

CARACTERIZAÇÃO DE GRUMUSSOLOS NO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL. II. MINERALOGIA E GÊNESE¹

WENCESLAU J. GOEDERT² e MARVIN T. BEATTY³

Sinopse

Análises mineralógicas quantitativas foram efetuadas em funções de silte e de argila das unidades de mapeamento Bagé e Aceguá, através do esquema de análises mineralógico-químicas de Alexiades e Jackson (1966) e da difração de raios-X.

Com base nestas análises, comprovou-se que a montmorilonita é o argilo-mineral predominante. Além deste, ocorrem grandes quantidades de minerais primários (feldspatos, quartzo e micas), que estão se intemperizando com diferentes intensidades nos diversos horizontes e solos. As transformações se processam segundo as seqüências comuns de intemperismo (Jackson 1964), com formação de argilas do tipo 2:1 e parte destas evoluindo para argilas em estado de intemperização mais avançado.

O solo Bagé é, mineralógica e morfológicamente, mais evoluído, ocorrendo em paisagem mais estável. A gênese de ambos os solos está intimamente relacionada à forma da paisagem, às condições climáticas e à mineralogia do material de origem.

INTRODUÇÃO

Os solos pretos formados sobre sedimentos no Sudoeste do Rio Grande do Sul apresentam propriedades físicas adversas ao cultivo (Goedert 1968). Essas propriedades estão relacionadas à composição mineralógica desses solos, especialmente ao tipo de argila.

O conhecimento da mineralogia é valioso para compreensão de outras propriedades e para a caracterização do solo, sendo também muito útil na avaliação da potencialidade natural de um solo.

Os objetivos fundamentais destas pesquisas são: a) determinar a composição mineralógica das diversas frações do solo, b) estabelecer as tendências da intemperização dos minerais, e c) relacionar a mineralogia, a morfologia e as demais propriedades para compreender os processos de gênese.

MATERIAL E MÉTODOS

As análises mineralógicas quantitativas foram realizadas apenas em dois pedons, correspondentes aos

solos Bagé e Aceguá. Segundo Goedert (1968), esses solos tem características gerais que representam muito bem duas fases de evolução dos solos pretos originados sobre sedimentos no Sudoeste do Rio Grande do Sul.

O solo Bagé se desenvolveu sobre argilitos e siltitos da formação geológica Palermo (grupo Tubarão) e já apresenta uma diferenciação entre horizontes bastante nítida, com seqüência A₁, B₂, B₃ e C.

O solo Aceguá ocorre sobre a formação do Rasto (grupo Passa-Dois) e apresenta pouca diferenciação ao longo do perfil, com uma seqüência A₁₁, A₁₂, A/C e C₁.

Análises mineralógicas, químicas e por difração de raios-X, foram efetuadas nos horizontes A₁, B₂ e Cca do solo Bagé e A₁₁, A₁₂, A/C e C₁ do solo Aceguá.

Após o pré-tratamento completo descrito por Kunze (1965), as amostras foram separadas em cinco frações: > 44 μ , 44 a 20 μ , 20 a 2 μ , 2 a 0,2 μ , < 0,2 μ , pelo processo de Jackson (1956).

O material amorfo foi determinado nas frações de argila pela análise de dissolução seletiva em NaOH 0,5 N (Alexiades & Jackson 1966). As amostras saturadas com potássio foram fervidas por 2,5 minutos em NaOH 0,5 N para dissolver o SiO₂ e o Al₂O₃ amorfos. A percentagem de material amorfo é baseada na quantidade de SiO₂ mais Al₂O₃ dissolvida pelo processo acima.

¹ Recebido 20 ago. 1969, aceito 10 jun. 1970.

Baseado em parte da tese do primeiro autor, apresentada como um dos requisitos ao grau de Magister Scientiae em Solos, Faculdade de Agronomia e Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1968.

² Eng.º Agrônomo, técnico de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul (IPEAS), Caixa Postal E, Pelotas.

³ Professor do Departamento de Solos do Convênio Universidade de Wisconsin - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A mesma análise de dissolução seletiva foi usada para determinar a percentagem de caulinita mais haloisita. Duas amostras saturadas com K, uma aquecida a 550°C e a outra 110°C, são fervidas em NaOH. As quantidades de SiO₂ e Al₂O₃ dissolvidas da amostra seca a 110°C são subtraídas daquelas dissolvidas da seca a 550°C, para obter o Δ SiO₂ e o Δ Al₂O₃, valores que servem de base para o cálculo do teor destes minerais, seguindo o método descrito em Alexiades e Jackson (1966).

O alumínio foi determinado pelo método do aluminon e o silício pelo método amarelo do molibdato (Jackson 1958).

Ainda segundo Alexiades e Jackson (1966), a determinação de vermiculita foi baseada na capacidade de troca de cátions medida com Ca deslocado por Mg e designada CTC (Ca/Mg). A mesma amostra, saturada com K, foi secada a 110°C para fixação do K; o potássio não fixado foi deslocado por NH₄, sendo designada CTC (K/NH₄).

A capacidade de troca é expressa em me/100g e o cálculo se baseia na equação de Alexiades e Jackson (1966):

$$\% \text{ vermiculita} = \frac{\text{CTC (Ca/Mg)} - \text{CTC (K/NH}_4\text{)}}{154} \times 100$$

A determinação de montmorilonita, baseada também na CTC, é feita pela equação:

$$\% \text{ montmorilonita} = \frac{\text{CTC (K/NH}_4\text{)} - (5 + 105 \text{ Amor})}{105} \times 100$$

Nesta equação, 5 representa a CTC superficial externa dos vários minerais e Amor é a percentagem de materiais amorfos tendo uma relação molar SiO₂/Al₂O₃ de 3 ou mais.

A determinação do quartzo e dos feldspatos foi baseada na fusão com pirossulfato de sódio (Kiely

& Jackson 1965) e a da mica na digestão com HF e HClO₄ (Pratt 1965).

Segundo Kiely e Jackson (1965), os feldspatos de Na, K e Ca foram calculados multiplicando o teor de cada elemento no resíduo da fusão por um fator de conversão apropriado ao tamanho da fração.

O teor de mica é baseado no conteúdo de K da amostra original após dedução do K — feldspato.

A percentagem de quartzo é calculada com base na quantidade do resíduo, descontando os feldspatos.

Através dos métodos químicos usados, encontraram-se certas dificuldades nas determinações de micas e de vermiculita. Acredita-se que esses minerais se confundem parcialmente, o que dificulta a sua separação. Talvez minerais interstratificados, intermediários, sejam responsáveis por estas dificuldades.

As frações de argila foram também estudadas através da difração de raios-X, com o objetivo de verificar os resultados das análises químicas. Amostras livres de Fe₂O₃ e materiais amorfos foram analisadas em lâminas orientadas, nos seguintes tratamentos: Mg glicolado, K 25°C, K 350°C e K 550°C (Whittig 1965). Foi usado um aparelho de difração de raios-X com registrador automático, anticátodo de cobre e filtro de níquel⁴.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises mineralógicas foram efetuadas apenas em duas frações de silte (44 a 20 μ e 20 a 2 μ) e em duas frações de argila (2 a 0,2 μ e < 0,2 μ). Isso foi motivado pelo fato de que essas frações constituem a quase totalidade da fração sólida dos solos estudados.

⁴ Esse aparelho pertence ao Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul e foi utilizado graças à gentileza do Dr. Milton L.L. Formoso.

QUADRO 1. Minerais presentes em frações de silte e de argila, do solo Bagé

Horiz. e prof. (cm)	Fração (μ)	Feldspatos (%)			Qr (%)	M (%)	Vm (%)	Mt (%)	K (%)	A (%)	Total (%)
		K	Na	Ca							
A ₁ (0-13)	44-20	9	22	4	60	4	—	—	—	—	99
	20-2	10	21	3	59	4	—	—	—	—	97
	2-0,2	1	6	0	47	17	4	10	6	6	97
	< 0,2	—	—	—	—	—	17	57	10	13	97
B ₂ (13-42)	44-20	9	24	5	58	4	—	—	—	—	100
	20-2	9	22	3	50	8	—	5	—	—	97
	2-0,2	2	7	0	48	16	4	13	5	4	99
	< 0,2	—	—	—	—	—	20	53	11	13	97
Cca (50-63)	44-20	9	29	6	45	9	—	—	—	—	98
	20-2	9	22	2	48	9	5	6	—	—	101
	2-0,2	3	9	0	12	13	22	38	2	3	102
	< 0,2	—	—	—	—	—	29	64	4	6	103

Solo Bagé

A composição mineralógica dos horizontes A₁, B₂ e Cca, do solo Bagé é apresentada no Quadro 1 e na Fig. 1.

As frações de silte são ricas em feldspatos, principalmente sódicos. Observando a variação do teor de feldspatos com a profundidade, constata-se que os sódicos e cálcicos se intemperizam mais que os potássicos, por serem estes mais resistentes ao intemperismo. De um modo geral, os feldspatos estão sendo mais intemperizados nas camadas superficiais (Fig. 1).

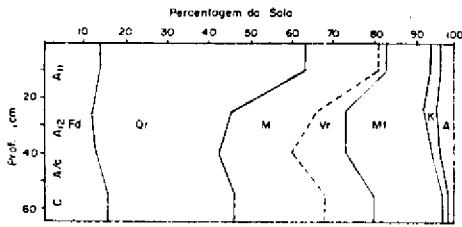


FIG. 1. Composição mineralógica do solo Bagé.

A fração argila grossa apresenta muito quartzo nos horizontes A₁ e B₂, enquanto que no horizonte Cca o teor deste mineral é baixo. Considerando-se que este horizonte representa a rocha matriz, conclui-se ser esta pobre em quartzo. A relativa alta quantidade deste mineral, nos horizontes superficiais, é resultado da lixiviação dos mesmos, permanecendo o quartzo acumulado como resíduo (Fig. 1 e 2).

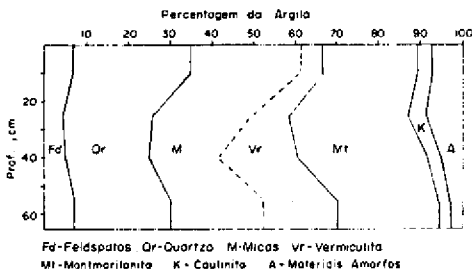


FIG. 2. Composição mineralógica da fração argila do solo Bagé.

O teor de mica na fração argila grossa é relativamente alto. Comparando o teor deste mineral nas frações mais grossas dos vários horizontes, vê-se que, na superfície, a mica já foi parcialmente intemperizada.

Os minerais de argila estão concentrados na fração < 0,2 μ , predominando a montmorilonita e a vermiculita. Nos horizontes superficiais, parte destas já se transformou em argilas do tipo 1:1 e materiais amorfos.

Tendo em vista que são usadas abreviações dos minerais nos Quadros e nas Fig. faz-se necessária uma legenda:

Minerais	Abreviações
Biotita	Bt
Feldspatos	Fd
Quartzo	Qr
Micas ou illitas com picos a 10 Å	M 10 Å
Vermiculita	Vr
Montmorilonita	Mt
Caulinita - haloisita	K
Materiais amorfos	A
Hematita - goetita	Hm
Anatásio	An

Na Fig. 2 é apresentada a composição mineralógica da fração argila. A montmorilonita é a predominante, ocupando em torno de 50% desta fração. A vermiculita também é abundante. Estas duas argilas aumentam de teor com a profundidade, enquanto que os minerais provenientes de sua intemperização diminuem. Este fato nos leva a concluir que a caulinita, haloisita e os materiais amorfos presentes neste solo são de origem pedogenética. Nota-se ainda na Fig. 2 a presença de uma quantidade média de minerais primários na fração argila. Na camada mais próxima do material de origem (Cca), há uma predominância total de montmorilonita, levando a acreditar ser este material essencialmente montmorilonítico. Isto está de acordo com o que é citado por Formoso e Figueiredo F.^o (1966) para a formação Palermo.

A mineralogia do solo Bagé, expressa na Fig. 1, mostra nitidamente a diferenciação entre seus horizontes, como resultado da intemperização e da eluição. O horizonte A tem acúmulo de quartzo residual e possui maior quantidade de caulinita e materiais amorfos, produtos da intemperização dos outros minerais de argila.

No horizonte Cca houve pouca intemperização de vermiculita e da montmorilonita, razão por que tal horizonte apresenta maior quantidade destes minerais. O horizonte B₂, conseqüentemente, está em grau intermediário de intemperização.

Os resultados de análise por difração de raios-X (Figs. 3, 4 e 5) confirmam os dados obtidos por métodos químicos. Isto vem demonstrar a validade dos processos propostos por Alexiades e Jackson (1966), já que a difração de raios-X é um método de comprovada eficiência.

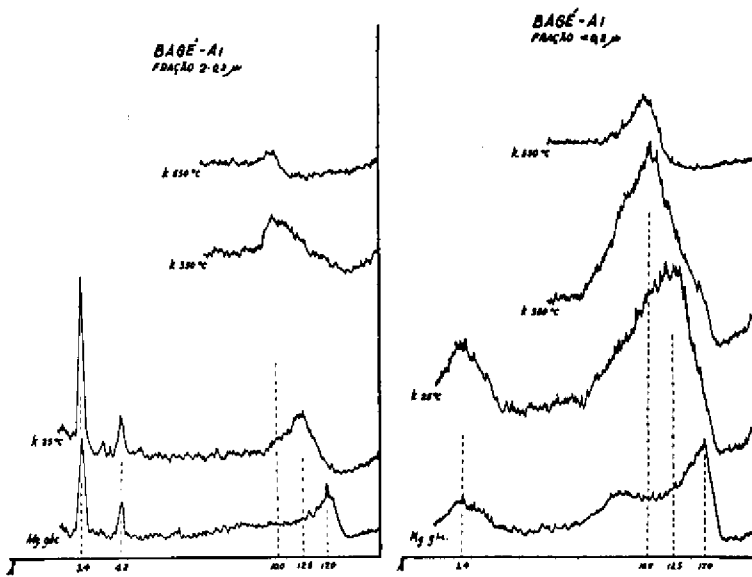


FIG. 3. Difratogramas de raios-X das frações de argila do horizonte A₁, do solo Bagé.

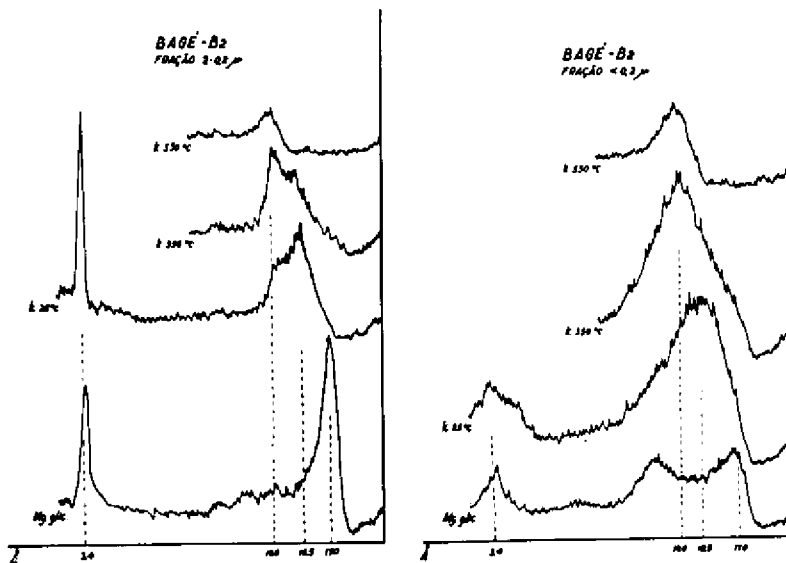


FIG. 4. Difratogramas de raios-X das frações de argila do horizonte B₂, do solo Bagé.

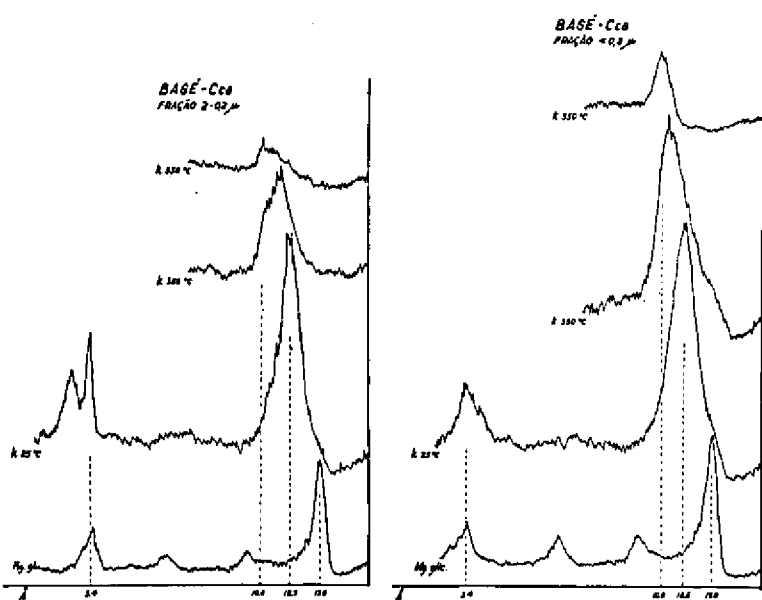


FIG. 5. Difratomogramas de raios-X das frações de argila do horizonte Cca, do Solo Bagé.

Os difratogramas indicam que há uma diferenciação entre os horizontes quanto à estruturação dos minerais. Enquanto no horizonte Cca os picos são bem nítidos, evidenciando boa cristalização da montmorilonita, no horizonte A₁ os mesmos picos são pouco límpidos e com bandas pronunciadas (picos a 12,5 Å na amostra K 25°C e a 17 Å na amostra Mg glicolada). A presença de bandas é consequência de má estruturação e também da ocorrência de argilas interestratificadas. Isto está relacionado com a transformação dos minerais (Jackson 1964). Além da cristalização, os diagramas mostram o aspecto quantitativo, já que os picos são maiores na fração < 0,2µ e, dentro da mesma fração, são maiores no horizonte Cca. No horizonte B₂, tendo em vista que o pico a 17 Å na amostra < 0,2µ, Mg glicolada, saíria fora dos limites do diagrama, foi usada uma escala menor, o que explica a aparente exceção. Assim, na argila fina predomina montmorilonita e na argila grossa aparece também o quartzo (pico a 3,4 Å), confirmando os dados obtidos pelas análises químicas (Quadro 1).

Considerando todos os dados obtidos para o solo Bagé, pode-se, de uma maneira geral e resumida, afirmar os seguintes fatos relacionados à sua gênese:

- o horizonte A é o mais rico em quartzo, por ser o mais lixiviado;
- os teores de feldspatos e de mica aumentam com a profundidade;

c) na fração argila fina há predominância de montmorilonita, secundada por vermiculita;

d) no horizonte A₁, parte destas argilas já se transformou; o aumento de cristalização com a profundidade comprova este fato;

e) a mineralogia deste solo está estreitamente relacionada à composição da rocha matriz, mas a tendência da intemperização está ligada aos fatores ambientais atuais;

f) já existe uma diferenciação bastante evidente entre os horizontes;

g) as transformações mineralógicas evidentemente estão estreitamente relacionadas à morfologia e às propriedades físicas, tais como: menor expansão, estrutura granular, ausência de fendas do horizonte A.

Solo Aceguá

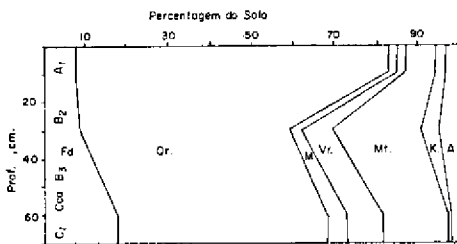
A composição mineralógica do solo Aceguá é apresentada no Quadro 2 e na Fig. 6. Este solo é muito mais rico em minerais primários que o solo Bagé; estes minerais predominam inclusive na fração argila grossa.

Apesar de haver um pequeno decréscimo do teor de quartzo com a profundidade (Fig. 6), o horizonte C também é rico neste mineral.

O teor de feldspatos é alto, principalmente na fração argila grossa. Também aqui se verifica a maior intemperização dos feldspatos sódicos e cálcicos, em relação aos potássicos. Contudo, nesse solo, não há uma transformação diferencial muito evidente entre os horizontes (Fig. 6).

QUADRO 2. *Minerais presentes em frações de silte e de argila, do solo Aceguá*

Horiz. e Prof.	Fração	Feldspatos (%)			Qr	M	Vm	Mt	K	A	Total
		K	Na	Ca							
(cm)	(μ)				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
A ₁₁ (0-20)	44-20	10	16	1	68	4	—	—	—	—	99
	20-2	8	18	1	57	14	—	—	—	—	98
	2-0,2	4	10	0	49	32	0	1	1	5	102
	<0,2	—	—	—	5	23	9	44	6	11	98
A ₁₂ (20-43)	44-20	9	18	2	62	9	—	—	—	—	100
	20-2	8	18	1	56	21	—	—	—	—	104
	2-0,2	3	10	0	49	32	2	3	1	4	104
	<0,2	—	—	—	7	23	13	40	6	9	98
A/C (43-50)	44-20	10	20	3	54	9	—	—	—	—	96
	20-2	8	18	1	45	23	—	7	—	—	102
	2-0,2	1	8	0	41	32	3	11	2	4	102
	<0,2	—	—	—	—	—	39	52	6	6	103
C ₁ (50-62)	44-20	10	23	4	49	12	—	—	—	—	98
	20-2	9	19	1	38	23	4	6	—	—	100
	2-0,2	2	8	0	38	34	6	12	1	2	103
	<0,2	—	—	—	—	—	40	48	7	5	100

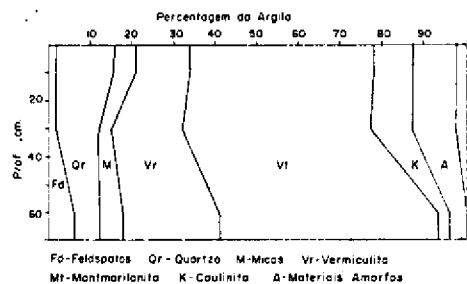
FIG. 6. *Composição mineralógica do solo Aceguá.*

O solo Aceguá se distingue pelo seu alto teor em micas. Segundo Pinto (1966), a rocha matriz deste solo é rica em materiais micáceos. Apenas na fração silte verifica-se uma maior intemperização das micas dos horizontes superficiais, em relação aos mais profundos.

Em vista da alta quantidade de mica e de seus produtos de intemperização, principalmente vermiculita, houve dificuldade em separar, quantitativamente, estes minerais. Esta dificuldade é inerente ao processo de análise usado para determinar a vermiculita, o qual se baseia na fixação de potássio nas entrecamadas. Segundo Jackson (1964), muitos pesquisadores consideram que existem minerais em toda a escala de expansão reticular, desde o totalmente expansivo até o não expansivo. Assim, não se pode afirmar que a mica (determinada por fusão) não tenha algum poder para fixar potássio. Com base nessas idéias não foi feita a separação definitiva

destes dois minerais (Fig. 6 e 7); por outro lado, isto não tem grande importância para os estudos de gênese desse solo.

Pela Fig. 7 e Quadro 2, nota-se que a montmorilonita é a argila predominante. Contudo, neste solo, há menos montmorilonita que no solo Bagé, porém, maior quantidade de minerais primários e de vermiculita.

FIG. 7. *Composição mineralógica da fração argila do solo Aceguá.*

Nos horizontes superficiais, embora com pouca intensidade, há uma transformação de vermiculita e de montmorilonita em argilas 1:1 e em materiais amorfo. Por outro lado, parece ter havido um fracionamento de partículas, resultando no quase desaparecimento da montmorilonita na fração silte fino e argila grossa.

Os resultados das análises por difração de raios-X são apresentados nas Fig. 8, 9 e 10. Analisando estes

diagramas, em conjunto, sobressaem dois aspectos interessantes:

a) a grande diferença de composição das duas frações de argila; e

b) o aparecimento constante de picos a 10 Å na fração argila grossa e, no horizonte A₁₁, inclusive na fração argila fina.

O pico a 10 Å na amostra K 25°C representa o mineral mica ou illita (Whittig 1965). A freqüente ocorrência deste pico confirma os resultados das análises mineralógico-químicas do solo Aceguá.

As análises pelos raios-X mostram ainda grandes picos a 3,4 Å (quartzo) nas amostras de argila grossa, estando de conformidade com a alta percentagem (40 a 50) de quartzo na argila grossa (Quadro 2).

A cristalização da montmorilonita, nos horizontes superficiais deste solo, não é boa. Da mesma maneira que no solo Bagé, os diagramas apresentam bandas, evidenciando a presença de minerais interestratificados.

A análise mineralógico-química é mais efetiva na determinação quantitativa da montmorilonita en-

quanto que a difração dos raios-X é mais útil no estudo da cristalização desses minerais.

Do conjunto de dados obtidos para o solo Aceguá, sobressaem os seguintes fatos gerais:

a) há uma predominância absoluta de minerais primários no solo;

b) no horizonte A ocorre um pequeno acúmulo de quartzo;

c) o alto teor de mica, inclusive na fração argila, deve-se à riqueza deste mineral na rocha matriz;

d) na fração argila predominam a montmorilonita e a vermiculita;

e) a intemperização destes últimos minerais de argila não é muito pronunciada, aparecendo apenas pequena quantidade de argilas 1:1 e de materiais amorfos;

f) não há grande diferenciação mineralógica entre os diversos horizontes (Fig. 7).

Seqüência de intemperismo

Durante a gênese do solo, a partir das rochas, há uma constante transformação dos minerais. Estas transformações, geralmente, são ordenadas segundo equações mais ou menos conhecidas. A avaliação do estado de intemperização de um solo pode ser feita por vários sistemas, dos quais dois serão aqui discutidos.

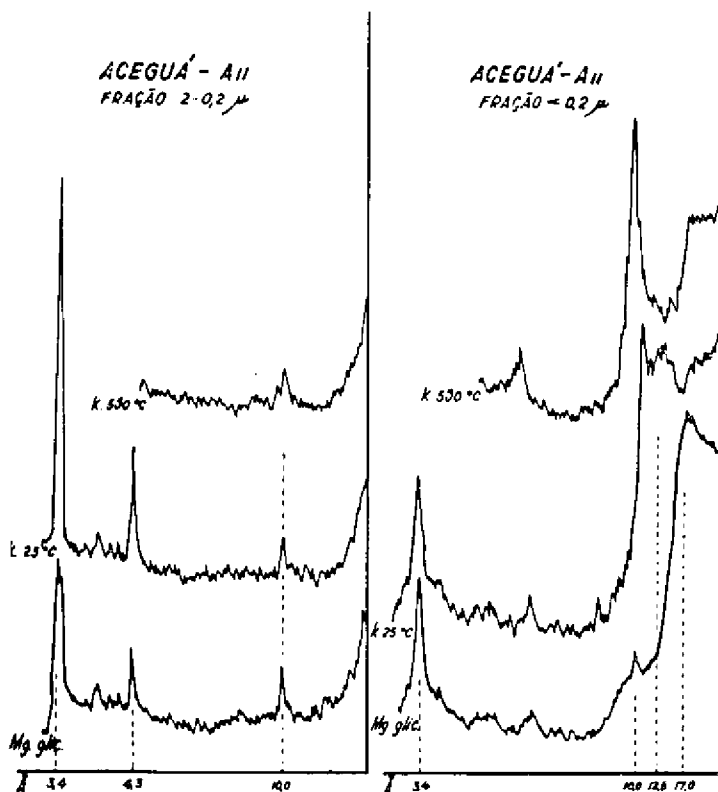


FIG. 8. Difratogramas de raios-X das frações de argila do horizonte A₁₁, do solo Aceguá.

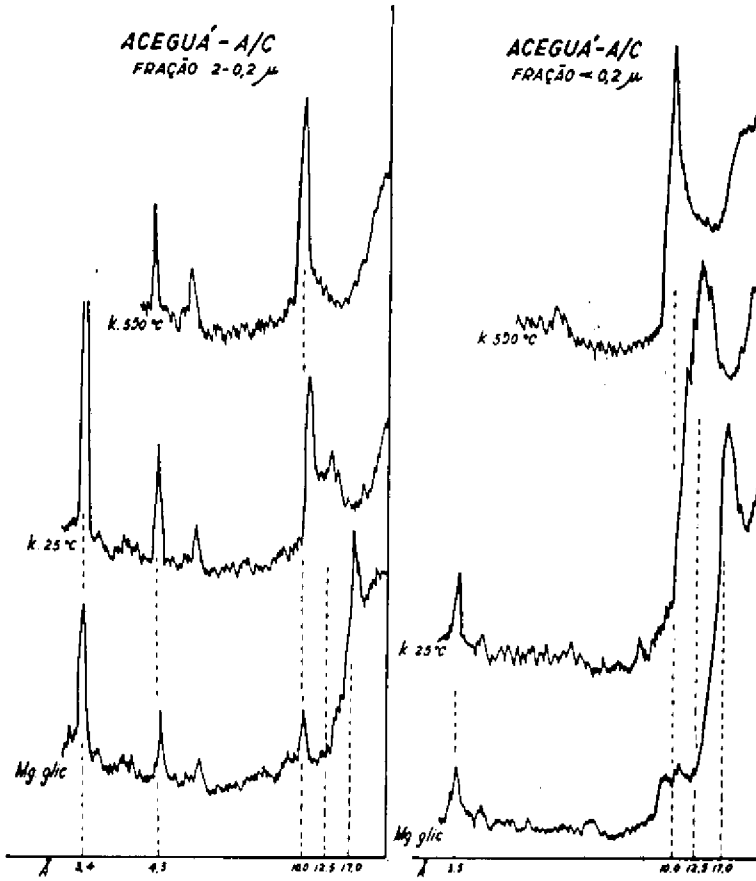
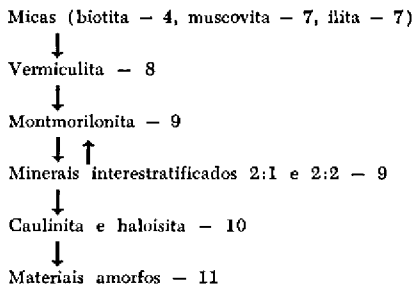


FIG. 9. Difratogramas de raios-X das frações de argila do horizonte A/C, do solo Aceguá.

Usando parte da seqüência de intemperização citada em Jackson (1964), temos:



Os números a seguir dos nomes dos minerais representam os índices ou etapas de intemperismo, como citado por Jackson (1964).

Em virtude das condições ácidas, que se desenvolvem nesses solos, a vermiculita e a montmorilonita se transformam lentamente em argilas do tipo 1:1 e em materiais amorfos.

Pela discussão feita anteriormente sobre a mineralogia dos dois solos, vê-se que a intemperização do solo Bagé se enquadra perfeitamente na seqüência acima citada. Entretanto, o solo Aceguá apresenta uma anomalia no que tange à transformação de mica em vermiculita.

Confrontando os dados de mineralogia dos dois solos com as etapas de intemperismo, pode-se visualizar a situação genética comparativa desses solos. A Fig. 11 mostra os minerais representativos de cada etapa, minerais estes que compõem a fração argila.

O solo Bagé apresenta uma curva normal, mostrando pequena quantidade de minerais nas etapas cinco, seis e sete, porém, com a maior área nas etapas oito a dez, especialmente na nove, representada pela montmorilonita. Assim, a etapa nove expressa o estágio de intemperismo deste solo.

O solo Aceguá, por sua vez, não apresenta uma curva normal, já que existe concentração em dois

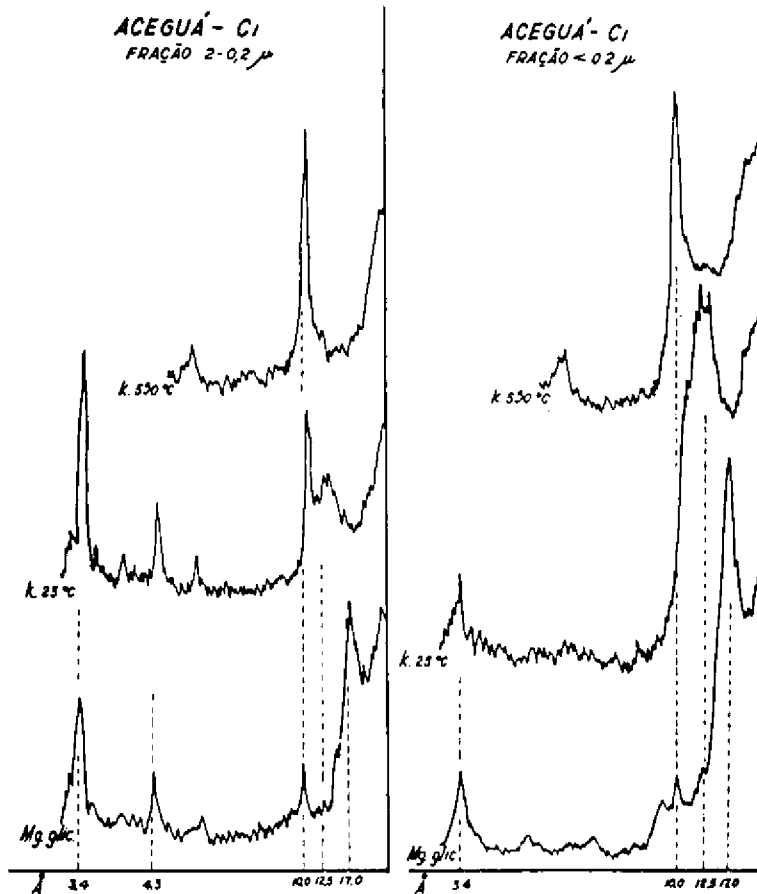


FIG. 10. Difratomogramas de raios-X das frações de argila do horizonte C₁ do solo Aceguá.

pontos, ou seja, entre as etapas cinco a sete e oito a dez. Ainda através desta curva (Fig. 11), observa-se um estrangulamento na etapa oito (vermiculita), o qual evidencia a anomalia antes referida. Não se pode, por isto, definir exatamente a etapa de intemperismo em que se encontra este solo.

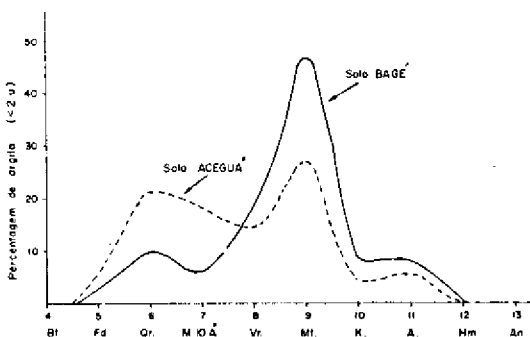


FIG. 11. Curvas de distribuição da frequência das argilas nos vários estágios de intemperismo.

Comparando as curvas, vê-se que no solo Aceguá há mais minerais primários e no solo Bagé mais secundários. Daí conclui-se que o solo Bagé é mais evoluído, estando os dois solos separados por, mais ou menos, uma etapa de intemperismo.

Brewer (1964) avalia o estado de intemperização de um solo comparando a mineralogia da rocha matriz com a do solo. Calcula-se o índice de intemperização do material primitivo (m_p) e do solo (m_s) através da fórmula (Brewer 1964):

$$m_s = \frac{E(pS)}{E_p}$$

em que E = somatório, p = percentagem de mineral, e S = estágio de intemperismo do respectivo mineral segundo a escala de Jackson e Sherman (1953).

O estado de intemperização do solo é dado por um índice m_s , calculado assim:

$$m_s = m_{pS} - m_p$$

Com base nos dados das análises mineralógicas foram calculados os índices m_s para os solos Bagé e Aceguá, sendo que para o cálculo de m_s usaram-se os dados dos horizontes A e para m_p os do horizonte C.

O solo Bagé apresenta um $m_s = 0,3$ e o solo Aceguá $m_s = 0,1$. Portanto, comparativamente, o solo Bagé é três vezes mais intemperizado.

Nota-se, assim, que ambos os sistemas levam às mesmas conclusões.

Apesar de estarem em estágios diferentes de intemperismo, esses dois solos são bastante jovens quando comparados à maioria dos solos brasileiros. Segundo Moniz e Jackson (1967), as Terras Roxas e o Latossolo Vermelho apresentam, como minerais dominantes, gibbsite, caulinita e materiais amorfos, estando estes solos, portanto, entre as etapas 10 e 12. Segundo o esquema de Brewer (1964), o Latossolo Vermelho-amarelo apresenta um m_s de 2,9 e as Terras Roxas 1,5, o que evidencia as afirmações acima.

Gênese

A gênese dos solos Bagé e Aceguá está estreitamente ligada a vários fatores, tais como: clima, estabilidade de paisagem, material primitivo, transformações mineralógicas, morfologia e acúmulo de matéria orgânica.

A paisagem do solo Bagé é mais estável que a do Aceguá evidenciando que é geneticamente mais evoluído.

Segundo Goedert (1968), o solo Bagé apresenta morfologia mais desenvolvida, inclusive com maior diferenciação de horizontes.

A cor preta destes solos está ligada ao clima e à sua mineralogia. A matéria orgânica, em forma coloidal, é translocada para os horizontes inferiores onde permanece retida aos colóides minerais, que possuem alta capacidade de troca (Dudal 1965).

Os solos estudados, especialmente o solo Bagé, estão mais evoluídos quando comparados aos Grumussolos típicos de outras áreas do mundo. Assim, por exemplo, segundo Dudal (1965), o pH dos Grumussolos ou Vertissolos está em torno de 7,0 na superfície e de 8,0 na subsuperfície. O pH da superfície dos solos Bagé e Aceguá é inferior a 6,0 (Goedert 1968). Há também grande diferença no pH entre os horizontes superficiais e o horizonte C, indicando a lixiviação daqueles.

Nessas condições climáticas há uma tendência de desorganização estrutural dos silicatos em camadas,

fato que resulta na menor expansão e contração e no menor movimento da massa do solo. Todos esses fenômenos propiciam condições favoráveis à lixiviação do horizonte A. Isso é mais evidente para o solo Bagé.

CONCLUSÕES

Através das análises mineralógicas quantitativas pode-se concluir que:

- 1) os solos contêm bastante quantidade de minerais primários, especialmente o Aceguá, nas frações finas;
- 2) na fração argila predomina a montmorilonita, secundada pela vermiculita;
- 3) parte destes minerais de argila já se transformaram em argilas 1:1 e em materiais amorfos; estas transformações são mais evidentes nos horizontes A e no solo Bagé.

Juntando os dados mineralógicos com os aspectos de gênese, pode-se concluir:

- 1) as camadas superficiais, especialmente no solo Bagé, já sofreram eluviação dos materiais mais finos; como consequência, houve um relativo acúmulo de quartzo residual; a maior lixiviação está refletida no pH, que se situa em torno de 5,5 nos horizontes A;
- 2) a intemperização dos minerais verifica-se pela redução das quantidades de feldspatos e de micas, pela transformação de montmorilonita em uma forma menos cristalizada e pela formação de caulinita, haloisita e materiais amorfos; em termos gerais, a seqüência de intemperismo dos silicatos em camadas é: mica → vermiculita → montmorilonita → minerais interestratificados → caulinita + haloisita → materiais amorfos;
- 3) o solo Bagé se encontra na etapa de intemperismo nove (montmorilonita) e o solo Aceguá não se situa em uma etapa definida, estando entre as etapas seis e nove (quartzo e montmorilonita);
- 4) o solo Bagé é mais evoluído que o Aceguá, fato muito bem espelhado pela forma da paisagem nas regiões em que eles ocorrem;
- 5) a gênese dos solos estudados está intimamente relacionada à constituição da rocha matriz, porém, sob influência das condições climáticas atuais.

REFERÊNCIAS

- Alexiades, C.A. & Jackson, M.L. 1966. Quantitative clay mineralogical analysis of soil and sediments. XIV Conf. Clays and Clay Minerals. Pergamon Press, New York. 62 p.
- Brewer, R. 1964. Fabric and mineral analysis of soils. 1st ed. Wiley, New York. 238 p.
- Dudal, R. 1965. Dark clay soils of tropical regions. F.A.O., Roma. 114 p.
- Formoso, M.L.L. & Figueiredo F.º, P.M. 1966. Estudo sedimentológico do grupo Guatá. Publ. esp. n.º 12, Esc. Geol. Univ. fed. Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 19 p.
- Goedert, W.J. 1968. Gênese de solos pretos e argilosos formados sobre sedimentos no sudoeste do Rio Grande do Sul. Tese, Fac. Agron. Vet. Univ. fed. Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 94 p.
- Jackson, M.L. & Sherman, G.D. 1953. Chemical weathering of minerals in soils. Adv. Agron. 5:219-318.
- Jackson, M.L. 1956. Soil chemical analysis. Advanced course. Publ. by the authors, Madison, Wis. 894 p.

- Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York. 498 p.
- Jackson, M.L. 1964. Chemical composition of soil, p. 71-134. In Bear, F.E. (ed.) Chemistry of the soil. 2nd ed. Reinhold Publ., New York.
- Kiely, P.V. & Jackson, M.L. 1965. Quartz, feldspar and mica determination for soils by sodium pyrosulfate fusion. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 29(2):159-163.
- Krishna Murti, G.S., Volk, V.V. & Jackson, M.L. 1966. Colorimetric determination of iron of mixed valency by ortho phenanthroline. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 30:663-664.
- Kunze, G.W. 1965. Pretreatment for mineralogical analysis, p. 568-577. In Black, C.A. et al., Methods of soil analysis. Agronomy n.º 9, Am. Soc. Agron., Madison, Wis.
- Moniz, A.C. & Jackson, M.L. 1967. Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soil derived from basic rocks and slate. Wis. Soil Sci. Report 212. 89 p.
- Pinto, I.D. 1966. Geology of the State of Rio Grande do Sul, Brasil (Synopsis). Publ. esp. n.º 11, Esc. Geol. Univ. fed. Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 21 p.
- Pratt, P.F. 1965. Digestion with hydrofluoric and perchloric acids for total potassium and sodium, p. 1019-1021. In Black, C.A. et al., Methods of soil analysis. Agronomy n.º 9, Am. Soc. Agron., Madison, Wis.
- Whittig, L.D. 1965. X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition, p. 671-696. In Black, C.A. et al., Methods of soil analysis. Agronomy n.º 9, Am. Soc. Agron., Madison, Wis.

CHARACTERIZATION OF GRUMUSOLS IN SOUTHWESTERN RIO GRANDE DO SUL. II. MINERALOGICAL AND GENESIS

Abstract

Quantitative mineralogical analyses were made on the soil and clay fractions of each of the map units, Bagé and Aceguá according to the mineralogical analyses as outlined by Alexiades and Jackson (1966) and by X-Ray diffraction.

The analyses confirmed that montmorillonite is the predominant clay mineral. In addition, large quantities of primary minerals (feldspars, quartz and micas) occur that are in the process of being weathered with different intersites in diverse horizons and soils. The transformations proceed following the common sequences of weathering (Jackson 1964) with formation of 2:1 type clays and parts of these evolving into clays in a more advanced state of weathering.

The Bagé soil is mineralogically and morphologically more developed, occurring in a more stable landscape. The genesis of both soils is closely related to the landscape form, climatic conditions and to the mineralogy of the parent material.