

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo

Vol. 25

Campinas, maio de 1966

N.º 2

MINERALOGIA DOS SOLOS DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL "THEODURETO DE CAMARGO", EM CAMPINAS (1)

ADOLPHO J. MELFI, *geólogo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico*, VICENTE A. V. GIRARDI, *geólogo do Departamento de Mineralogia e Petrologia da F.F.C.L. da U.S.P.*, e ANTÔNIO C. MONIZ, *geólogo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico* (2)

SINOPSE

São estudadas mineralologicamente séries monotípicas da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", município de Campinas.

Ocorre na área um *sill* de diabásio Mesozóico, intrusivo em rochas sedimentares carboníferas de origem glacial; os solos aí existentes provêm, então, ora de um ou outro tipo de rocha, ora da mistura de ambos.

A série Chapadão originou-se de diabásio, sendo classificada como latossol roxo, vulgarmente denominado terra-roxa-legítima. A série Taquaral, também proveniente da mesma rocha, sofreu, entretanto, grande contribuição de sedimentos de origem glacial, evidenciada pela presença de zircão monazita, sillimanita, turmalina, rutilo, granada, estauroлита e cianita.

As séries Venda Grande, Barão e Monjolinho derivaram-se de sedimentos arenosos, siltosos e argilosos de origem glacial. A série Pomar, cuja origem se deve também a rochas sedimentares carboníferas siltosas e argilosas, recebeu contribuição mineralógica proveniente do intemperismo do diabásio.

1 — INTRODUÇÃO

A finalidade dos estudos mineralógicos dos solos é contribuir para o conhecimento de sua gênese. Neste estudo procurou-se filiar os solos às rochas existentes na região. Tentou-se, além disso, avaliar a reserva potencial dos nutrientes do solo, de grande importância no que diz respeito à fertilidade.

(1) Trabalho apresentado no II Congresso Latino-Americano e X Congresso Brasileiro de Solos, realizados em Piracicaba de 19 a 30 de julho de 1965. Recebido para publicação a 15 de julho de 1965.

(2) Os autores agradecem ao Eng.º Agr.º Elliot W. Kitajima pelas micrografias electrónicas que auxiliaram o esclarecimento de problemas relacionados com os argilo-minerais, e ao Eng.º Agr.º José Pereira Queiroz Neto pelas sugestões apresentadas.

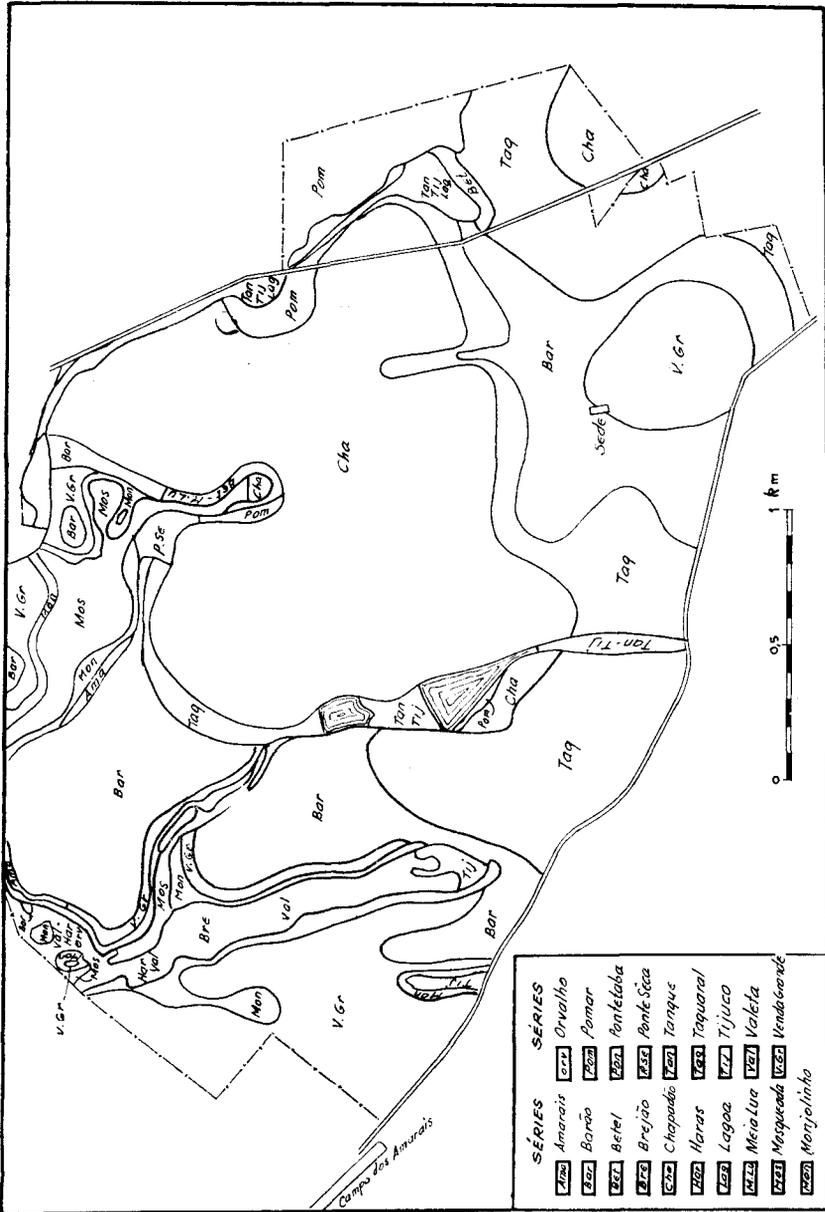


FIGURA 1. — Mapa de distribuição dos solos da Estação Experimental "Theodoretto de Camargo" (A. Küpper e F. Grohmann — 1962).

As séries estudadas ocupam 90% da área total da estação, apresentando a seguinte distribuição: Chapadão, 29,9%; Barão, 22,3%; Taquaral, 18,9%; Venda Grande, 12,3%; Monjolinho, 3,8%; e Pomar, 3,0% (figura 1).

Por apresentarem pequena extensão geográfica, as séries Betel, Ponte Sêca, Meia Lua e Amarais, juntamente com as agrupadas sob o nome de Complexo, não foram examinadas em detalhe.

A Estação Experimental "Theodoreto de Camargo" situa-se a 47°04' W.G. e 22°52' S. e localiza-se na vertente NW do mais alto espigão da cidade de Campinas. Sua altitude varia de 721 a 601 m, e ocupa área de 767 hectares. A média pluviométrica anual é de 1.364 mm, e a temperatura média anual de 20,5°C. Em grande parte coberta por experiências de campo, apresenta apenas resquícios da vegetação original, floresta tropical sempre verde.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos mineralógicos qualitativos foram efetuados em todos os perfis coletados no campo. Tendo sido verificada identidade mineralógica nos pertencentes às mesmas séries, analisou-se quantitativamente um único perfil, típico e representativo de cada uma, que em profundidade estivesse o mais perto possível da rocha original.

As amostras utilizadas, 30 g de solo (terra fina sêca ao ar) para cada horizonte, foram tratadas com HCl (1:4) para extração de ferro. Quando necessário, retirou-se a matéria orgânica por intermédio de H₂O₂. O material limpo, lavado e sêco, foi tratado em seguida com NaOH a 0,01 N e agitado na bateadeira durante 10 minutos.

Usando-se peneiras, separou-se a fração 2 — 0,2 mm; o material mais fino foi levado aos cilindros de decantação, retirando-se, aí, a fração argila (menor que 0,002 mm), analisada posteriormente através da difração pelos raios X. O que restou nos cilindros de decantação (grãos compreendidos entre 0,2 — 0,002 mm) foi sêco e passado no jôgo de peneiras, isolando-se a fração 0,125 — 0,053 mm, que foi a escolhida por representar o tamanho granulométrico médio das rochas formadoras do solo aí existente. Além disso, esta fração apresenta várias vantagens, tais como: grande quantidade de pesados, tamanho de minerais que permite fácil observação ao microscópio, e pode ser fãcilmente obtida por peneiramento (2).

Nas frações 2 — 0,2 mm e 0,125 — 0,053 mm efetuou-se a separação dos minerais pesados por meio de bromofórmio, de densidade igual a 2,87. Na primeira, o método clãssico, empregando o funil separador, apresentou resultados satisfatórios; porém

na obtenção dos resíduos leve e pesado dos minerais compreendidos entre 0,125 — 0,053 mm, a operação tornou-se demasiado lenta e os resultados imprecisos. Assim, para acelerar o processo, o material foi centrifugado, utilizando-se 1.000 r.p.m., durante 10 minutos.

O resíduo pesado, importantíssimo para o estudo genético do solo (5), foi analisado através de lâminas sedimentológicas, usando-se hyrax para a montagem, cujo índice de refração (1,68) é de grande valia na identificação. As lâminas da fração leve, cujo estudo permite angariar valiosas informações sobre a reserva fertilizante potencial do solo, foram preparadas com bálsamo do Canadá, com índice igual a 1,54.

Para o exame quantitativo, contaram-se, em média, 500 grãos do material leve e 500 do pesado para cada horizonte na fração 0,125 — 0,053 mm. Na 2 — 0,2 mm, em virtude da menor quantidade de minerais existentes, foram computados cerca de 200 grãos leves e 200 pesados para cada horizonte.

A fração argila (menor que 0,002 mm) foi examinada por difração dos raios X, com um difratômetro Norelco. Os principais espaçamentos interplanares utilizados na identificação dos diversos componentes mineralógicos foram: 7,2 angstroms para os argilo-minerais do grupo da caulinita, 4,85 para a gibbsita, 2,69 — 2,71 e 2,51 — 2,52 angstroms para a hematita. Na preparação de amostras provenientes de rochas básicas para a análise por difração aos raios X, usou-se a técnica de orientação preferencial, a fim de realçar a intensidade do espaçamento basal do argilo-mineral. Micrografias electrônicas completaram o estudo realizado pelos raios X, elucidando questões relacionadas à morfologia das argilas.

Estudou-se petrograficamente o diabásio por meio de lâminas delgadas. As rochas sedimentares areno-silto-argilosas não foram analisadas nos locais dos perfis, pois não foram encontrados afloramentos na Estação, e nenhum perfil de solo glacial alcançou a rocha. Em decorrência desse fato, os autores aproveitaram dados coligidos em outros afloramentos do município de Campinas.

3 — ESTUDO MINERALÓGICO DAS SÉRIES

Geologicamente, a Estação Experimental "Theodoreto de Camargo" caracteriza-se pela presença de um *sill* de diabásio intrusivo em formações carboníferas. Os minerais formadores do diabásio são essencialmente plagioclásios (labradorita) e piroxênios (augita e pigeonita). Subordinadamente, ocorrem opacos (magnetita, ilmenita e magneto-ilmenita), olivina, quartzo, feldspato potássico e apatita.

Êsses minerais apresentam comportamentos diversos sob a ação do intemperismo. Olivinas, piroxênios e plagioclásios são facilmente alteráveis; os dois primeiros não são encontrados no solo, e o

último ocorre muito raramente. Gibbsita e caulinita, além de existirem no resíduo argiloso, aparecem pseudomòrficamente sôbre os plagioclásios nas frações 2 — 0,2 mm e 0,125 — 0,053 mm, evidenciando a transformação sofrida pelo feldspato. Êsses produtos de intemperismo, juntamente com o quartzo, que sofre concentração residual, constituem a fração leve. Os pesados dos solos derivados de diabásio são representados pelos opacos, que, resistentes à meteorização, aparecem em grande quantidade, chegando a igualar e até ultrapassar a dos leves.

Os sedimentos glaciais existentes na região são de natureza areno-silto-argilosa. Como já explicado acima, não foi possível proceder a análises locais detalhadas, porém os dados existentes mostram que, de maneira geral, à semelhança da maioria das rochas sedimentares, os minerais pesados não ultrapassam 2% do total, sendo, nas amostras estudadas, constituídos predominantemente de opacos, além de outros, tais como sillimanita, monazita, zircão, anatásio, rutilo, turmalina, estaurolita, cianita e epidoto. O resíduo leve é formado principalmente por quartzo, aparecendo opala e feldspato em pequena quantidade.

Sendo todos êsses minerais, com exceção dos feldspatos, muito resistentes ao intemperismo, deduz-se que em solos derivados de sedimentos carboníferos deve haver nítida predominância da fração leve.

3.1 — SERIE CHAPADÃO

3.1.1 — GENERALIDADES

Dentro da área estudada, a série Chapadão é a que possui maior representação geográfica, abrangendo 29,9% da superfície total (8). Ocorre em área contínua na região centro-leste da Estação e aparece em posição topográfica de alto de platô (figura 1). A topografia geral é levemente ondulada, com declividade de 0 a 3°. A cobertura vegetal primitiva era mata; entretanto, atualmente é constituída de culturas de feijão e de milho.

Foram coletados diversos perfis, que receberam os numeros 866, 867, 868, 869 e 870. O perfil 866 foi selecionado para análises detalhadas, examinando-se as camadas *b*, *d*, *g*, e *k*, correspondentes aos horizontes A₃, B₂₂, C e CDr.

3.1.2 — GRANULOMETRIA

O estudo granulométrico do perfil 866, realizado na Seção de Agrogeologia, apresentou os resultados descritos no quadro 1.

O exame dêste quadro permite observar a predominância da textura argilosa. Na camada *k*, em decorrência da presença de rocha alterada, a textura é fino-areno-barrenta.

QUADRO 1. — Análise granulométrica dos perfis 866 (Chapadão), 863 (Barão), 856 (Venda Grande), 858 (Monjolinho), 876 (Pomar) e 864 (Taquaral)

Ca- ma- da	Horizonte	Profun- didade em cm	Na terra fina sêca ao ar				Classe textural
			Areia grossa	Areia fina	Limo	Argila	
PERFIL 866							
			%	%	%	%	
a	Alp	0-13	18,5	20,5	28,5	32,5	L. Arg.
b	A ₃	13-43	16,0	19,1	14,6	50,3	Arg.
c	B ₂₁	43-70	14,0	18,6	14,7	52,7	Arg.
d	B ₂₂	70-105	15,5	20,5	25,5	38,5	B.
e	B ₃ /c	105-180	13,0	20,1	21,4	45,5	Arg.
f	C	180-230	15,5	21,5	23,0	40,0	Arg.
g	C	230-280	13,0	21,5	20,0	45,5	Arg.
h	C	280-330	16,0	21,7	20,8	41,5	Arg.
i	C	330-380	13,0	31,9	19,6	35,5	F. A. Arg.
j	C	380-405	10,0	31,7	18,1	40,2	Arg.
k	CDr	405-430	16,0	43,0	19,2	21,8	F. A. B.
PERFIL 863							
a	Alp	0-6	43,0	29,6	5,6	21,8	AB.
b	A ₂₁	6-30	33,0	33,0	4,7	29,3	B.
c	A ₃₂	30-48	39,0	27,6	4,4	29,0	B.
d	B ₂₁	48-87	37,0	27,5	5,5	30,0	B.
e	B ₂₂	87-132	33,0	26,0	2,3	33,7	B.
f	B ₃ /c	132-180	30,0	30,7	5,3	34,0	B.
g	C	180-205	33,0	28,4	4,4	34,2	B.
h	C	205-225	23,0	53,2	4,2	39,6	B.
i	C	225-260	27,0	29,5	6,4	37,1	B.
j	C	260-300	27,0	32,0	6,1	34,9	B.
k	C	300-350	31,0	33,0	8,0	28,0	B.
l	C	350-400	21,5	40,1	12,4	26,0	F. A. B.
m	C	400-440	26,0	36,5	10,0	27,5	B.
n	C	440-465	27,0	38,9	12,1	22,0	F. A. B.
o	C	465-500	27,0	38,5	13,5	31,0	F. A. B.
PERFIL 856							
a	Alp	0-11	43,0	24,0	5,5	27,5	B.
b	A ₃	11-37	35,0	24,0	4,6	36,0	B.
c	B ₁	37-62	29,0	31,5	4,5	35,0	B.
d	B ₃	62-125	33,0	20,0	9,5	37,5	B.
e	C	125-180	29,0	25,9	1,6	43,5	Arg.
f	C	180-220	33,0	24,5	6,5	36,0	B.
g	C	220-260	29,0	26,1	3,1	41,3	Arg.
h	C	260-300	26,0	26,6	6,2	41,2	Arg.
i	C	300-340	30,0	28,0	8,5	33,5	B.
j	C	340-435	30,0	36,0	8,9	24,5	A. B.
k	C	435-445	24,0	41,7	9,8	24,5	F. A. B.
l	C	445-500	24,0	44,5	10,0	21,5	F. A. B.

Quadro 1 — (continuação)

Ca- ma- da	Horizonte	Profun- didade em cm	Na terra fina seca ao ar				Classe textural
			Areia grossa	Areia fina	Limo	Argila	
PERFIL 858			%	%	%	%	
a	Alp	0-27	37,0	20,5	7,3	35,2	B.
b	A ₁	27-25	40,0	18,0	6,5	35,5	B.
c	B ₂₁	55-98	41,0	21,6	3,2	34,2	B.
d	B ₂₂	98-130	34,0	23,5	4,5	38,0	B.
e	B	130-175	30,0	23,6	3,4	43,0	Arg.
f	C _{1r} ?	175-195	22,0	21,0	7,5	49,5	Arg.
g	C	195-215	26,0	26,5	5,0	42,5	Arg.
h	C	225-280	56,0	26,7	2,3	15,0	AB.
i	C	295-300	49,0	16,9	10,6	23,5	AB.
j	C	305-325	22,5	14,2	17,6	45,7	Arg.
k	C	325-345	23,5	24,0	10,7	41,8	Arg.
l	C	345-380	30,0	17,5	8,6	43,9	Arg.
m	C	380-387	15,5	15,0	9,0	60,5	Arg.
n	C	387-420	34,5	15,6	6,4	43,5	Arg.
o	C	420-425	26,0	22,0	8,5	43,5	Arg.
p	C	425-429	52,0	34,4	7,6	6,0	A.
q	CDr	429-445	51,0	29,5	8,0	11,5	A.
r	CDr	445- ?	43,0	22,5	11,0	23,5	AB.
PERFIL 876							
a	A ₁	0-15	23,0	24,0	17,5	35,5	B.
b	A ₃	15-36	20,5	20,1	8,1	51,3	Arg.
c	B ₂₁	36-77	16,5	21,1	7,6	54,8	Arg.
d	B ₂₂	77-121	22,0	20,1	8,7	49,2	Arg.
e	B ₁ /c	121-157	19,0	23,5	12,0	45,5	Arg.
f	C	157-180	21,0	24,6	13,4	41,0	Arg.
g	C	180-230	18,0	26,0	13,5	42,5	Arg.
h	C	230-280	16,5	28,5	17,0	38,0	B.
i	C	280-330	15,0	28,4	19,6	37,0	B.
j	C	330-380	17,0	32,9	19,6	30,5	F. A. Arg.
k	C	380-430	14,0	39,7	14,1	32,2	F. A. Arg.
l	C	430-500	15,0	36,0	18,2	30,8	F. A. Arg.
PERFIL 864							
a	A ₁₃	0-13	36,0	21,0	10,5	32,5	B.
b	A ₃	13-38	30,0	23,4	8,6	38,0	B.
c	B ₂₁	38-73	30,5	20,5	4,8	44,2	Arg.
d	B ₂₂	73-115	31,0	22,0	13,5	33,5	B.
e	B ₁ /c	115-180	28,0	21,1	18,6	32,3	B.
f	C	180-230	29,0	20,6	20,2	30,2	B.
g	C	230-280	29,0	19,5	17,5	34,0	B.
h	C	280-330	27,0	22,6	15,4	35,0	B.
i	C	330-380	26,0	28,0	16,0	30,0	B.
j	C	380-430	25,0	31,5	16,5	27,0	B.
k	CDr	430-500	24,0	32,2	18,8	25,0	F. A. B.
l	Dr	500-510	25,0	42,4	19,6	13,0	F. A. B.

QUADRO 2. — Porcentagem dos resíduos leve e pesado nas frações 2-0,2 mm e 0,125 — 0,053 mm, nos diferentes horizontes dos perfis 866 (Chapadão), 863 (Barão), 856 (Venda Grande), 858 (Monjolinho), 876 (Pomar) e 864 (Taquaral)

Horizontes	Fração 2 — 0,2 mm		Fração 0,125 — 0,053 mm	
	Leve	Pesado	Leve	Pesado
PERFIL 866				
	%	%	%	%
A ₃	48,0	52,0	47,7	52,3
B ₂₂	47,3	52,7	55,0	45,0
C	51,5	48,5	52,8	42,2
CDr	26,2	73,8	85,8	14,2
PERFIL 863				
A ₃₁	99,2	0,8	94,8	5,2
B ₂₂	99,4	0,6	93,2	6,8
C	99,5	0,5	94,2	5,8
PERFIL 856				
A ₃	99,7	0,3	96,4	3,6
B ₂	99,8	0,2	97,4	2,6
C	99,8	0,2	96,9	3,1
C	99,2	0,8	96,6	3,4
PERFIL 858				
A ₃	99,9	0,1	95,5	4,5
B ₂₂	99,9	0,1	95,8	4,2
B _{1r}	99,9	0,1	97,3	2,7
C	99,8	0,2	94,7	5,3
CDr	99,8	0,2	94,0	6,0
PERFIL 876				
A ₃	97,2	2,8	83,8	16,2
B ₂₂	97,6	2,4	85,4	14,6
C	97,5	2,5	86,0	14,0
C	96,7	3,3	89,4	10,6
PERFIL 864				
A	94,7	5,3	85,4	14,6
B	96,4	3,6	88,2	11,8
C	96,2	3,8	89,4	10,6
CDr	61,1	38,9	83,6	16,4

3.1.3 — MINERALOGIA

Observa-se, tanto na fração 2 — 0,2 mm quanto na 0,125 — 0,053 mm, grande quantidade de minerais pesados. Tal fato é, como vimos anteriormente, forte indício de solos derivados de diabásio, hipótese confirmada pelo estudo qualitativo e quantitativo mineralógico dos diversos horizontes.

Na camada *k*, correspondente ao horizonte CDr, nota-se, na fração 2 — 0,2 mm, forte predominância de pesados, invertendo-se a situação nos minerais de granulação entre 0,125 — 0,053 mm, onde prevalece o resíduo leve. O fenômeno pode ser explicado da seguinte forma: a mineralogia do horizonte CDr, onde aparece rocha alterada, é a que mais se assemelha à da rocha fresca. Assim, os minerais opacos, que na rocha original pertencem normalmente à fração 2 — 0,2 mm, sofrendo, no horizonte CDr, pouco intemperismo e, conseqüentemente, diminuto desgaste, continuam aí concentrados. Os feldspatos, que existem na rocha em grande quantidade, são facilmente alteráveis e decompuseram-se totalmente, seus produtos de meteorização reuniram-se em intervalos granulométricos mais finos, causando o grande número de leves encontrados na fração 0,125 — 0,053 mm.

Fração 2 — 0,2 mm — Os opacos magnetita, ilmenita e magneto-ilmenita foram os únicos minerais encontrados no resíduo pesado, e foram computados conjuntamente devido à dificuldade de estabelecer a identidade de cada um ao microscópio com luz transmitida. Técnicas especiais permitiriam diferenciá-los, não sendo usadas no presente trabalho em decorrência de sua morosidade e de não haver interesse nessa separação.

A fração leve é formada em sua totalidade por quartzo, proveniente de concentração residual, quando da alteração do diabásio (quadro 3). A ausência de feldspatos, ou de seus produtos de intemperismo, deve-se à fácil decomposição desse mineral, que se acumula em frações mais finas (2).

Fração 0,125 — 0,053 mm — O resíduo pesado também apresentou quase exclusivamente opacos, aparecendo alguns minerais de contribuição de rochas carboníferas, mas em quantidade tão ínfima que não chegou a emprestar ao solo Chapadão características de terra-roxa-misturada (quadro 3).

O material leve constituiu-se predominantemente de quartzo, nos três primeiros horizontes. No CDr, porém, em virtude da influência da rocha original, prevalece largamente a gibbsita. Esta, identificada através dos raios X, aparece pseudomórfica sobre o feldspato.

Fração argila (menor que 0,002 mm) — O exame com difração pelos raios X revelou a presença, em todos os horizontes, de argilominerais do grupo da caulinita e hematita, surgindo a gibbsita em menor quantidade (figura 3-I).

QUADRO 3. — Composição mineralógica dos resíduos leves e pesados das frac Grande), 858 (Monjolinho

Horizontes	Fração 2 — 0,2 mm								Leve		
	Leve		Pesado						Leve		
	Quartzo	Gibbsita	Opacos	Zircão	Sillimanita	Turmalina	Monazita	Anatásio	Quartzo	Gibbsita	Opala
PERFL 866	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A ₃	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	98,6	1,4	T
B ₂	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	92,1	7,9	T
C	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	92,5	7,5	T
CDr	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	13,0	87,0	T
PERFIL 863											
A ₃₁	100,0	—	95,0	2,0	1,0	1,0	1,0	—	100,0	—	T
B ₂₂	100,0	—	96,0	1,0	1,0	2,0	—	—	100,0	—	T
C	100,0	—	95,0	2,0	1,0	1,0	1,0	—	100,0	—	T
PERFIL 856											
A ₃	100,0	—	94,0	3,0	1,0	1,0	1,0	—	100,0	—	T
B ₂	100,0	—	95,0	3,0	—	1,0	1,0	—	100,0	—	T
C	100,0	—	93,0	3,0	1,0	2,0	1,0	—	100,0	—	T
C	100,0	—	93,0	4,0	1,0	1,0	1,0	—	100,0	—	T
PERFIL 858											
A ₃	100,0	—	94,9	2,0	1,0	2,0	1,0	—	94,9	—	4,
B ₂	100,0	—	95,0	2,0	—	3,0	Tr.	Tr.	89,0	—	10,
Bir	100,0	—	93,0	3,0	1,5	2,0	0,5	—	91,3	—	8,
C	100,0	—	94,5	2,0	0,5	Tr.	2,0	—	96,0	—	3,
CDr	100,0	—	95,0	2,0	1,0	2,0	Tr.	—	99,2	—	T
PERFIL 876											
A ₃	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	96,1	—	T
B ₂	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	71,4	—	T
C	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	83,4	—	T
C	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	45,0	—	T
PERFIL 864											
A	99,0	1,0	100,0	—	—	—	—	—	98,0	1,0	1,
B	92,1	7,9	100,0	—	—	—	—	—	97,5	1,0	1,
C	98,5	1,5	100,0	—	—	—	—	—	69,5	30,5	—
CDr	26,6	73,4	100,0	—	—	—	—	—	23,1	76,9	—

2 e 0,125 — 0,053 mm dos perfis 866 (Chapadão), 863 (Barão), 853 (Venda ar) e 864 (Taquaral)

Fração 0,125 — 0,053 mm

		Pesado										
Felds. Alterado	Caulinita	Opacos	Zircão	Sillimanita	Turmalina	Monazita	Estauroilita	Granada	Cianita	Epidoto	Rutilo	Anatásio
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
—	—	100,0	Tr.	—	—	—	—	Tr.	—	—	—	—
—	—	100,0	—	Tr.	—	—	—	Tr.	—	—	—	—
—	—	100,0	—	—	Tr.	Tr.	—	—	—	—	—	—
—	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	93,4	3,0	1,2	1,1	1,2	—	—	—	—	Tr.	—
—	—	96,0	1,9	0,8	Tr.	0,7	Tr.	—	—	—	Tr.	—
—	—	97,2	1,8	Tr.	Tr.	Tr.	—	—	—	—	Tr.	—
—	—	95,3	1,4	1,2	1,2	0,7	—	Tr.	Tr.	—	—	—
—	—	94,7	2,5	0,7	1,0	0,7	—	—	—	—	Tr.	—
—	—	94,6	1,6	1,6	0,7	0,9	—	Tr.	—	—	—	0,7
—	—	94,1	4,5	Tr.	Tr.	Tr.	—	—	—	—	—	0,6
Tr.	—	90,9	2,9	2,9	1,2	2,1	—	Tr.	—	—	—	—
0,7	—	92,9	1,3	1,3	0,9	3,1	—	Tr.	—	—	—	—
Tr.	—	96,3	0,5	1,7	0,7	0,8	—	—	—	—	Tr.	—
0,8	—	95,4	1,9	—	—	1,9	—	—	—	—	Tr.	—
0,6	—	94,7	1,3	1,4	1,1	1,5	—	—	—	—	—	—
—	3,8	97,5	1,0	Tr.	Tr.	1,5	—	Tr.	—	—	—	—
—	28,4	98,5	Tr.	Tr.	1,0	0,5	—	—	—	—	—	—
—	16,5	97,0	1,0	Tr.	Tr.	2,0	—	Tr.	—	—	—	—
—	55,0	98,5	Tr.	Tr.	0,5	1,0	—	—	—	—	—	—
—	—	85,2	5,3	4,0	1,3	5,3	—	—	—	0,6	—	Tr.
—	—	87,9	6,0	1,0	0,8	4,0	—	—	—	Tr.	—	Tr.
—	—	88,5	6,2	1,1	0,5	2,7	—	—	—	0,7	—	Tr.
—	—	95,3	1,7	0,9	Tr.	0,9	—	—	—	Tr.	—	Tr.

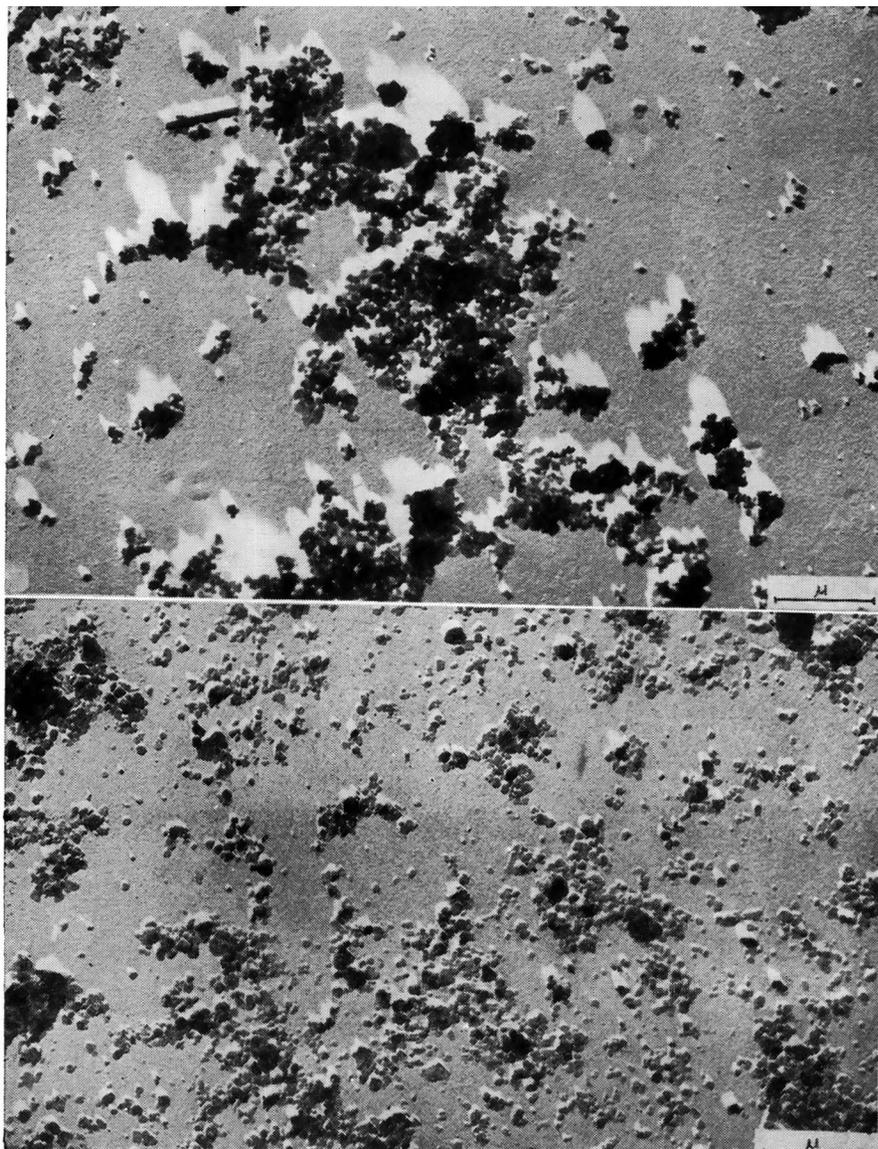


FIGURA 2. — Micrografia da fração argila. *Em cima* — horizonte CDr da série Chapadão, mostrando partículas finamente divididas com perfil irregular. Observa-se um tubo provavelmente de halloysita. *Em baixo* — horizonte A₃ da série Monjolinho, evidenciando partículas finamente divididas na sua maioria com perfil irregular; observam-se algumas partículas com perfil hexagonal da caulinita.

Por meio de microscopia eletrônica foram analisados os horizontes A₃ e CDr, notando-se a presença de uma partícula de forma tubular, provavelmente halloysita (figura 2). Nestes, assim como em todos os perfis das outras séries estudadas, evidenciaram-se dois fenômenos comuns: tôdas as partículas argilosas, salvo raras exceções, são constituídas por placas de perfil irregular finamente divididas; o argilo-mineral possui má cristalinidade, fato decorrente, provavelmente, da pequena dimensão das partículas.

Discussão — A análise mineralógica quantitativa, que evidenciou grande quantidade de pesados, e a qualitativa, que não mostrou senão leves traços, de importância desprezível, da contribuição sedimentar glacial, confirmou a classificação da série Chapadão como latossolo roxo, totalmente originada de diabásio. A presença de hematita na fração argila reforça essa origem, pois tal mineral só foi encontrado em resíduos argilosos de solos cuja procedência está, pelo menos em parte, ligada a esta rocha.

3.2 — SÉRIE BARÃO

3.2.1 — GENERALIDADES

A série Barão representa 22,3% dos solos existentes na estação experimental. Sua ocorrência é representada por seis manchas: uma na região SE, duas na parte NW e três pequenas na parte N (figura 1). O relêvo apresenta-se levemente ondulado, com declividade variando entre 0 a 3°. A drenagem, tanto externa como interna, é boa, e a erosão não é visível; a cobertura vegetal, outrora pasto, é atualmente constituída de “barda de bode”, capim gordura e demais padrões típicos de solos glaciais.

Diversos perfis foram coletados, sendo estudados os de números 861, 862 e 863. Para exame mineralógico detalhado, qualitativo e quantitativo, escolheu-se o de número 863, analisando-se as camadas *b*, *e* e *k*, correspondentes aos horizontes A₂₁, B₂₂ e C.

3.2.2 — GRANULOMETRIA

Os dados referentes ao perfil 863 são apresentados no quadro 1.

Nota-se predominância da textura barrenta, com exceção da camada superficial areno-barrenta e das mais próximas à rocha matriz, que são fino-areno-barrentas, correspondentes à textura original da rocha.

3.2.3 — MINERALOGIA

Observa-se em todos os horizontes acentuado predomínio do resíduo leve sôbre o pesado, tanto na fração de 2 — 0,2 mm, quanto na 0,125 — 0,053 mm (quadro 2).

Fração 2 — 0,2 mm — Entre os pesados verifica-se, além dos opacos, a presença de minerais típicos dos sedimentos carboníferos, tais como zircão, sillimanita, monazita e turmalina. O resíduo leve é formado exclusivamente de quartzo (quadro 3).

Fração 0,125 — 0,053 mm — Além dos pesados descritos acima aparecem aqui estauroлита e rutilo. Na fração leve existem quartzo e opala. Cumpre salientar que a existência dêste mineral nunca foi notada no intervalo granulométrico 2 — 0,2 mm, não atingindo as partículas tal granulação (quadro 3).

Fração argila (menor que 0,002 mm) — A análise pela difração dos raios X indicou a existência, em todos os horizontes, de argilo-minerais do grupo da caulinita. Subordinadamente, determinou-se gibbsita (figura 3, IV).

Discussão — O predomínio acentuado da fração leve, o estudo mineralógico qualitativo, evidenciando a presença de minerais pesa-

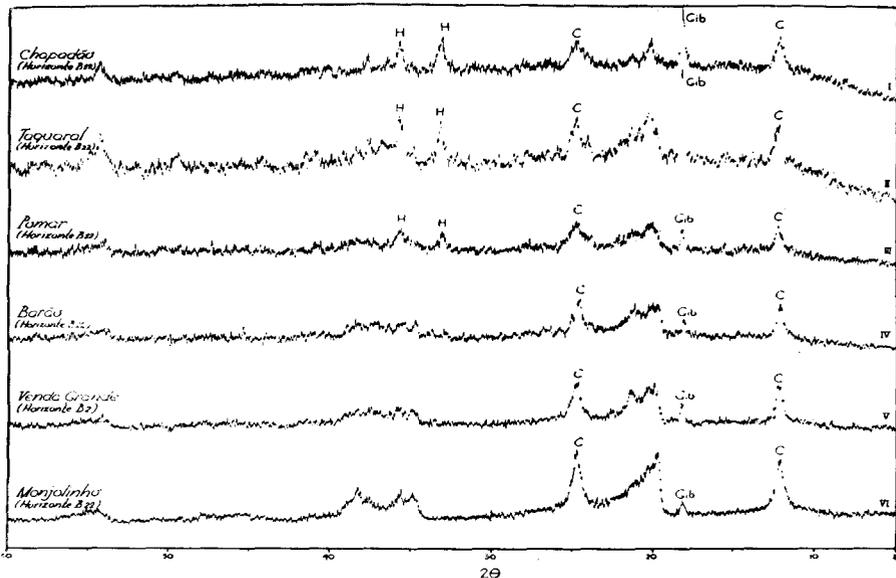


FIGURA 3. — Difrátogramas das seguintes frações argila: I — Horizonte B₂₂ da série Chapadão, constituída de mineral do grupo da caulinita (C), gibbsita (Gib) e hematita (H). II — Horizonte B₂₂ da série Taquaral, apresentando a mesma composição da série Chapadão. III — Horizonte B₂₂ da série Pomar, evidenciando a mesma composição das séries Chapadão e Taquaral. IV — Horizonte B₂₂ da série Barão, constituída de mineral do grupo da caulinita (C) e gibbsita (Gib). V — Horizonte B₂ da série Venda Grande, apresentando a mesma composição da série Barão. VI — Horizonte B₂₂ da série Monjolinho, apresentando a mesma composição das séries Barão e Venda Grande.

dos típicos de sedimentos glaciais, além da ausência de hematita na fração argila, permite afirmar ser a série Barão originada de formações carboníferas.

3.3 — SÉRIE VENDA GRANDE

3.3.1 — GENERALIDADES

Os solos desta série cobrem 12,3% da área estudada. Ocorrem quase sempre circundando os da Barão; seu relêvo é levemente ondulado, com pequena declividade; as drenagens interna e externa são boas, não havendo erosão visível (figura 1).

Os perfis representativos receberam os números 856, 871 e 880, tendo sido escolhido o de n.º 856 para estudos mineralógicos específicos. Foram analisadas as camadas *b* e *d*, correspondentes aos horizontes A₃ e B₂, respectivamente, e *g* e *l*, representando o horizonte C.

3.3.2 — GRANULOMETRIA

A análise granulométrica do perfil 856 revela textura predominantemente barrenta, com exceção das últimas camadas, onde a textura torna-se fino-areno-barrenta, correspondente à da rocha matriz (quadro 1).

3.3.3 — MINERALOGIA

À semelhança da série Barão, verifica-se nestes solos forte predominância do material leve sobre o pesado (quadro 2).

Fração 2 — 0,2 mm — O resíduo pesado apresenta, além de opacos, zircão, turmalina, monazita e sillimanita; e o leve, somente quartzo (quadro 3).

Fração 0,125 — 0,053 mm — Na fração pesada nota-se, além dos minerais descritos acima, anatásio, cianita, granada e rutilo. Além do quartzo, os leves possuem traços de opala (quadro 3).

Fração argila (menor que 0,002 mm) — Determinou-se, em todos os horizontes, a presença de argilo-minerais do grupo da caulinita, surgindo gibbsita em pequena quantidade ao longo do perfil (figura 3 — V).

Discussão — Assim como na série Barão, a relação entre as frações leve e pesada, o estudo mineralógico qualitativo, mostrando significativa quantidade de pesados provenientes dos sedimentos carboníferos, e a ausência de hematita na fração argila, autorizam-nos a atribuir à série Venda Grande origem ligada às formações glaciais.

3.4 — SÉRIE MONJOLINHO

3.4.1 — GENERALIDADES

A série Monjolinho ocorre em pequenas lentes ao norte e a oeste da Estação, perfazendo 3,8% da área. Sua topografia apresenta-se pouco ondulada, a erosão não é visível, a drenagem é imperfeita e a cobertura vegetal é constituída de eucaliptos e capim gordura (figura 1).

Os perfis correspondentes a esta série são os de números 858 e 859, tendo sido escolhido o primeiro para estudos detalhados, cujas camadas examinadas foram: *b*, *d*, *e*, *g* e *q*, representando os horizontes A₃, B₂₂, B_{1r} (?), C e CDr.

3.4.2 — GRANULOMETRIA

Os dados referentes à granulometria da série são apresentados no quadro 1.

As camadas *p* e *q* possuem textura contrastante com as demais do perfil, o que não pode ser explicado por processos pedogenéticos. O estudo mineralógico das camadas evidenciou semelhanças qualitativas. Provavelmente, houve apenas uma mudança faciológica no siltito glacial, com o aparecimento intercalado de um fácies arenoso.

3.4.3 — MINERALOGIA

As observações tecidas por ocasião do estudo das duas séries anteriores são igualmente válidas neste caso (quadro 2).

Fração 2 — 0,2 mm — Os minerais determinados neste caso foram: opacos, turmalina, zircão, sillimanita, monazita, anatásio e quartzo (quadro 3).

Fração 0,125 — 0,053 mm — Além dos supra citados, a análise mineralógica dêste intervalo granulométrico evidenciou, dentre os pesados, a existência de granada, rutilo, não havendo anatásio; nos leves, acompanhando o grande número de quartzo, observa-se quantidade subordinada de opala e algum feldspato muito alterado (quadro 3).

Fração argila (menor que 0,002 mm) — Em todos os horizontes notou-se a presença de argilo-minerais do grupo da caulinita. Outro mineral encontrado foi a gibbsita, ocorrendo parcamente nos horizontes A₃, B₂₂, B_{1r} e C, desaparecendo no mais profundo, CDr (figura 3, VI).

As formas das partículas, placas de perfil irregular finamente divididas e a má cristalinidade do material, fenômenos, como já foi

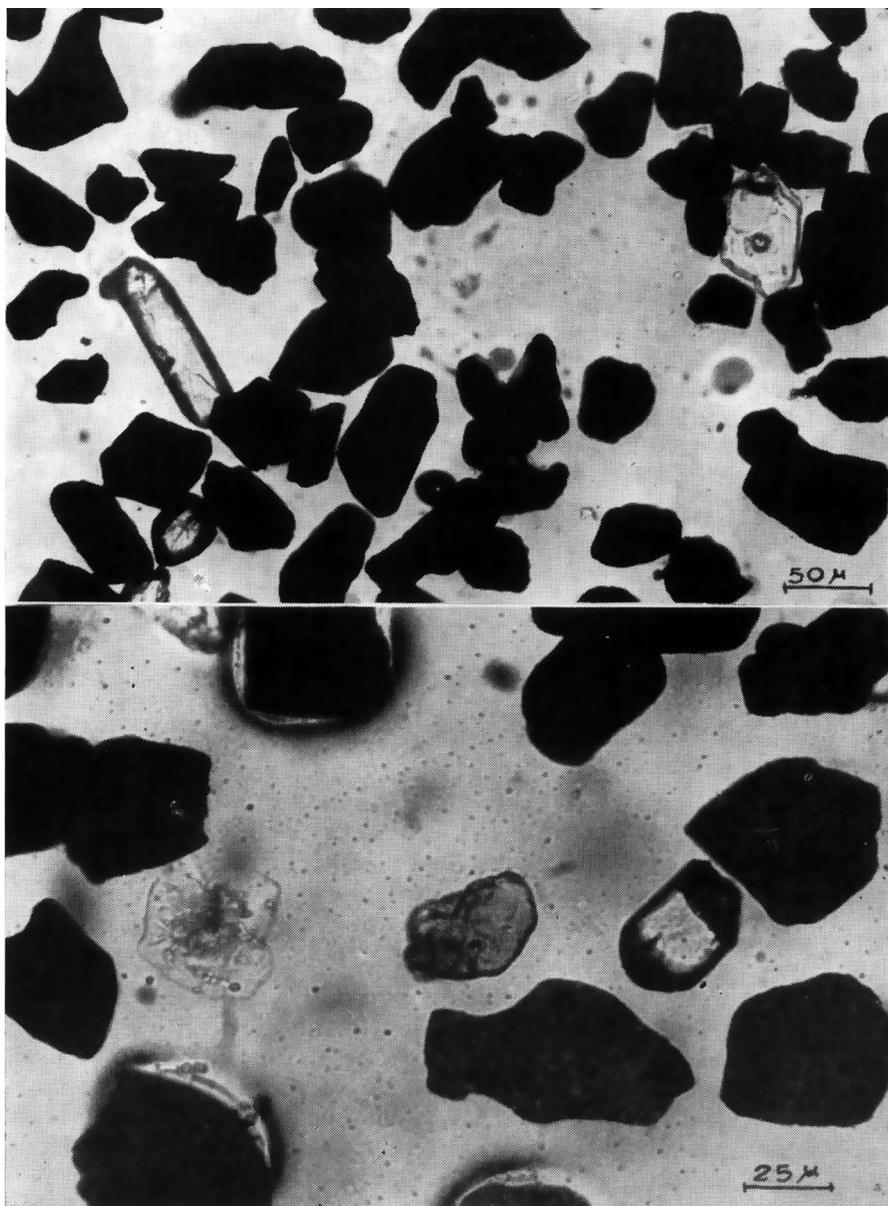


FIGURA 4. — Micrografia de minerais pesados do perfil 856. *Em cima* — mostrando opacos, zircão, turmalina e sillimanita. *Em baixo* — mostrando opacos, monazita e zircão.

citado, comuns a todos os resíduos argilosos examinados, foram também aqui atestados (figura 2).

Discussão — Em decorrência dos resultados obtidos por ocasião do exame mineralógico qualitativo e quantitativo, atribui-se à série Monjolinho, a exemplo das duas anteriores, origem glacial.

Deve-se salientar ter sido esta a única série glacial em que foi encontrado algum feldspato, fato êste ligado, provavelmente, à imperfeita drenagem apresentada por êsses solos.

3.5 — SÉRIE POMAR

3.5.1 — GENERALIDADES

Os solos da série Pomar restringem-se a pequenas lentes com formas alongadas, circundando a série Chapadão e ocupando 2,9% da superfície. O relêvo é predominantemente ondulado, as drenagens interna e externa são boas e não há erosão visível. A cobertura vegetal é constituída de mata, provavelmente secundária (figura 1).

Para sua caracterização foram coletados os perfis números 874, 875 e 876, sendo escolhido o último para exame mineralógico detalhado. Dêste, foram selecionadas as camadas *b* e *d*, correspondentes, respectivamente, aos horizontes A_3 e B_{22} , além de *f* e *k*, pertencentes ao horizonte C.

3.5.2 — GRANULOMETRIA

Os dados referentes à granulometria do perfil 876, são apresentados no quadro 1.

O exame dêsse quadro permite observar textura predominantemente argilosa. As camadas *j*, *k* e *l*, por se encontrarem próximas da rocha matriz, apresentam textura fino-areno-argilosa, o que evidencia possuir a rocha textura muito fina.

3.5.3 — MINERALOGIA

Quanto à relação entre leves e pesados, a série Pomar difere das séries Barão, Venda Grande e Monjolinho, tipicamente glaciais, por apresentar maior quantidade de pesados. Diverge também, nesse aspecto, das terras roxas legítimas (caso da série Chapadão), por possuir número de minerais pesados nitidamente inferior e não apresentar aumento considerável dêstes, na areia grossa, em camadas próximas à rocha original (quadro 2).

Fração 2 — 0,2 mm — Quartzo e opacos foram os minerais encontrados, representando, respectivamente, as frações leves e pesadas (quadro 3).

Fração 0,125 — 0,053 mm — Dentre os pesados, nota-se pequena quantidade de minerais característicos das formações carboníferas, que são largamente sobrepujados pelos opacos; no resíduo leve, observa-se a presença de quartzo, opala e caulinita pseudomórfica sobre feldspato (quadro 3).

Fração argila (menor que 0,002) — A determinação mineralógica da fração argila dêsse perfil, com o auxílio da difração dos raios X, mostrou que os principais constituintes, em todos os horizontes são: argilo-minerais do grupo da caulinita, hematita e gibbsita, em quantidade inferior (figura 3, III).

Discussão — A existência de caulinita pseudomórfica sobre feldspato, nos leves da fração 0,125 — 0,053 mm, a presença de hematita no resíduo argiloso, levar-nos-ia a atribuir à série Pomar origem a partir de diabásio. Porém o estudo da quantidade relativa de leves e pesados não confirma essa hipótese, pois o número de pesados é inferior ao das terras roxas; além disso, não ocorre o forte aumento dos minerais provenientes da rocha básica no horizonte CDr, fato êste característico dos solos derivados de diabásio.

Dêsse modo, fomos levados a supor origem ligada a sedimentos glaciais, havendo, também, contribuição de diabásio. Essa hipótese foi corroborada por observações posteriores, pois, próximo ao perfil, encontrou-se afloramento da rocha matriz, que é um argilito carbonífero. Êste fato também explica a pequena quantidade de minerais pesados característicos dos sedimentos glaciais carboníferos, observada no perfil, pois as frações estudadas não foram, neste caso, as mais representativas da rocha original.

3.6 — SÉRIE TAQUARAL

3.6.1 — GENERALIDADES

Sob o nome de série Taquaral ocorrem solos situados ao sul da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", ocupando 18,9% de sua área (figura 1).

O solo possui relêvo ondulado a pouco ondulado, não há erosão visível, a cobertura vegetal é secundária e as drenagens, tanto externa como interna, são boas.

Coletados os perfis numerados 863, 864, 972 e 879, escolheu-se o de n.º 864 para estudos mineralógicos pormenorizados, sendo as camadas *a*, *c*, *j* e *l*, correspondentes aos horizontes A, B, C e CDr, selecionadas para representá-lo.

3.6.2 — GRANULOMETRIA

Os dados granulométricos referentes ao perfil 864 são apresentados no quadro 1.

A textura dos solos da série Taquaral é mais grosseira do que a da série Chapadão, devido à grande contribuição de partículas mais grosseiras de origem glacial. Entretanto, as últimas camadas, tanto numa como na outra, apresentam textura fino-areno-barrenta, em virtude da influência da rocha básica.

3.6.3 — MINERALOGIA

A quantidade de minerais pesados existentes na série Taquaral é, particularmente na fração 2 — 0,2 mm, bem superior à apresentada pelas séries glaciais Barão, Venda Grande e Monjolinho. Nesse aspecto, apresenta nos horizontes A, B e C, certa semelhança com a série Pomar. Comparando-se, em seguida, a Taquaral com a Chapadão, observa-se que, embora haja em todos os níveis inferioridade daquela em relação à quantidade de pesados, existe no horizonte CDr fenômeno comum a ambas, ou seja, forte aumento desse resíduo no intervalo granulométrico 2 — 0,2 mm (quadro 2).

Fração 2 — 0,2 mm — A análise mineralógica do resíduo pesado revelou a presença de minerais opacos; a do leve, quartzo e gibbsita; esta sofre forte acréscimo no horizonte CDr (quadro 3).

Fração 0,125 — 0,053 mm — Nos horizontes A, B e C observa-se, na fração pesada, considerável quantidade de minerais provenientes de sedimentos glaciais; na leve, predominância de quartzo, existindo gibbsita e opala subordinadamente. No horizonte CDr decresce, dentre os pesados, a influência de minerais típicos de formações carboníferas, enquanto que nos leves a gibbsita predomina sobre o quartzo (quadro 3).

Fração argila (menor que 0,002 mm) — O estudo mineralógico do resíduo argiloso revelou serem os diferentes horizontes desse perfil formados por argilo-minerais do grupo da caulinita, hematita e gibbsita (figura 3, II). Cristais hexagonais, provavelmente de caulinita, foram observados com o auxílio de microscopia eletrônica.

Discussão — O sensível aumento da quantidade de minerais pesados na areia grossa do horizonte CDr e o grande acréscimo na porcentagem de gibbsita, tanto na fração 0,125 — 0,053 mm quanto na 2 — 0,2 mm desse nível, indicam a proximidade do diabásio; outra evidência da presença desta rocha é a existência de hematita na fração argila. Nos horizontes A, B e C, porém, o estudo quantitativo e qualitativo de leves e pesados mostra que aumenta consideravelmente a influência dos sedimentos glaciais.

Pode-se, portanto, concluir que a série Taquaral originou-se de diabásio, o que pode ser atestado pela análise do horizonte CDr, sofrendo, porém, nos três primeiros horizontes, forte contribuição das formações carboníferas, que fez com que os minerais provenientes destas prevalecessem largamente sobre os do diabásio.

4 — CONCLUSÕES

A relação verificada entre os resíduos leves e pesados é fator decisivo na diferenciação entre solos derivados de diabásio e provenientes de rochas sedimentares glaciais. Nestes, a exemplo das séries Barão, Venda Grande e Monjolinho, a quantidade de leves ultrapassa nitidamente a dos pesados, enquanto que naquelas (caso da série Chapadão), o número de pesados equilibra-se com o de leves.

Tanto nas terras roxas legítimas como nas que apresentam contribuição do glacial, nota-se forte influência mineralógica qualitativa da rocha básica no horizonte CDr.

Em frações maiores que 0,002 mm, os solos derivados de formações carboníferas distinguem-se dos originados de diabásio pela presença, no resíduo pesado, de zircão, monazita, sillimanita, turmalina, granada, estauroлита e cianita. Quartzo e opacos existem em ambas as rochas e sua origem poderia ser indicada pelo grau de arredondamento, que no caso dos sedimentos deveria ser maior. Tal critério, porém, não é seguro, não tendo, portanto, sido útil. Os latossolos roxos caracterizam-se pela presença, nos leves, de produtos do intemperismo do plagioclásio, que lhe são comumente pseudomórficos, tais como gibbsita e caulinita.

Por meio da difração dos raios X determinou-se, na fração argila, a presença de argilo-minerais do grupo da caulinita, gibbsita, raramente halloysita, e hematita. Esta somente foi observada em solos provenientes de diabásio, fator importante na sua diferenciação com os glaciais. Fenômeno comum em todos os perfis estudados foi a má cristalinidade do material argiloso. Através de microscopia eletrônica notou-se, salvo raras exceções, serem todos os argilo-minerais constituídos por placas de perfil irregular finamente divididas.

Os dados mineralógicos qualitativos e quantitativos permitiram classificar a série Chapadão como terra-roxa-legítima, sendo Barão, Venda Grande e Monjolinho tipicamente glaciais. A série Taquaral originou-se de diabásio, sofrendo, porém, nos horizontes A, B e C, grande contribuição dos sedimentos, enquanto a Pomar derivou-se de argilitos carboníferos, recebendo, também, material proveniente da rocha básica.

A existência de feldspatos parcial ou totalmente alterados pseudomórficamente em gibbsita e caulinita, nos perfis das séries Chapadão, Taquaral e Pomar, mostra que esses solos possuem ainda reservas potenciais em elementos nutrientes, que aos poucos vão sendo liberados de seus minerais primários pelos processos de intemperismo.

MINERALOGY OF THE SOILS OF THE EXPERIMENTAL STATION
"THEODURETO DE CAMARGO" — CAMPINAS

SUMMARY

The present paper studies the mineralogy of monotypic series determined at the Experimental Station "Theodureto de Camargo".

The region is geologically characterized by the presence of a Mesozoic diabase still intruded in a carboniferous glacial sedimentary formation. The existent soils represent weathered products either of rocks-sedimentary or igneous kinds — or a mixture of both.

The Chapadão series derived from diabase is classified as "purple latossol", commonly known by the name of "terra roxa legitima". The Taquaral series also results mainly from diabase but has been largely contaminated by glacial sedimentary products as revealed by the presence of zircon, monazite, sillimanite, tourmaline, rutile, garnet, staurolite and kyanite.

The Venda Grande, Barão and Monjolinho series result from clayey, silty and sandy glacial sediments. The Pomar series made up of products of carboniferous clay and silt sediments exhibits notwithstanding an important mineral contribution from diabase.

LITERATURA CITADA

1. CARNEIRO, L. R. DA SILVA & ANTUNES, F. S. A reserva mineral de solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Inst. Quim. Agric., 1961. (Boletim n.º 62) p.172.
2. GIRARDI, V. A. V. & MELFI, A. J. Mineralogia dos solos da série Taquaral na Estação Experimental "Theodureto de Camargo". *Bragantia* 22: [139]-148. 1963.
3. GOLDMAN, M. I. Petrography of bauxite surrounding cores kaolinized nepheline syenite in Arkansas. *Economic Geology* 50:586-609. 1955.
4. GONI, J. C. & DELANEY, P. J. V. Estudo estatístico dos minerais pesados da formação Botucatu. Bol. 6 da Universidade do Paraná. Instituto de Geologia, Curitiba, 1961, p.27.
5. HASEMAN, J. F. & MARSHALL, C. E. The use of heavy minerals in studies of the origin and development of soils. Columbia, Missouri, Agricultural Experimental Station, Research Bulletin n.º 387, 1945. p.75.
6. HUMBERT, R. F. & MARSHALL, C. E. Mineralogical and chemical studies of soil formation from acid and basic rocks in Missouri. Columbia, Missouri Agricultural Experimental Station, Research Bulletin n.º 359, 1943. p.60.
7. KRUMBEIN, W. C. & PETTIJOHN, F. J. Manual of sedimentary petrography. 1.ª ed., New York, Appleton Century Crofts, Inc., 1938. p.549.
8. KÜPPER, A. & GROHMANN, F. Levantamento pedológico da Estação Experimental "Theodureto de Camargo" (A publicar).