar do alto grau de intemperismo sofrido, é muito provável que ainda ocorram níveis de silício relativamente altos, uma vez que não se conhece na região argilas predominantemente gibbsíticas. O valor máximo determinado de gibbsita, que suporta < 1 ppm de silício na solução (Kittrick 1969), foi de 22% numa Terra Roxa Estruturada de Mato Grosso e num Latossolo Vermelho Amarelo do Amazonas (Kitagawa & Möller 1890).

Contrastando com estes solos bem desenvolvidos e com boa drenagem, aqueles formados pela deposição dos detritos trazidos pelos rios e/ou sob condições permanentes ou periódicas de hidromorfismo, os gley, lateritas hidromórficas e os solos aluviais, apresentam uma mineralogia bastante variada, condicionada ao próprio material depositado e ao hidromorfismo. Nelas, as dominâncias mineralógicas são tão distintas como filossilicatos 1:1 ou misturas

destes com micas e interestratificados montmorilonitas/vermiculitas, até predominâncias nítidas de minerais 2:1 (Tabela 2), como mostraram Kitagawa & Möller (1979a). Os minerais considerados acessórios tam-

bém são bastante variáveis como caulinitas, micas, quartzo, feldspatos, montmorilonitas e/ou vermiculitas aluminosas, lepidocrocitas, hematitas, goethita, gibbsitas e montmorilonitas.

TABELA 1. Composição mineralógica da argila de solos bem desenvolvidos da região amazônica brasileira.

Solo	Localização	Minerais < 2 μ	
		Dominante	Acessório
LA	Rio Branco - AC	caulinita	Gbb, Gt, Hm, Qz
LA	Boca do Acre - AM	caulinita	Gt, Qz, Gbb, Hm
LA	Mojú - PA	caulinita	Gt, Qz
LV	Brasília - AC	caulinita	2:1, Qz, Gt, Hm
LV	Uapés - AM	caulinita	Gbb, Gt, Qz, Fd
LV	Obidos - PA	caulinita	Gt, Hm, Qz
LR	Rio Fresco - PA	caulinita	Gbb, Gt, Hm, Qz, 2:1
PV	Rio Branco - AC	caulinita	2:1, Qz, Gt, Hm, Fd
PV	Uapés - AM	caulinita	2:1, Gbb, Gt, Hm, Qz, Fd
PV	Altamira - PA	caulinita	Gt, Gbb, Qz, Hm
TE	Cáceres - MT	caulinita, Ht	Gbb, 2:1, Qz, Fd
TE	Obidos - PA	metahalosita	Hm, Gt, Qz

Legenda: LA — Latossolo Amarelo
 IV — Latossolo Vermelho Amarelo
 LR — Latossolo Roxo
 PV — Podzólico Vermelho Amarelo
 TE — Terra Roxa Estruturada
 Gbb — Gibbsita; Gt - Goethita; Hm - Hematita;
 Qz — Quartzo; Fd - Feldspato; 2:1 - Mica; Montmorilonita e/ou Vermiculita aluminosa

TABELA 2. Composição mineralógica da argila de solos depositados e/ou sob condições de hidromorfismo.

Solo	Localização	Minerais < 2 μ	
		Dominante	Acessório
GPH	Sena Madureira - AC	mont/ver	caulinita, mica, Qz, Fd
GPH	S. Gabriel da Cachoeira - AM	caulinita	mont/ver, mica, Qz, Lp
GPH	CPATU - PA	mont/ver, caulinita	mica, Qz
LH	Marabá - PA	caulinita, mica	Qz, Hm
LH	Ponta de Pedras - PA	caulinita	mont/ver, mica, Qz, Gt, Hm
SA	Porto Velho - RO	caulinita	mica, Gbb, Gt, Qz
SA	Xingú - PA	caulinita	mica, montmorilonita, Qz, Gbb

Dentro deste enfoque, especial atenção foi dada a alguns solos do Estado do Acre (Möller & Kitagawa 1982), classificados pelo RADAMBRASIL como cambissolos (Brasil 1976). Estes solos, cuja gênese ainda não está bem estudada, têm um conjunto de características pouco comuns para a região: alta capacidade de troca de cátions (CTC), valores de cálcio trocável variando de 0,03 a 20 meq/100g, alumínio trocável desde 0,00 até 15 meq/100g e relação Ki, desde 1,54 até 3,55.

Análises qualitativas e semi-quantitativas, feitas nas suas frações coloidais inorgânicas, mostraram que o teor de minerais 2:1 é inversamente proporcional ao teor de "amorfo" inorgânicos (Tabela 3) que ocorre onde há dominância caulinitica. Assim, a alta CTC observada nesta classe de solo se deve uma vez aos filossilicatos 2:1 e outra ao material "amorfo inorgânico". Por outro lado, os elevados teores de cálcio ocorrem em solos, onde predominam os filossilicatos 2:1, o que por certo concorre para a estabilidade destes minerais, enquanto os maiores valores de alumínio trocável coincidem com as maiores concentrações de amorfo e deve ser reflexo deste material, o que não pôde ser, no entanto, confirmado devido ao método utilizado nas determinações, método preconizado por Kitagawa (1976 e 1977).

A área de abrangência dos fenômenos anteriormente citados pode ser grosseiramente avaliada pelas Figuras 1, 2 e 3. Deve-se no entanto, levar em consideração o alto nível de abstração destes mapas, que foram obtidos por Möller et al (1982), utilizando tão somente 71 amostras numa área de 179.200 km² (1 amostra/2.500 km²).

MINERAIS ARGILOSOS DE SOLOS BEM INTemperizados

Caulinitas

Uma das dificuldades encontradas nas análises mineralógicas semi-quantitativas de solos bem intemperizados tem sido a quantificação das caulinitas, sobretudo em

presença dos minerais 2:1 e/ou 2:2. Os outros maiores componentes, hematitas, goethitas e gibbsitas, são relativamente simples de serem estimados; os dois primeiros, pela combinação de método químico do citrato-ditionito-bicarbonato (Mehra & Jackson 1960) e as medidas das intensidades das difrações (110), como utilizaram Kitagawa & Möller (1979b). A gibbsita, com relação endométrica à temperatura não coincidente com os demais minerais presentes, também pode ser quantificada por análise térmica diferencial (ATD) e termogravimetria (TG), método descrito por Watanabe & Sugô (1975). Já no grupo das caulinitas, as reações endotérmicas e exotérmicas que ocorrem em temperaturas muito próximas aos demais filossilicatos, não permitem uma quantificação por ATD ou TG quando em mistura com eles. As análises químicas propostas por Alexiades & Jackson (1966) que foram ajustadas a minerais ideais, nem sempre são adequadas aos solos tropicais e as determinações por difratometria de raios-X acumulam erros agravados pela presença dos minerais 2:1 e/ou 2:2. Os erros da difratometria de raios-X, no entanto, podem ser minimizados pelo uso de curvas feitas com padrão de caulinita separada do solo (Brindley 1972) e de um padrão interno (Phillips & White 1950). A dificuldade desta proposição reside na separação do padrão do solo.

Na região, foi testada a separação da caulinita de um latossolo, onde haviam sido determinados previamente os teores de amorfo oxalato, óxidos de ferro e gibbsita e removidos os dois primeiros. Obteve-se então uma curva de calibração com alta correlação ($r > 0,99$) entre o teor de caulinita e a relação das áreas de difração de caulinita (7,09Å) e do padrão interno Na/F (2,30Å) (Möller & Klant 1982), como mostra a Fig. 4.

Um outro aspecto que tem merecido atenção é a estrutura das caulinitas, na medida em que ela é uma condicionante da reatividade físico-química do mineral. A desordem cristalina (sobreposição das camadas nos eixos x e y) se reflete no tama-

TABELA 3. Composição mineralógica da fração argila dos cambissolos.

Município	Perfil/ horizonte	Minerais da fração argila (%)						
		2:1	Mica	Cau.	Qz.	Fd	Qt	Amorfos
Tarauacá	Perfil 01							
	A ₁	87	2	3	3	-	-	5
	(B)	87	2	6	3	-	-	2
	C	91	tr.	3	3	-	-	3
Tarauacá	Perfil 13							
	A ₁	81	5	6	5	-	-	3
	(B)	86	tr.	6	3	-	-	5
	Cca	89	2	4	3	-	-	2
Tarauacá	Perfil 14							
	A ₁	79	7	6	5	tr.	-	3
	(B)	83	2	5	2	-	-	7
	C	87	1	5	2	-	-	6
Tarauacá	Perfil 03							
	A ₁	70	5	16	3	-	-	6
	(B)	55	7	30	3	-	-	5
	C	48	tr.	43	2	-	-	7
Tarauacá	Perfil 12							
	A ₁	53	10	15	7	-	-	12
	(B)	71	9	8	6	-	-	6
	C	81	tr.	9	2	-	-	8
Tarauacá	Perfil 16							
	A ₁	63	tr.	18	7	-	-	12
	(B)	66	8	13	5	-	-	8
	C	76	tr.	12	3	-	-	9
Boca do Acre	Perfil 31							
	A ₁	19	15	46	5	tr.	-	15
	B21	35	tr.	44	4	-	-	17
	B3	25	12	45	3	-	-	15
Lábria	Perfil 78							
	A	tr.	11	67	3	tr.	tr.	19
	(B)	9	10	56	2	tr.	tr.	23
	C	tr.	15	65	1	tr.	tr.	18

Legenda: Cau - caulinita; Qz - quartzo; Fd - feldspato; GT - goethita; tr. - traços.

nho das partículas deste grupo de filosilicatos, que tem, nas superfícies quebradas, sua principal fonte de reatividade.

Nos solos da região amazônica brasileira encontraram-se desde caulinitas bem

ordenadas até aquelas intermediárias entre caulinitas e haloisitas (Kitagawa & Möller 1980) e "fire clay" (Möller & Araki 1984). O grau de desordem destes minerais tem sido atribuído aos teores de óxido

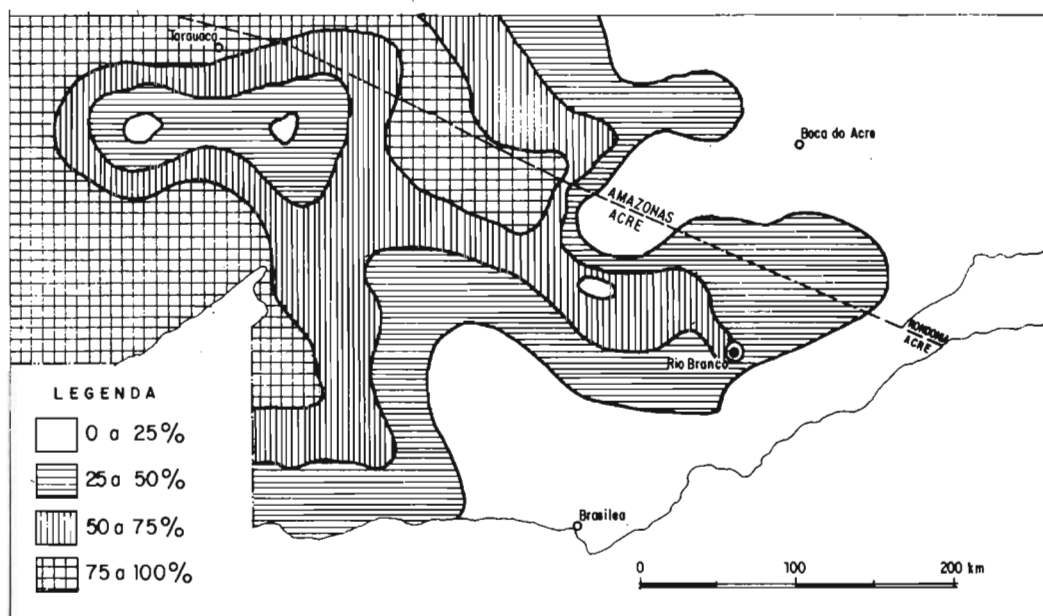


FIG. 1. Distribuição de minerais montmoriloníticos na fração argila do solo.

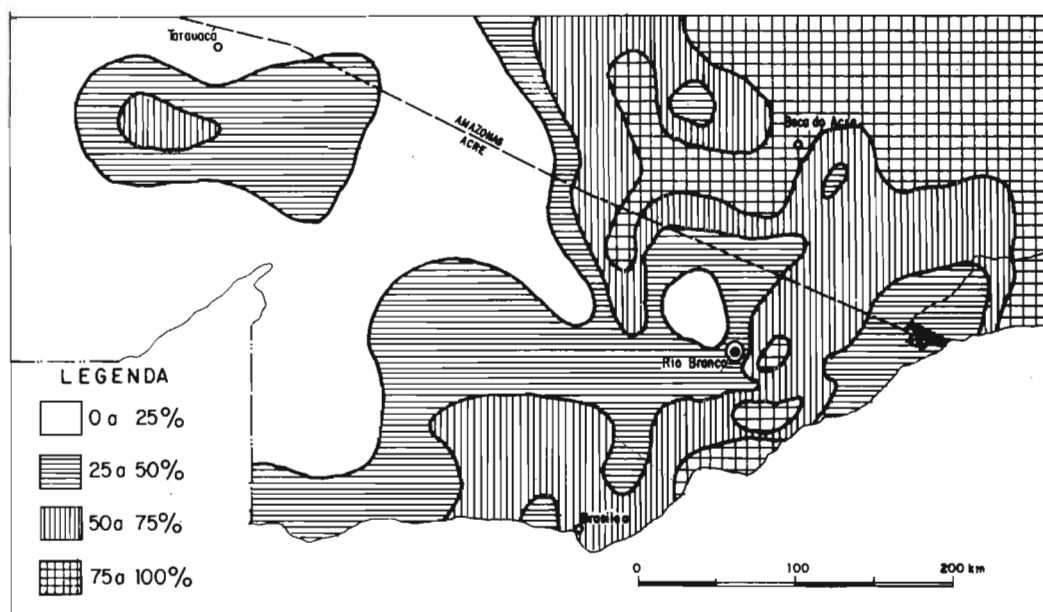


FIG. 2. Distribuição de minerais caulíníticos na fração argila do solo.

de ferro presentes nos solos (Kitagawa & Möller 1980), pois encontrou-se alta correlação entre o conteúdo de Fe_2O_3 e a altura das difrações 001. Esta difração, que se

torna cada vez mais alargada com o aumento de ferro, mostra bem esta relação pois, segundo Warren & Averbach (1950), seu alargamento reflete a desordem crist-

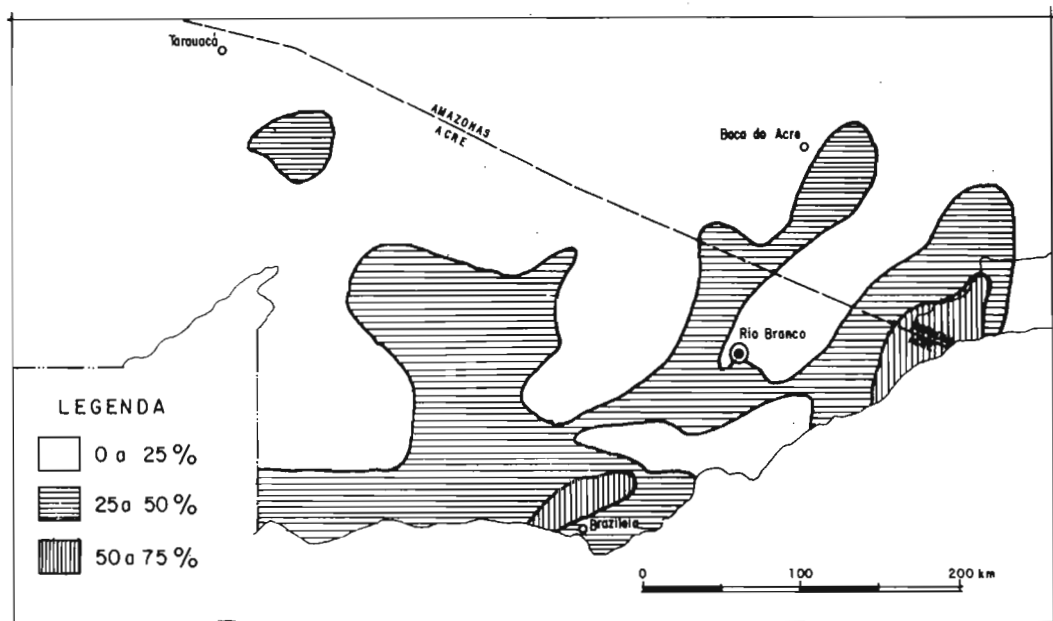


FIG. 3. Distribuição de minerais micas na fração argila do solo.

lina das caulinitas. O mesmo tipo de associação foi encontrada por Möller & Klant (1984), enquanto Möller & Araki (1984) encontraram caulinitas tipo "fire clay", a mais desordenada delas segundo Range et al. (1969), num Latossolo Amarelo coletado às proximidades de Manaus.

Óxidos

Hematitas, goethitas e gibbsitas têm sido os óxidos mais frequentes nos solos da região. As goethitas (α -Fe OOH) são relativamente abundantes nos Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho Amarelos e Podzólicos Vermelho Amarelos; as hematitas, nas Terras Roxas Estruturadas; Latossolos Vermelho Escuros e Latossolos Roxos e as gibbsitas em quase todas as classes de solos (Kitagawa & Möller 1979b e Möller & Klant 1984).

Como característica importante dos dois minerais de ferro, hematitas e goethitas, encontrou-se nos solos da região alta substituição isomórfica de ferro por alumínio (Kitagawa 1983 e Möller & Klant 1984), que se reflete no deslocamento das

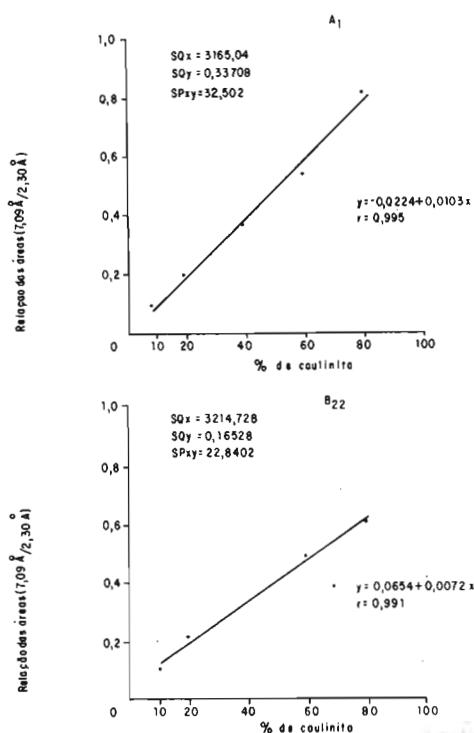


FIG. 4. Curvas de calibração da caulinita separada das argilas dos horizontes A₁ e B₂₂ do Latossolo Amarelo.

difrações (111) da goethita e (110) da hematita. A substituição isomórfica, segundo Norish & Taylor (1961), também ocasiona a diminuição dos tamanhos das partículas dos óxidos e uma maior estabilidade.

As gibbsitas da região têm sido encontradas como partículas retangulares ou hexagonais, supondo-se nelas substituições isomórficas de alumínio por ferro (Kitagawa 1980), sobretudo àquelas de solos com altos teores de Fe_2O_3 .

COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DOS ARGILO-MINERAIS DOS SOLOS DA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA

Os estudos feitos com os minerais coloidais dos solos só têm valor quando não se perde a visão global do solo. Esta fração granulométrica, com propriedades coloidais, permite entender melhor as propriedades físicas e químicas dos solos, para que se possa, em última análise, visar às culturas.

Na região, como nas demais partes do mundo, tem-se feito associações entre os minerais coloidais e as propriedades dos solos, sobretudo nos solos bem desenvolvidos. Assim, sabe-se que os óxidos de ferro presentes nos solos bem intemperizados, especificamente as hematitas, têm grande função na formação de micro agregados (Kitagawa & Möller 1979b), o que concorre para as boas condições físicas dos mesmos (porosidade, permeabilidade e retenção de água), permitindo desta forma a vigorosa respiração radicular. As goethitas, embora exerçam a mesma função, não são tão ativas como as hematitas. O conceito de que os óxidos de ferro promovem a agregação do solo é aceito unanimemente, mas o mecanismo pelo qual ocorre esta agregação ainda é controverso. Na região, algumas fotografias de microscopia eletrônica mostraram partículas de óxidos de ferro cimen-

tando partículas de caulinitas (Kitagawa 1983).

Se por um lado os óxidos de ferro (hematitas e goethitas) promovem as boas condições físicas dos solos, também concorrem para dificultar seu manejo no que diz respeito à nutrição das plantas. Os solos bem intemperizados, onde eles ocorrem em grandes quantidades, são solos com baixa CTC e poucas reservas de nutrientes, devido ao intenso intemperismo químico, como foi citado anteriormente, que condiciona a dominância caulinitica. Um outro fato bastante importante é a alta sorção de fósforo que eles apresentam. Misturas de hematitas e goethitas em diferentes proporções evidenciam que quando o teor de Fe_2O_3 é constante (concentração de óxidos de ferro em laboratório), a sorção de fósforo é dependente da área superficial específica dos minerais (Möller & Klant 1984). As altas correlações obtidas por Singh et al. (1983) entre a sorção do fósforo e os teores de Fe_2O_3 dos solos deve-se certamente às características e quantidades de hematitas e goethitas. As hematitas encontradas nos solos da Amazônia, com até 1/10 do tamanho citado na literatura (Kitagawa 1983), se formam a partir da ferrihidrita, onde há grandes concentrações de ferro. Já as goethitas se formam a partir dos íons em solução. Os solos mais vermelhos, de maneira geral, têm maior sorção de fósforo e são aqueles com maior teor de Fe_2O_3 , onde predominam hematitas.

Assim como os óxidos de ferro, as caulinitas apresentam diferentes reatividades frente ao fósforo. Aquelas mais bem ordenadas são muito menos reativas que as desordenadas (Möller & Klant 1984), isto se deve ao tamanho das partículas do mineral, pois as caulinitas a semelhança dos óxidos de ferro têm sua reatividade associada em grande parte às superfícies quebradas.

É interessante notar que todas estas diferenças se anulam quando se fazem experimentos de sorção de fósforo em altas doses (dados do autor, não publicados). Nessas condições, independente dos minerais

presentes, a sorção alcança níveis superiores a 90%, havendo neoformação de minerais. Sob o ponto de vista mineralógico, pode-se dizer que o fósforo (altas doses) tem o papel de um agente de intemperismo, que provoca a destruição parcial dos filosilicatos, com liberação de silício para a solução do solo. Esta situação provavelmente é o que ocorre nas microrregiões próximas aos grãos dos adubos fosfatados adicionados aos solos.

Apesar de todos estes estudos, não se pode dizer ainda que os óxidos de ferro sejam os maiores responsáveis pela sorção de fósforo, pois outras frações de argila reconhecidamente ativas como a gibbsita e o "amorfo" ainda não foram estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. EXIADES, C.A. & JACKSON, M.C. Quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS MINERALS 14., Berkeley, Calif., 1966. *Proceedings...* Oxford, Pergamon, 1966. p.35-52.
- ALWIS, K.A. & PLUTH, D.J. The red latosols of Sri Lanka. II Mineralogy and weathering. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 920-8, 1976.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC Rio Branco; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976. 464p. (Brasil. MME.DNPM. Levantamento de Recursos Naturais, 12).
- BRINDLEY, G.W. Quantitative analysis of clay mixtures. In: BROWN, G. ed. *The X-ray identification and crystal structure of clay minerals*. London, The Mineralogical Society, 1972. p.489-516.
- CARSTEA, D.D. Formation and stability of Al, Fe and Mg interlayers in montmorillonite and vermiculite. Oregon, Oregon State University, 1967. 117p. Tese Doutorado.
- CHIBA, M. The soils and agriculture in the Amazon region. *J. Soil Sci. Mamure.* 44: 283-8, 1973.
- IWASA, Y. Report on the Japan-Brazil technical cooperation for the study of soils and clay minerals in the Amazon region. Tóquio, JICA 1976. 177p.
- KITAGAWA, Y. Determination of allophane and amorphous inorganic matter in clay fraction of soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 22 (2): 137-47, 1976.
- KITAGAWA, Y. Determination of allophane and amorphous inorganic matter in clay fractions of soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 23(1):21-31, 1977.
- KITAGAWA, W. Gibbsite in two amazon soils. *Clay Science*, 5:277-81, 1980.
- KITAGAWA, W. Goethite and hematite in some soils from the amazon region. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29(2): 209-17, 1983.
- KITAGAWA, Y. & MÖLLER, M.R.F. Clay mineralogy of some typical soils in the Brazilian Amazon region. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 14(3): 201-28, 1979 (a).
- KITAGAWA, Y. & MÖLLER, M.R.F. Comparative clay mineralogy of the "terra roxa estruturada" soil in the amazon region. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 25(3):385-95, 1979(b).
- KITAGAWA, W. & MÖLLER, M.R.F. Kaolin minerals in the amazon soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 26(2):255-69, 1980.
- KITTRICK, J.A. Soils minerals in the Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O system and theory of their formation. *Clays and Clay-Miner.*, 17:157-67, 1969.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Miner.*, 7:317-27, 1960.
- MÖLLER, M.R.F. & ARAKI, S. Intercalação de caulinitas separadas de latossolos. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1984. No prelo.
- MÖLLER, M.R.F. & KITAGAWA, Y. Mineralogia de argilas em cambissolos do sudoeste da Amazônia brasileira. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1982. 19p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 34).
- MÖLLER, M.R.F.; KITAGAWA, Y. & COSTA, M.P. Distribuição aproximada de minerais argilosos na Folha SC-19-Rio Branco. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS

- DA QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 3º, Manaus, 1982. *Anais...* Belém, CRQ 6ª Região, 1982. p. 281-306.
- MÖLLER, M.R.F. & KLANT, E. **Quantificação de caulinita em latossolo por difração de raios-X.** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1982. 25p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 39).
- MÖLLER, M.R.F. & KLANT, E. **Sorção de fósforo por colóides inorgânicos extraídos de dois solos da Amazônia.** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1984. No Prelo.
- NORUSH, K. & TAYLOR, R.M. The Isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *J. Soil Sci.*, 12: 294-306, 1961.
- PHILLIPE, M.W. & WHITE, J.L. Quantitative estimation of minerals in the sand and silt fraction of soils with the Geiger-Counter X-ray spectrometer. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 16:138-41, 1950.
- RANGE, K.J.; RANGE, A. & WEISS, A. **Fire-clay type kaolinite or fire-clay mineral experimental classification of Kaolinite-halloysite minerals.** s.n.t. (Trabalho apresentado na Internacional Clay Conferences, 4., 1969).
- SINGH, R.; MÖLLER, M.R.F. & FERREIRA, W. de A. **Características da sorção de fósforo relacionadas com propriedades selecionadas de solos do trópico úmido da Amazônia.** *R. bras. Ci. Solo* 7:233-41, 1983.
- SOMBROEK, W.G. **Amazon soils.** Wageningen, Center Agr. Pub. Doc., 1966. p.76-95.
- TOWNSEND, F.C. & REED, L.W. Effects of amorphous constituents on some mineralogical and chemical properties of a panamanian latosol. *Clays and Clay Miner.*, 19:303-10, 1971.
- WARREN, B.E. & AVERBACH, B.I. The effect of cold work distribution on X-ray patterns. *J. Appl. Phys.*, 21:595-9, 1960.
- WATANABE, Y. & SUGÔ, S. **An application of simultaneous differential thermal analysis and thermogravimetry to quantitative estimation of kaolin minerals and gibbsite in soils.** 1. Toquio, National Institute of Agriculture Sciences, 1975. 5p.