

# BRAGANTIA

*Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo*

Vol. 20

Campinas, setembro de 1961

N.º 41

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ALGUNS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

### III — SESQUIÓXIDOS, SÍLICA E CERTAS RELAÇÕES MOLECULARES (1)

F. DA COSTA VERDADE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônomo*

#### RESUMO

A análise integral de alguns solos do Estado de São Paulo com origens petrográficas definidas, permitiu estabelecer a composição dos solos oriundos de diversas formações geológicas. A terra-roxa é o extremo de solos enriquecidos com sesquióxidos e de pouca sílica, enquanto os arenitos da Série de São Bento estão no extremo oposto, com altas porcentagens em sílica e baixa quantidade em sesquióxidos.

Em alguns casos encontrou-se uma migração diferencial entre os sesquióxidos dentro do perfil, mas nas terras-roxas tal fenômeno não foi constatado. Para os solos derivados de diabase verifica-se maior lavagem de sódio que do potássio e dêste que do cálcio. O magnésio foi o mais retido dentre tôdas as bases. Na terra-roxa verifica-se grande perda de sílica, na meteorização, mas o regolito apresenta a mesma relação molecular, entre os sesquióxidos, encontrado na rocha. No solo de granito o fenômeno é similar com pequenas variações, destacando-se a de que a alumina parece ser retida mais firmemente que os óxidos de ferro.

#### 1 -- INTRODUÇÃO

A análise integral do solo permite conhecer, além da composição química, muitos fenômenos relacionados com os fatores de formação do solo. O estudo das relações moleculares entre os componentes  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  têm, preferivelmente, sido feito pela análise da fração argila, quer diretamente no material solo, escolhendo-se uma concentração de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que dissolva os colóides e pouco ataque os minerais

(1) Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Belém, Pará, de 15 a 29 de julho de 1961. Recebido para publicação em 18 de julho de 1961.

primários, ou separando-se essa fração e determinando-se os componentes pela análise total (9). As bases e outros componentes ligados à nutrição vegetal, são estudados pela análise integral do solo, exceto nos estudos do disponível às plantas. Apesar das restrições que se possam fazer a certos trabalhos, a composição total permite muitas inferências sobre os fenômenos pedológicos, como, por exemplo, os relativos aos índices de lixiviação.

Nos fenômenos da lixiviação procura-se estabelecer a relação entre os óxidos do solo e da rocha madre. Nos países tropicais e semi-tropicais, como é o caso do Estado de São Paulo, a meteorização é em geral profunda, atingindo em muitos casos a dezenas de metros e para algumas rochas alia-se uma semi-decomposição que pode atingir a alguns metros. Não se pode assegurar que as rochas vivas encontradas em profundidade correspondam a que deram origem ao solo superficial. Em outro trabalho (14) houve indicações que a presença da rocha à superfície do regolito corresponde a um maior teor de potássio no solo. Este fato poderá também alterar as considerações sobre a relação rocha-solo para os solos muito profundos, quando comparados com os solos rasos.

Devido à dificuldade de se obter amostras de rochas vivas bem representativas dos solos que originam, este trabalho se baseia em relações moleculares obtidas entre solos e a composição média de rochas que lhe deram origem, obtidas na bibliografia. No caso das rochas sedimentares, dada a sua composição variável, não se pode utilizar os índices de lixiviação.

## 2 — MATERIAIS E MÉTODOS

A origem petrográfica e a profundidade das camadas dos solos estudadas encontram-se no quadro 1 e as descrições mais detalhadas são apresentadas em outro trabalho (14).

Os solos foram escolhidos segundo a origem petrográfica, tendo sempre boa drenagem e cobertura de mata. Empregaram-se, todavia, solos sem mata quando não foram encontrados perfis correspondentes à determinada rocha.

A análise do total foi conduzida por fluorização e fusão, como descrito por Paiva e outros (13). Os resultados analíticos encontram-se no quadro 1, onde os elementos já apresentados em trabalhos anteriores (14, 15) foram agrupados em duas classes.

### 3 — COMPOSIÇÃO TOTAL DOS SOLOS

Os dados analíticos no quadro 1 estão em sua maior parte apresentados grãficamente na figura 1.

Os solos derivados de gnaiss-granito, granito, anfíbolito, mica-xisto, arenito das Furnas, arenito Glacial, Tilitos, sedimentos do Terciário e uma aluvião argilosa apresentam o  $\text{SiO}_2$  entre 40 a 60%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , entre 20 a 40% e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , entre 5 a 10%, quando se toma o solo nas condições de terra fina sêca na estufa. É de se assinalar que um solo, perfil 188, coletado como originado de arenito do Glacial, apresenta-se com teores que não o indicam como tal.

Os solos derivados dos arenitos de Pirambóia, Botucatu e Bauru apresentam teores de  $\text{SiO}_2$  de 65 a 90%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 2 a 15% e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de 2 a 10%.

Entre êsses dois grupos situa-se o solo derivado do folhelho do Corumbataí.

A terra-roxa legítima, derivada de basaltos, tem a porcentagem de  $\text{SiO}_2$  entre 10 a 30%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 20 a 35%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de 25 a 35% e  $\text{TiO}_2$  de 2 a 6%.

As misturas de diabásio e arenito de Botucatu, formando as terras-roxas misturadas, podem-se processar em diversas porcentagens dos materiais originais, produzindo solos de composição variada. O perfil estudado P 497, é um dêsses casos, o mesmo ocorrendo com as terras analisadas por Agafonoff (1). Para uma comparação com alguns solos de mesma origem petrográfica mas com condições climáticas diferentes, pode-se ver os trabalhos de Brown e Byers (2, 3).

#### 3.1 — ESTUDOS DAS RELAÇÕES MOLECULARES

Diversas relações moleculares entre os componentes principais da fração argila, do solo e da rocha têm sido propostas. Neste trabalho é apresentado sòmente uma série das relações possíveis entre os elementos constituintes.

As relações moleculares estudadas são as seguintes:  $\mathbf{a} = \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ;  $\mathbf{a1} = \text{CaO}/\text{MgO}$ ;  $\mathbf{a2} = \text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$ ;  $\mathbf{b} = \text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\mathbf{b1} = \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\mathbf{b2} = \text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ ;  $\mathbf{b3} = \text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ ;  $\mathbf{ba} = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\mathbf{ba1} = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\mathbf{ba2} = (\text{CaO} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\mathbf{ba3} = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\beta = (\mathbf{ba1} \text{ do solo})/(\mathbf{ba1} \text{ do material original})$  e  $\beta1 = (\mathbf{ba2} \text{ do solo})/(\mathbf{ba2} \text{ do material original})$ .

QUADRO 1. — Composição de alguns solos do Estado de São Paulo

Rocha matriz	Solo	Profundidade	Teores totais em porcentagem sôbre terra fina sêca ao ar								Soma total
			TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O -	H <sub>2</sub> O +	Diversos (1)		
Gnaiss granito .....	272 a	cm	1,30	62,00	18,36	6,80	1,40	10,00	1,22	100,68	
	b	0-20	1,50	60,20	19,74	9,00	0,80	8,20	1,19	100,63	
	c	20-45	1,20	37,00	38,40	9,40	2,30	10,30	1,37	99,97	
Granito .....	322 a	0-45	1,10	48,50	29,40	5,44	2,00	11,70	2,12	100,26	
	b	45-90	0,90	48,30	28,76	7,20	1,40	11,60	1,70	99,86	
	c	90-150	0,80	44,10	32,40	6,60	2,00	12,00	2,09	99,99	
Amfibolito .....	524 a	0-30	0,60	62,50	18,52	4,80	1,40	9,40	3,11	100,33	
	b	30-70	0,60	59,30	20,57	7,00	1,20	8,00	3,31	99,98	
	c	70-150	0,50	60,00	22,08	5,00	1,00	7,90	2,59	99,07	
Mica-xisto .....	712 b	8-15	1,20	55,00	22,52	6,80	1,80	11,20	1,79	100,31	
	c	70-130	0,60	57,30	22,03	9,00	0,90	9,00	2,51	101,34	
	f	130-180	0,90	57,10	23,63	7,40	1,30	8,40	0,89	99,62	
Arenito das furnas .....	197 a	0-30	0,80	57,00	19,70	7,60	2,00	10,80	1,19	99,09	
	b	30-60	0,80	56,90	20,40	7,60	1,80	10,70	1,34	99,54	
	c	60-120	0,80	44,20	29,40	9,20	2,40	12,50	1,75	100,25	
Arenito glacial .....	188 a	0-35	1,30	30,30	30,10	10,40	4,50	22,60	0,88	100,08	
	b	35-70	1,20	30,50	35,00	11,00	2,60	18,90	0,94	100,14	
	c	70-150	1,40	30,60	35,60	11,20	3,90	15,90	0,87	99,47	
Idem .....	600 a	0-40	1,50	53,60	23,20	8,00	1,30	11,50	0,67	99,77	
	b	40-80	1,40	55,00	26,60	6,80	1,20	6,50	0,78	98,28	
	c	80-150	1,90	53,00	25,50	7,60	1,50	9,90	0,63	100,03	

(1) K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

QUADRO 1. — (continuação)

Rocha matriz	Solo	Profundidade cm	Teores totais em percentagem sobre terra fina seca ao ar							Soma total
			TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O -	H <sub>2</sub> O +	Diversos (1)	
Tilitos .....	190 a	0-30	1,00	57,00	20,90	8,00	2,30	10,00	0,83	100,03
	b	30-80	1,10	56,50	20,60	8,40	1,50	10,60	1,42	100,12
	c	80-150	1,00	56,60	21,20	8,40	2,30	9,90	0,84	100,24
Folhelho do Corumbataí.	T 2382	0-10	1,30	68,50	6,10	9,60	2,50	7,40	4,20	99,60
	T 2385	25-35	1,50	54,00	13,50	13,60	5,10	7,60	5,32	100,62
Arenito Pirambóia .....	284 a	0-40	1,75	88,60	2,15	3,60	0,30	2,10	0,96	99,46
	b	8-140	2,00	85,00	2,20	6,80	0,74	2,40	0,90	100,04
	d	140-200	2,30	81,00	3,30	8,40	1,00	2,60	1,06	99,66
	288 a	0-30	0,90	79,80	10,20	2,20	1,00	5,00	0,81	99,91
Arenito Bauru inferior .....	b	30-110	0,90	79,40	10,45	3,80	0,60	4,80	0,74	100,69
	c	110-150	0,90	74,20	14,26	3,60	1,00	5,00	0,91	99,87
	T 2386	0-25	4,20	11,50	32,09	31,20	4,10	15,30	2,19	100,58
Diábase .....	T 2388	40-90	6,00	14,00	32,70	31,60	1,60	13,30	1,53	100,73
	T 2389	90-130	5,70	13,60	32,97	32,40	1,00	13,00	1,59	100,26
	685 a	15-35	4,50	25,70	28,20	27,00	1,50	11,10	1,44	99,44
Idem .....	b	55-130	2,10	28,40	32,26	26,40	0,90	8,50	1,47	100,03
	c	130-180	4,00	28,50	29,18	26,00	3,00	9,00	—	—
	734 a	0-15	5,90	13,40	28,95	30,80	2,50	15,90	2,90	100,35
Idem .....	b	15-30	6,00	13,60	28,87	32,00	2,30	14,40	2,77	99,94
	c	30-45	6,00	13,60	29,88	32,00	2,10	13,60	2,96	100,14
	d	45-70	5,80	14,00	31,29	31,60	2,10	13,20	2,97	100,86
	e	70-100	5,80	14,00	31,20	32,00	1,80	12,80	3,07	100,67
	f	100-150	5,80	13,60	32,32	31,60	1,70	12,70	—	—

(1) K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

QUADRO 1. — (continuação)

Rocha matriz	Solo	Profundidade	Teores totais em porcentagem sobre terra fina seca ao ar							Soma total
			TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O -	H <sub>2</sub> O +	Diver-sos (1)	
Diábase e arenito de Botucatu .....	497 a	0-5	1,70	72,30	12,90	7,80	0,60	5,00	1,09	101,39
	b	60-80	1,70	64,30	15,75	11,00	0,60	5,60	1,32	100,27
	c	120-140	1,80	63,30	16,20	11,40	0,80	5,40	1,23	100,13
Arenito Bauru .....	547 a	0-40	1,10	79,80	8,03	4,60	0,80	4,60	1,17	100,10
	b	40-80	1,10	73,50	12,04	5,80	1,10	4,90	1,16	99,60
	c	80-150	1,30	64,20	16,94	8,00	1,60	6,70	0,94	99,68
Idem .....	749 a	0-15	1,30	87,50	4,36	2,80	0,40	2,50	0,74	99,60
	b	15-30	1,20	86,50	6,80	2,00	0,40	1,93	0,62	99,45
	c	30-45	1,20	85,50	7,50	1,80	0,50	2,60	0,62	99,72
	d	45-70	1,10	80,20	8,70	4,20	0,70	3,90	0,63	99,43
	e	70-100	1,00	77,00	12,20	3,80	0,80	4,50	0,63	99,93
	f	100-150	1,00	79,50	10,80	3,20	0,60	3,80	0,56	99,46
Sedimentos argilosos do Terciário .....	329 a	0-30	0,80	67,80	17,40	3,20	1,10	8,70	1,06	100,06
	b	30-90	0,80	67,20	17,76	4,40	1,10	8,20	1,02	100,48
	c	90-150	0,80	66,50	18,50	3,60	1,40	8,00	1,00	99,80
Idem .....	725 b	6-12	1,00	59,00	18,40	4,40	2,40	13,60	1,13	99,93
	c	50-84	1,30	48,00	27,00	7,60	2,50	12,70	1,09	100,19
	d	126-150	1,30	49,00	27,40	7,20	2,30	11,30	1,63	100,13
	345 a	0-30	1,00	52,80	26,10	3,80	2,00	13,50	1,53	100,73
Aluvião argilosos .....	b	30-80	1,10	52,30	24,10	4,00	2,20	13,00	1,73	98,43
	s	80-150	1,10	50,70	28,00	5,20	3,10	10,60	1,51	100,21

(1) K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Outros autores propõem simbolismos como por exemplo **ki** e **sa** (8) para o **b1**, **ki** (9) para o **b3**, enquanto o **ba** (8), **bal** (8), **ba2** (8) e  $\beta$  e  $\beta 1$  têm a mesma convenção aqui adotada.

As relações, exceto a  $\beta$  e  $\beta 1$ , foram estudadas em todos os solos e estão apresentadas no quadro 2.

### 3.2 — RELAÇÕES MOLECULARES NOS SOLOS

As relações ponderais entre as bases alcalinas e alcalinas-terrosas nas diversas camadas já foram apresentadas em outro trabalho (14).

A relação molecular **a**,  $K_2O/Na_2O_3$ , para todos os solos varia entre 0,4 a 15,0, sendo que os solos com maiores índices são derivados de anfíbolitos e folhelho do Corumbataí. Os de índices médios encontram-se no sedimento do Terciário, granito e aluvião. Os demais solos têm a relação baixa. Em profundidade, os índices tanto podem aumentar como diminuir, ou ainda manter-se mais ou menos constantes.

O quadro 2 indica-nos que o índice **al**,  $CaO/MgO$ , varia entre 0,20 a 1,7. É uma relação mais estreita que para o **a**. Os solos derivados de diabásio e do arenito Bauru (P 734) apresentam a relação maior. O índice permanece relativamente constante dentro do perfil.

O  $CaO/K_2O$ , **a2**, oscila entre 0,30 a 58,8, cuja dispersão não elucida nenhum fenômeno entre êsses elementos.

O índice  $Al_2O_3/Fe_2O_3$ , **b**, está entre 1,0 e 10,80. É de registro o fato que os solos do folhelho do Corumbataí, arenito de Pirambóia e diabásio apresentarem-se abaixo de 2, enquanto que os demais, acima. As variações dentro do perfil revelam que pode haver movimentação dum óxido em relação ao outro, porém os dados não são suficientes para generalizações, com exceção da terra-roxa e dos solos do pré-cambriano.

O estudo da relação molecular  $SiO_2/Al_2O_3$  do ponto de vista em valor absoluto não tem interesse pela inclusão do quartzo, e, portanto, colocando o material original em grande evidência. A análise de interesse é a variação em profundidade dessa relação. Com exceção dos solos originados de granito, mica-xisto, arenito Glacial, tilitos e da diabase, onde a relação permanece constante, os demais apresentam uma diminuição. Aparentemente isto indica uma movimentação do  $Al_2O_3$  em profundidade, visto não aceitarmos que a sílica se perca em profundidade, e não na superfície.

QUADRO 2. — Relações moleculares obtidas da análise total dos solos

Solo	Relações moleculares									
	a	a1	a2	b	b1	b2	índices de lavagem			
							ba	ba1	ba2	ba3
272 a	1,854	0,53	1,41	4,22	6,19	11,06	0,054	0,028	0,074	0,102
b	5,26	0,51	3,25	3,44	5,18	10,31	0,039	0,010	0,085	0,095
c	6,58	0,50	1,78	6,41	1,79	25,07	0,025	0,010	0,045	0,055
322 a	6,03	0,96	0,62	8,47	2,79	20,94	0,072	0,048	0,051	0,098
b	9,65	0,41	0,40	6,48	2,85	25,03	0,048	0,035	0,044	0,082
c	7,31	0,65	0,59	7,68	2,30	31,73	0,058	0,038	0,150	0,089
524 a	12,27	0,38	0,42	6,04	5,73	24,19	0,147	0,106	0,150	0,257
b	9,92	0,38	0,42	4,62	4,90	26,97	0,145	0,104	0,144	0,240
c	12,78	0,27	0,37	6,92	4,61	34,60	0,097	0,072	0,116	0,188
712 b	8,14	0,60	0,42	5,18	4,15	14,71	0,074	0,053	0,054	0,107
e	7,40	0,50	0,42	3,83	4,41	28,77	0,069	0,050	0,057	0,107
f	2,19	0,48	1,69	2,90	4,09	20,60	0,037	0,013	0,056	0,069
197 a	1,78	0,58	1,86	4,05	4,90	19,29	0,051	0,023	0,075	0,098
b	5,26	0,58	1,84	4,20	4,72	19,98	0,050	0,020	0,083	0,103
c	7,90	0,40	0,92	5,01	2,54	28,79	0,043	0,025	0,070	0,095
188 a	1,97	0,51	2,06	4,54	1,70	18,14	0,023	0,010	0,038	0,048
b	1,69	0,91	2,23	4,98	1,47	22,85	0,021	0,009	0,031	0,039
c	2,63	0,51	1,84	6,78	1,47	19,92	0,020	0,008	0,033	0,041
190 a	0,82	0,60	10,08	4,10	4,61	16,38	0,032	0,006	0,070	0,075
b	0,53	0,31	14,71	3,83	4,67	14,67	0,035	0,006	0,129	0,137
c	0,44	0,60	12,60	3,95	4,52	16,61	0,032	0,007	0,068	0,075

QUADRO 2. — (continuação)

Solo	Relações moleculares									
	a	a1	a2	b	b1	b2	Índices de lavagem			ba3
							ba	ba1	ba2	
600 a	0,55	0,57	6,72	4,54	3,92	12,12	0,022	0,007	0,043	0,049
b	0,79	0,48	5,59	6,14	3,49	14,88	0,019	0,006	0,042	0,048
c	0,66	0,57	6,72	5,25	3,51	10,52	0,020	0,005	0,039	0,044
T 2383	8,73	0,46	0,59	1,01	19,04	3,68	0,602	0,393	0,665	1,058
2385	14,97	0,20	0,31	1,55	6,80	7,05	0,301	0,233	0,404	0,638
284 a	3,73	0,92	1,38	0,93	69,92	0,96	0,454	0,217	0,495	0,713
b	2,85	0,87	1,81	0,52	65,57	0,86	0,404	0,173	0,495	0,668
d	4,32	0,72	0,85	0,61	41,66	1,12	0,312	0,156	0,303	0,488
288 a	1,65	0,83	12,43	7,27	13,28	8,88	0,075	0,009	0,145	0,154
b	1,65	0,74	4,52	4,30	12,91	9,10	0,064	0,017	0,110	0,127
c	1,97	0,74	10,36	6,21	8,82	12,42	0,094	0,048	0,111	0,159
T 2386	1,05	1,71	20,78	1,62	0,61	5,99	0,061	0,005	0,084	0,090
2388	0,66	1,09	16,80	1,62	0,72	4,27	0,032	0,004	0,053	0,057
2389	0,53	0,72	20,16	1,60	0,69	5,99	0,030	0,004	0,064	0,068
685 a	1,20	0,24	3,05	1,64	1,56	6,26	0,021	0,008	0,067	0,074
b	1,05	0,51	7,99	1,91	1,50	12,03	0,027	0,005	0,064	0,069
c	1,10	0,48	5,05	1,77	1,64	5,72	0,020	0,007	0,038	0,046
734 a	0,82	0,96	43,69	1,47	0,78	3,84	0,857	0,004	0,169	0,173
b	0,66	1,03	54,62	1,42	0,81	3,77	0,856	0,004	0,161	0,164
c	0,87	1,00	58,82	1,47	0,78	3,90	0,883	0,003	0,170	0,173
d	0,82	1,00	47,05	1,55	0,75	4,22	0,852	0,004	0,162	0,166
e	1,32	1,08	42,00	1,55	6,51	4,21	0,911	0,004	0,168	0,172
f	1,10	1,20	50,41	1,60	0,72	4,37	0,876	0,003	0,155	0,158

QUADRO 2. -- (continuação)

Solo	Relações moleculares									
	a	a1	a2	b	b1	b2	índices de lavagem			ba3
							ba	ba1	ba2	
497 a	0,82	0,72	10,08	2,58	9,51	5,92	0,052	0,009	0,101	0,110
b	0,39	0,78	21,86	2,23	6,91	7,26	0,052	0,007	0,103	0,110
c	0,66	0,62	12,60	2,23	6,63	7,05	0,040	0,007	0,088	0,095
547 a	4,17	0,70	1,38	2,73	16,85	5,72	0,121	0,051	0,171	0,222
b	3,94	0,45	1,16	3,24	10,37	8,58	0,078	0,041	0,122	0,162
c	2,14	0,45	1,36	3,31	6,42	17,25	0,046	0,024	0,069	0,094
749 a	0,92	0,60	5,99	2,43	34,05	2,63	0,141	0,036	0,278	0,318
b	0,92	0,57	4,80	5,33	21,58	4,44	0,077	0,023	0,146	0,170
c	0,92	0,52	4,32	6,53	19,33	4,90	0,065	0,021	0,128	0,149
d	1,48	0,52	3,36	3,24	15,64	6,20	0,056	0,019	0,110	0,129
e	1,48	0,52	3,36	5,03	10,72	9,56	0,040	0,013	0,079	0,092
f	1,15	0,43	3,61	5,28	12,50	8,46	0,038	0,013	0,084	0,097
329 a	5,70	0,60	1,61	8,52	6,60	17,04	0,045	0,019	0,070	0,089
b	3,78	0,57	2,49	6,31	6,42	17,39	0,046	0,018	0,076	0,094
c	4,82	0,55	1,98	8,05	6,11	18,12	0,041	0,015	0,072	0,087
725 b	2,96	0,86	3,93	6,55	5,45	14,42	0,056	0,014	0,090	0,104
c	3,29	0,90	3,36	5,57	3,03	16,27	0,037	0,010	0,057	0,067
h	6,58	0,63	4,97	5,97	3,03	16,51	0,057	0,040	0,045	0,084
345 a	5,70	0,36	0,82	10,75	3,43	20,45	0,060	0,025	0,066	0,109
b	8,29	0,34	0,73	9,43	3,69	17,17	0,075	0,032	0,081	0,095
c	5,27	0,34	0,90	8,43	3,08	19,34	0,037	0,022	0,067	0,088

Dos solos que apresentam a relação sílica-alumina constante, dois tinham rochas em profundidade (granito e mica-xisto) e três, diábases. No primeiro caso podemos admitir que não houve ainda o fenômeno e no segundo, a diábase, a alta concentração de óxidos de ferro e alumínio, aliada às grandes perdas de sílica na decomposição da rocha, podem mascarar o fenômeno. Deixaria de ser explicado o que ocorre nos solos de tilito e arenito Glacial. É sintomático, porém, que em nenhum caso houve aumento da relação em profundidade.

O titânio quando relacionado com o alumínio, **b2**, não apresenta indício algum de movimento. As relações são largas pela pequena quantidade desse elemento.

Relacionando-se o teor de bases com alumínio, temos que levar em conta o decréscimo em profundidade das formas trocáveis e a influência da vegetação no acúmulo de bases na superfície. Como a relação molecular está ligada naturalmente à composição da rocha, o maior ou menor conteúdo de  $Al_2O_3$  irá determinar também a menor ou maior relação; o mesmo ocorrendo com a riqueza em bases da rocha.

Tomando o **ba3**, isto é, tôdas as bases, verificamos que esse índice varia de 1,085 a 0,045. Grupando em classes arbitrárias: menores que 0,1, entre 0,1 a 0,5 e entre 0,5 a 1,1, os solos estão distribuídos na seguinte forma:

## CLASSE

*Solos de rochas*

Menor que 0,1 .....	Gnaiss-granito, granito arenito das Furnas, arenito Glacial, Tilitos, diabase, sedimentos do Terciário e aluvião argiloso.
Entre 0,1 a 0,5 .....	Anfibolito, mica-xisto, arenito do Caiuá, diabásio, arenito Bauru.
Entre 0,5 a 1,1 .....	Folhelho do Corumbataí, arenito Pirambóia.

A influência do material é perfeitamente notada pela posição do arenito de Pirambóia, solo pobre em bases e também em  $Al_2O_3$ .

É sintomático que a maior parte da relação **ba3** diminui em profundidade e poucas mantêm-se mais ou menos constantes. Dois fenômenos principais podem ser atribuídos a esse fato. O primeiro porque as plantas acumulam bases na superfície e o segundo porque o alumínio parece se deslocar em pequena escala em profundidade, como já foi as-

sinalado. Ambos os fenômenos atuam no mesmo sentido, para diminuir a relação em profundidade.

A variação do **ba1** ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ )/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  está entre 0,004 a 0,393. De maneira geral seguem a distribuição equivalente ao **ba3**, fazendo exceção principal o arenito de Bauru.

O índice **ba2** ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ )/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  varia entre 0,031 a 0,495 seguindo as equivalentes do **ba3**.

A relação **ba** apresenta no quadro pouco interesse, desde que desdobramos as relações em bases alcalinas e alcalino-terrosas.

#### 4 — ÍNDICES DE LIXIVIAÇÃO

O estudo dos índices de lixiviação implica na análise do solo e do material que lhe deu origem. Nos solos estudados não ocorria a rocha, que raramente é encontrada no Estado de São Paulo, em seqüência de solo a profundidade de 1 a 2 m. Normalmente os solos são bastante profundos, seguidos de certa espessura de rocha semi-decomposta. Dentro de certos limites acredita-se poder relacionar solos com origens determinadas, com a composição das rochas citadas na literatura. Eliminando-se as rochas sedimentares ficam a diabase e o granito.

##### 4.1 — RELAÇÕES MOLECULARES DA DIÁBASE E ÍNDICES DE LIXIVIAÇÃO

A composição da diabase levada em consideração foi a de Clarke (4) modificada para atender as variações encontradas por outros autores (5, 6, 7, 9 e 10).

A composição considerada foi a seguinte:  $\text{SiO}_2$ , 49,92 a 57,21%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10,62 a 19,08%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 11,47 a 18,37%;  $\text{CaO}$ , 5,61 a 10,94%;  $\text{MgO}$ , 3,53 a 6,70%;  $\text{Na}_2\text{O}$ , 1,44 a 3,16%;  $\text{K}_2\text{O}$ , 0,32 a 2,65% e  $\text{TiO}_2$ , 0,23 a 3,32%.

No quadro 3 encontram-se as relações moleculares abrangendo êsses limites.

As observações que se pode tirar referem-se à comparação entre os dados do quadro 3 e os referentes aos perfis TR 2 386/89, 685 e 734 do quadro 1.

A relação  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ , **a**, na rocha pode variar de 0,14 a 0,55. No solo verifica-se que a relação vai de 0,4 a 15,0. É de se concluir que

QUADRO 3. — Relações moleculares nas rochas, obtidas pelos limites de composição

Solos	Limites	a	a1	a2	b	b1	b2	Índices de lavagem			
								ba	ba1	ba2	ba3
Diábase ...	inferior ...	0,14	1,14	29,45	1,45	7,98	36,17	1,22	0,26	1,80	2,06
	médio ...	0,43	1,16	9,35	1,57	6,11	7,86	1,38	0,36	1,88	2,25
	superior ...	0,55	1,18	6,95	1,62	5,10	6,44	1,47	0,42	1,93	2,35
Basalto ...	inferior ...	11,44	1,61	16,07	3,39	16,08	4,37	3,01	0,19	4,58	4,77
	médio ...	0,33	1,05	14,46	1,40	7,26	7,87	1,69	0,36	2,59	2,95
	superior ...	0,20	0,81	13,33	1,20	4,72	10,23	1,12	0,41	1,83	2,24
Granito ...	inferior ...	1,73	2,60	0,28	4,54	9,10	121,78	0,52	0,45	0,11	0,55
	médio ...	1,35	1,09	0,85	3,81	8,41	23,31	1,15	0,77	0,73	1,50
	superior ...	1,26	1,03	1,04	3,44	7,98	15,20	1,56	0,99	1,14	2,13

o solo retém mais potássio do que o sódio, mas desde que o sódio é o elemento mais removível na meteorização, é também elevada a remoção do potássio, quase tanto quanto o sódio.

Relacionando o CaO com MgO, índice  $a_3$ , verificamos que êle varia na diábase de 1,14 a 1,18. No solo varia de 0,30 a 10,8, em geral menor que 1. Parece que o MgO é mais retido que o cálcio no solo em virtude das relações serem menores que nas rochas.

O índice CaO/K<sub>2</sub>O varia de 6,45 a 29,45, enquanto que no solo o índice se apresenta 0,30 a 50,80, com dominância dos valores altos. É de se concluir que o potássio parece ser mais removido que o cálcio. Tais conclusões levam a admitir a remoção em ordem decrescente de Na, K, Ca e Mg, já expostos em outro trabalho (14).

No trabalho de Paiva e Nascimento (12), estudando a diábase e seus produtos de decomposição, verifica-se que o índice K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O aumenta da rocha viva para a capa decomposta de 0,2-0,4 até 0,9-2,0. Parece-nos que nesta fase as perdas maiores são de sódio, sendo o potássio removido posteriormente. O índice CaO/MgO, indica que há maiores perdas de cálcio que magnésio, fenômeno geral registrado para os solos.

Os mesmos índices calculados para os dados de Castagnol, na Indochina, citado por Mohr (11), não indicam o mesmo fenômeno acima, mas a relação no solo é similar. O mesmo aumento da relação K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O, são encontrados nos trabalhos de Idenburg para a Sumatra, citado por Mohr e Baren (11) e Schaufelberger, para a Colômbia (9). Nesses trabalhos a relação CaO/MgO parece permanecer constante. Os fenômenos têm a mesma tendência que para as condições do Estado de São Paulo.

Na composição do diabásio encontrou-se uma variação para o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 1,45 a 1,62. Nos solos encontrou-se de 1,42 a 1,91. Há uma concordância grande entre êsses dados, podendo-se admitir que ambos os óxidos permanecem desde a rocha numa mesma relação. Portanto, êsses elementos não são removidos do solo diferentemente ou se mantêm intactos por todo o regolito. Os cálculos efetuados nas análises dos autores antes citados, indicam o mesmo fenômeno.

O estudo do SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> apresenta-se com maior interêsse. Na rocha, essa relação apresenta-se de 5,10 a 7,98. Nos solos estudados vão de 0,61 a 1,64. A remoção da sílica é elevadíssima, e alta a concentração dos óxidos de ferro e de alumínio. A desintegração dos minerais de diábase nas nossas condições é aparentemente completa. Há, parcialmente, a recomposição dos materiais, mas a maior parte de sílica é

perdida. Normalmente a diabase apresenta-se com uma camada esverdeada de alguns milímetros, envolvida por uma camada amarela de 1 a 3 cm. A primeira representa os primeiros ataques aos minerais e a outra a zona final de decomposição e inicial de recombinação, como é indicado em outro trabalho (12). É diferente das demais rochas, pois estas apresentam uma camada espessa, podendo atingir metros, de rocha alterada para entrar na zona de desintegração. Evidentemente, a referência aqui é somente sobre a intensidade de decomposição dos minerais da diabase e não sobre a sua resistência aos fatores climáticos.

Pelos resultados de Paiva e Nascimento (12) as perdas de sílica são relativamente pequenas no início da decomposição e elevadas desta fase para o resíduo decomposto que cobre a rocha, quando quase se iguala ao solo. O mesmo fenômeno, em geral, é confirmado nos dados de Castagnol (11).

É ainda de se notar que os óxidos de ferro e de alumínio ficam difusos pelo perfil na forma de colóides, não havendo ou em escala muito pequena, a sua segregação na forma de grânulos pisolíticos ou formação da crosta de ferro das lateritas.

A relação entre a  $Al_2O_3/TiO_2$  varia na rocha de diabase de 6,44 a 36,17 e no solo de 3,77 a 12,03. Há indícios de acúmulo de  $TiO_2$  e conseqüentemente haveria uma pequena remoção do perfil de  $Al_2O_3$ . Este fenômeno deverá ser acompanhado pela remoção do ferro, pois as relações entre os sesquióxidos é pequena.

É interessante correlacionar esses dados com estudo feitos na Bacia Amazônica (16). Nessa região a laterita ou a presença de camada de seixos lateríticos é comum, quaisquer sejam as rochas que deram origem ao solo. A laterita, exceto as fósseis, encontram-se nas bordas depressões e os seixos em certas áreas que podem ser extensas. Em São Paulo, encontram-se esparsos restos de crosta de ferro, não tendo ainda encontrado um perfil completo de laterita, isto é, crosta de ferro, zona de mosqueamento e zona pálida. A presença de seixos lateríticos também é pouco comum. Aparentemente a diferença entre as duas regiões resulta da movimentação dos sesquióxidos do regolito ou do solum. Em ambos os casos, a desintegração do material original se processa com uma desilicificação do material e concentração de sesquióxido 1:1. No caso da região amazônica, parece que grande parte dos sesquióxidos se perdem do perfil, ficando segregados no regolito na forma de seixos lateríticos ou então removidos para fora do local, indo se depositar nas bordas das depressões. Há sempre perdas de óxido de fer-

ro e de alumínio. Em São Paulo as perdas são menores, pois, em geral, os óxidos de ferro e de alumínio ficam no regolito na forma coloidal.

Confirmadas as observações acima citadas teríamos, portanto, dois fenômenos para diferenciar os Latossolos.

Os índices de lavagem para os solos derivados de diábase encontram-se no quadro 4. Os dados aí apresentados indicam que os índices de lavagem variam entre 0,007 a 0,031, atestando a alta remoção das bases alcalinas que se processa na meteorização da rocha (12). A lavagem das bases alcalinas-terrosas também é alta, variando o seu índice entre 0,02 a 0,094.

Paiva e Nascimento (12) estudam a decomposição da diábase desde a rocha viva até os produtos de decomposição que envolvem, na distância de 3 mm, dividindo as camadas em rocha viva, pouco decomposta e decomposta. Segundo os dados desses autores, o índice de lavagem  $\beta_1$ , bases alcalinas, varia na camada pouco alterada, de 0,24 a 0,65 e na camada decomposta de 0,021 a 0,048. Havendo um caso em que estava com 0,12. O índice  $\beta_1$  na camada pouco alterada varia de 0,65 a 1,29 e na camada alterada de 0,015 até 0,082, havendo um caso com 0,22. Comparando-se êsses índices com os calculados pelo quadro 3, notamos que a lixiviação das bases se processa na alteração das rochas.

Nas nossas condições o basalto comporta-se igualmente à diábase formando solos semelhantes. Castagnol, citado por Mohr e Baren (11) apresenta um trabalho similar ao anterior para basalto da Indochina que mostra os fenômenos aqui encontrados quanto aos índices de lavagem, com a diferença de que nós encontramos índices  $\beta$  menores que  $\beta_1$ , o que não se deu com os dados desse autor.

Para estabelecer a relação entre a base e um elemento pouco removido ( $Al_2O_3$ ) estabeleceram-se os índices **ba1** e **ba2**. O primeiro, relação molecular entre as bases alcalinas e a alumina, variam de 0,003 a 0,008 no solo e na diábase e basalto de 0,19 a 0,42, inferindo-se as grandes perdas nesses elementos.

#### 4.2 — RELAÇÕES MOLECULARES DO GRANITO E ÍNDICES DE LIXIVIAÇÃO

Para o estudo do índice do granito e solos dêle derivado, tomamos a composição citada por Kemp (10) para uma variação da indicação por Davy. Em resumo consiste nos elementos inferiores:

Óxidos	Composição %
SiO <sub>2</sub> .....	58,46-77,47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	10,88-16,49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,75- 7,52
MgO .....	0,13- 3,67
CaO .....	0,47- 5,24
Na <sub>2</sub> O .....	1,08- 4,38
K <sub>2</sub> O .....	2,84- 8,36

As relações moleculares da rocha encontram-se no quadro 3, e do solo corresponde ao perfil 322.

A relação K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O, na rocha pode variar de 1,26 a 1,73 e no solo foi encontrado de 0,63 a 9,65. Como é indicado em outro trabalho (14), parece que a presença de maior quantidade de potássio está condicionada pela proximidade da rocha à superfície, como neste perfil. Por isso vemos uma alta remoção de sódio em relação ao potássio. Contrasta imediatamente com o que se passa nos solos de diabase.

A comparação entre o CaO e o MgO, é diferente. Na rocha a relação molecular vai de 1,03 a 2,60 e no solo 0,41 a 0,65. Há, portanto, maior retenção do Mg quando comparado com o cálcio, fenômeno semelhante ocorrendo no diabásio.

No caso da relação CaO/K<sub>2</sub>O a rocha apresenta os seus índices entre 0,28 a 1,04 e o solo 0,40 a 0,62. Parece que o potássio é tão removível quanto ao cálcio, mas tem-se que levar em consideração o fato da rocha estar mais à superfície.

A movimentação diferencial do Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em relação ao Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pode ser vista pela relação *b*. Na rocha ela varia de 3,44 a 4,54 e no solo de 6,48 a 8,47. Sugere essa relação que há uma eliminação de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do perfil. O fenômeno na diabase não é encontrado.

A perda de SiO<sub>2</sub> é vista pelo índice SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Enquanto na rocha variava de 7,98 a 9,10, êsses limites estavam entre 2,30 e 2,70. No caso de TiO<sub>2</sub>, verifica-se que o índice *b2* varia na rocha entre 15,20 a 121,78 e no solo entre 20,94 a 31,73. Êsses números são pouco sugestivos para uma conclusão.

A remoção das bases alcalinas e alcalino-terrosas são analisadas *ba1* e *ba2*. No primeiro caso a rocha apresentou-se com valores entre 0,45 a 0,99 e o solo entre 0,048 a 0,58. No segundo verificamos que o

CaO + MgO em relação a SiO<sub>2</sub> varia na rocha entre 0,11 a 1,14 e no solo entre 0,044 a 0,51. Em outros casos, vê-se que a lixiviação de bases é intensa.

O índice **ba** é de pouco valor pelo desdobramento nos índices de dois tipos de bases e os resultados podem ser vistos nos quadros.

Para a análise conjunta das bases temos o índice **ba3**. Tal índice varia na rocha de 0,55 a 2,24 e o solo estudado apresentou-se com valores de 0,082 a 0,098 traduzindo o efeito acima.

Os índices de lavagem podem ser vistos no quadro 4.

Notamos que os índices de lavagem para os diversos horizontes apresentam o  $\beta$  variando 0,035 a 0,11 e o  $\beta_1$  entre 0,039 a 0,46. Comparando essas relações com as obtidas nos solos de diabase, parece sugerir a maior lavagem nos solos dêste último tipo.

## 5 — CONCLUSÕES

Os resultados da análise total de solos com origem petrográfica determinada levaram a obter algumas conclusões gerais e interpretar alguns fenômenos pedológicos.

Os solos derivados de arenito Pirambóia e Caiuá (Bauru Inferior) são os que apresentam maior conteúdo em sílica, ao contrário dos solos de basaltos que se apresentam os mais pobres. O conteúdo em sesquióxidos são inversos dos teores em sílica.

Os índices moleculares entre as bases alcalinas não apresentam resultados significativos, e entre as bases alcalino-terrosas há constância dentro do perfil. O óxido de ferro apresenta migração diferencial dentro do perfil em relação ao óxido de alumina para certos solos, mas em outros como as terras-roxas, há constância de relação molecular. O óxido de alumínio aparentemente se desloca em profundidade, indicado pela relação sílica/alumina.

As relações moleculares entre as rochas de diabase e os seus solos indicam que o potássio perdura mais no solo que o sódio, sendo porém

QUADRO 4. — Índices de lavagem do solo de granito (322) e diabásio

Solo	Índice $\beta$			Índice $\beta_1$		
	Limite superior	Limite Médio	Limite Inferior	Limite superior	Limite Médio	Limite Inferior
322 a .....	0,110	0,062	0,048	0,046	0,007	0,045
b .....	0,078	0,045	0,035	0,040	0,006	0,039
c .....	0,084	0,049	0,038	0,046	0,007	0,045
T 2 386 .....	0,019	0,014	0,014	0,047	0,045	0,044
T 2 388 .....	0,015	0,011	0,010	0,029	0,028	0,027
T 2 389 .....	0,015	0,011	0,010	0,036	0,034	0,033
685 a .....	0,031	0,022	0,019	0,037	0,036	0,035
b .....	0,019	0,014	0,012	0,036	0,034	0,033
c .....	0,027	0,019	0,017	0,021	0,020	0,020
734 a .....	0,015	0,011	0,010	0,094	0,090	0,088
b .....	0,015	0,011	0,010	0,094	0,086	0,083
c .....	0,012	0,008	0,007	0,094	0,090	0,088
d .....	0,015	0,011	0,010	0,089	0,086	0,083
e .....	0,015	0,011	0,010	0,093	0,089	0,087
f .....	0,012	0,008	0,007	0,086	0,082	0,080

muito lavado. O cálcio é mais removível que o magnésio. Nos sesquióxidos não existem variações entre a relação na rocha e no solo, porém, a sílica é em grande parte perdida na meteorização. Parece que a diferença entre os solos de São Paulo, sub-tropicais, e os da Amazônia, tropicais, está que nos primeiros os sesquióxidos ficam difusos no perfil na forma coloidal, enquanto que na Amazônia parte se segrega na forma de seixos no perfil ou são removidos do mesmo para a formação das crostas de ferro das lateritas.

Nos solos de granito os fenômenos de lavagem de bases são similares ao da terra-roxa. O  $Al_2O_3$  parece, porém, ser mais retido no perfil que o ferro, diferindo das terras-roxas.

CHEMICAL COMPOSITION OF SOME SÃO PAULO SOILS.  
 III. SESQUIOXIDES, SILICA AND MOLECULAR VALVUES

SUMMARY

The chemical composition of our soils with established origins shows that the highest content of sesquioxides and the lowest of silica is found in soils derived from diabase. The soils from SERIE DE SÃO BENTO sandstones have the

lowest content in sesquioxides and the highest in silica (sand). Several molecular and leaching values are presented.

The soils from diabase show no differential migration or elimination from profile between aluminum and iron oxides. In some soils this phenomenon was found.

The losses of silica and bases are produced in weathering of rocks and the residual material is poor in bases for next losses. In the diabase decomposition the losses decrease from Na, K, Ca to Mg.

Comparing soils from the Amazon Valley with those of São Paulo, the most contrasting feature is normal occurrence of ground-water laterite, sesquioxide sheet and pisolitics in the former, occurrence. This difference between the tropical and sub-tropical soils permits the hypothesis that the considered sub or Latossol implies in two kinds of pedological processes. In this State the sesquioxides are set free by weathering and stay in the profile as colloidal material. In the Amazon soils the liberated sesquioxides are partially removed from the profile (and deposited as ground-water-laterite or sesquioxide sheet) or segregated as pisolitic material into the profile.

#### LITERATURA CITADA

1. AGAFONOFF, M. V. Sur quelques sols latéritiques rouges et jaunes du Brésil. *Soil Res.* 3:13-20. 1932/33.
2. BROWN, I. C. & BYERS, H. G. The chemical and physical properties of dry-land soils and their colloids. Washington, U.S.D. Agric., 1935. 56 p. (Tech. Bull. n.º 502).
3. ——— & ——— Chemical and physical properties of certain soils developed from granitic materials in New England and the Piedmont, and of their colloids. Washington, U.S.D. Agric., 1938. 56 p. (Tech Bull. n.º 609).
4. CLARKE, F. W. The date of Geochemistry. 5.ª ed. Washington, Government Printing Office; 1924. p. 464 e 630. (Bull. 770).
5. FREISE, F. W. The «Terra-Roxa» in São Paulo, Brazil. *Economic Geology* 25:280-293. 1934.
6. FURLA, A. Coletânea de análises químicas executadas no período de 1889 a 1935 na extinta Comissão Geográfica e Geológica. São Paulo, Inst. Geog. Geológico, 1939. 52 p. (Boletim 24).
7. GUIMARÃES, D. Contribuição à petrografia do Brasil. Rio de Janeiro, Min. Agric. Ind. e Comércio, 1924. (Boletim n.º 6).
8. JENNY, H. Factors of soil formations. 1.ª ed. New York, McGraw Hill Book Co. 1941. pp. 25-27.
9. SCHAUFELBERGER, P. Lateritas de Colombia. *Genicafé* 6:206-215. 1955.
10. KEMP, J. F. Handbook of rocks. 6.ª ed. New York, D. Van Nostrand Co. Inc. 1940. p. 108.
11. MOHR, E. C. & VAN BAREN, F. A. Tropical Soils. 1.ª ed., Hague and Baudung, N. V. Uitgeverij W. Van Hoeve, 1954. pp. 104-105, 155, 174-175.
12. PAIVA, J. E. (neto) & NASCIMENTO, A. C. Diabásios e seus produtos de decomposição. Trabalho apresentado ao VI Congresso de Ciência do Solo, realizado em Salvador, Bahia, 1957. (Não publicado).

13. ——— & ———, KÜPPER, A. & OUTROS. Situação atual dos estudos dos solos da bacia **Paraná-Uruguai** e programa para investigação dos solos da região. Trabalho apresentado à Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, Campinas, 1955. (Não publicado).
14. VERDADE, F. C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. I — Elementos K, Na, Ca e Mg. *Bragantia* 19:[547]-565. 1960.
15. ———. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. II — Fósforo e manganês. *Bragantia* 19:[567]-577. 1960.
16. ——— & KÜPPER, A. Relatório de viagem ao norte do Brasil. Trabalho apresentado à Diretoria do Instituto Agrônomo, Campinas, 1958. (Não publicado).