

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de S. Paulo

Vol. 31

Campinas, abril de 1972

N.º 13

SUPERFÍCIE ESPECÍFICA DO SOLO DE UNIDADES DE MAPEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO. I — ESTUDO DE PERFIS COM HORIZONTE B TEXTURAL E HORIZONTE B LATOSSÓLICO ⁽¹⁾

F. GROHMANN ⁽²⁾, engenheiro-agrônomo, Seção de Pedologia, Instituto Agrônomo

SINOPSE

Empregando o método do éter monoetílico do etileno glicol, determinou-se a superfície específica de 43 horizontes, que correspondem a cinco perfis de solos com horizonte B textural e quatro perfis de solos com horizonte B latossólico.

A superfície específica apresentada pelos solos estudados está correlacionada com o teor de argila.

Os solos com horizonte B textural apresentam pronunciada variação de superfície específica, em profundidade, tendo os horizontes A e B os valores de 21,60 e 47,40 m²/g, respectivamente. Os valores da superfície específica do horizonte A e do horizonte B dos solos com B latossólico foram de 73,50 e 70,20 m²/g, respectivamente.

1 — INTRODUÇÃO

As propriedades físico-químicas do solo são grandemente influenciadas pela superfície específica de seus constituintes minerais e orgânicos. O termo superfície específica se refere à área exposta pela unidade de peso de solo, usualmente expressa em metros quadrados por grama (m²/g).

A superfície específica varia significativamente com a textura

⁽¹⁾ Este trabalho constitui parte da tese de doutoramento apresentada pelo autor à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em junho de 1970. Recebido para publicação em 12 de outubro de 1971.

⁽²⁾ Com bolsa de suplementação do CNPq.

do solo, com o tipo de mineral de argila e com o teor de matéria orgânica do solo. Segundo Searle e Grimshaw, a área exposta pelas partículas de solo será tanto maior quanto menor forem essas partículas, e é por isso que a fração argila contribui com a maior proporção do valor da superfície específica do solo. Considerando-se essa fração e dependendo do mineral de argila nela presente, encontram-se grandes variações de superfície específica, desde $20 \text{ m}^2/\text{g}$ até cerca de $800 \text{ m}^2/\text{g}$, como na caulinita e na montmorilonita, respectivamente. A superfície específica da caulinita limita-se apenas a superfícies externas, o que lhe confere valores baixos, enquanto a montmorilonita apresenta elevada superfície interna, além da externa. A matéria orgânica, embora ocorra nos solos em proporções pequenas, contribui significativamente no valor da superfície específica do solo, devido ao seu alto grau de subdivisão. Os óxidos de ferro livres também contribuem para a superfície específica, principalmente nos solos tropicais, onde ocorrem com elevados teores. Verificou-se a influência dos cátions trocáveis na retenção do glicol etilênico e do éter monoetilico de etileno glicol e, como consequência, nos valores da superfície específica do solo.

A importância dessa propriedade físico-química do solo pode ser colocada em evidência quando se considera a superfície exposta pelo material coloidal do solo. Assim, por exemplo, em 1 m^3 de solo com massa específica aparente de $1,4 \text{ g}/\text{cm}^3$ e teor médio de argila de 40% em peso, o sistema radicular das plantas terá à sua disposição uma área de contacto equivalente a 56 km^2 , quando a superfície específica da fração argila for de $100 \text{ m}^2/\text{g}$.

De acordo com Jackson e Sherman (19), a maior contribuição do intemperismo físico ao intemperismo químico reside no fato de que, pelo aumento de superfície, aumentam enormemente as possibilidades de reação do material. É, também, verdade que, nas interfases líquido-gás, sólido-líquido e sólido-gás, ocorrem propriedades específicas que se tornam importantes qualitativa e quantitativamente, à medida que a superfície específica dos respectivos materiais aumenta.

Neste trabalho são apresentados os resultados de determinações da superfície específica de solos com horizonte B textural e de solos com horizonte B latossólico.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 — AMOSTRAS DE SOLOS

Foram analisadas 43 amostras de solos, representativas de nove perfis, sendo cinco de unidades de solos com horizonte B textural e quatro com horizonte B latossólico.

As determinações de superfície específica foram feitas em amostras de solos passadas em peneira com abertura de malha de 0,140 milímetros de diâmetro.

2.2 — CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA DOS SOLOS EMPREGADOS

Na relação dada a seguir é apresentada a classificação das unidades de mapeamento estudadas segundo a Comissão de Solos (26) e, como tentativa, sua correspondência com a 7.^a Aproximação (29).

<i>Perfil nº</i>	<i>Classificação segundo a Comissão de Solos</i>	<i>Classificação segundo a 7.^a Aproximação</i>
740	Podzólico Vermelho Amarelo orto	Typic Paleudult
902	Solo Podzolizado de Lins e Marília, var. Marília	Typic Tropudalf
949	Solo Podzolizado de Lins e Marília, var. Lins	Rhodic Paleudalf
T. 2838/42	Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras	Arenic Tropudult
T. 2875/79	Podzólico Vermelho Amarelo var. Piracicaba	Lithic Eutropept
866	Latossolo Roxo	Typic Haplorthox
884	Latossolo Roxo	Lithic Umbriorthox
974	Latossolo Vermelho Escuro orto	Typic Umbriorthox
947	Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa	Psammetic Haplorthox

Em seguida estão relacionados os resultados analíticos, físicos e químicos, dos solos estudados.

*Características analíticas dos solos de perfis com horizonte B textural**Podzólico Vermelho Amarelo orto*

<i>Perfil nº</i>	<i>740 a</i>	<i>740 b</i>	<i>740 c</i>	<i>740 d</i>
Horizonte	Ap	A2	B1	B2
Profundidade cm	0 — 20	20 — 32	32 — 46	46 — 58
Argila %	19	25	39	58
Limo %	6	6	6	8
Areias %	75	69	55	34
Matéria orgânica %	1,15	0,55	0,62	0,71
pH	5,30	5,20	5,10	5,00
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE				
Ca ²⁺	2,80	1,24	1,08	0,98
Mg ²⁺	0,32	0,05	0,07	0,04
K ⁺	0,08	0,07	0,08	0,07
Al ³⁺	tr	0,70	1,80	2,90
H ⁺	5,50	3,90	4,60	6,10

Solo Podsolizado de Lins e Marília, var. Marília

<i>Perfil nº</i>	<i>902 a</i>	<i>902 b</i>	<i>902 c</i>	<i>902 d</i>	<i>902 e</i>
Horizonte	Ap	A21	A22	B21	B22
Profundidade cm	0 — 15	15 — 28	28 — 45	45 — 75	75 — 100
Argila %	6	6	12	29	27
Limo %	2	2	4	4	8
Areias %	92	92	84	66	65
Matéria orgânica %	0,60	0,43	0,38	0,53	0,36
pH	5,20	5,95	5,90	5,80	5,85
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE					
Ca ²⁺	1,35	1,56	2,03	3,59	3,02
Mg ²⁺	0,93	0,88	0,94	0,97	0,98
K ⁺	0,06	0,05	0,07	0,05	0,03
Al ³⁺	0,20	tr	0,10	tr	tr
H ⁺	1,22	0,90	0,60	1,32	0,30

Solo Podzolizado de Lins e Marília, var. Lins

<i>Perfil nº</i>	<i>949 a</i>	<i>949 b</i>	<i>949 c</i>	<i>949 d</i>
Horizonte	Ap	A2	B1	B2
Profundidade cm	0 — 14	14 — 30	30 — 47	47 — 100
Argila %	12	17	23	24
Limo %	6	3	1	4
Areias %	82	80	76	72
Matéria orgânica %	2,04	0,69	0,50	0,33
pH	6,40	6,30	6,20	6,40
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE				
Ca ²⁺	6,85	2,85	2,35	2,15
Mg ²⁺	1,65	0,75	0,80	0,85
K ⁺	0,34	0,21	0,23	0,10
Al ³⁺	tr	tr	tr	tr
H ⁺	2,00	1,05	0,95	0,75

Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras

<i>Perfil nº</i>	<i>T.2838</i>	<i>T.2839</i>	<i>T.2840</i>	<i>T.2841</i>	<i>T.2842</i>
Horizonte	A1	A2	B1	B21	B22
Profundidade cm	0 — 6	6 — 30	30 — 70	70 — 115	115 — 150
Argila %	5	7	15	18	17
Limo %	1	1	1	0	1
Areias %	94	92	84	82	82
Matéria orgânica %	0,78	0,78	0,60	0,43	0,28
pH	5,60	5,40	5,30	5,20	5,20
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE					
Ca ²⁺	0,70	0,75	0,85	0,55	0,60
Mg ²⁺	0,24	0,10	0,22	0,08	0,06
K ⁺	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
Al ³⁺	1,30	1,40	2,80	2,80	2,90
H ⁺	4,00	3,80	4,80	4,70	2,70

Podzólico Vermelho Amarelo var. Piracicaba

<i>Perfil nº</i>	<i>T.2875</i>	<i>T.2876</i>	<i>T.2877</i>	<i>T.2878</i>	<i>T.2879</i>
Horizonte	Ap	A2	B21	B22	B3
Profundidade cm	0 — 3	3 — 10	10 — 18	18 — 28	28 — 43
Argila %	30	31	31	30	34
Limo %	35	36	40	41	36
Areias %	35	33	29	29	30
Matéria orgânica %	4,20	2,75	0,98	1,02	1,55
pH	5,80	5,85	6,00	6,00	5,85
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE					
Ca ²⁺	14,35	12,35	13,35	13,10	11,60
Mg ²⁺	5,09	4,43	4,77	4,61	4,97
K ⁺	0,72	0,16	0,36	—	0,17
Al ³⁺	5,04	3,60	3,12	3,60	4,88
H ⁺					

*Características analíticas do solo de perfis com horizonte B latossólico**Latossolo Roxo*

<i>Perfil nº</i>	<i>866 a</i>	<i>866 b</i>	<i>866 c</i>	<i>866 d</i>	<i>866 e</i>
Horizonte	Ap	A3	B21	B22	B/C
Profundidade cm	0 — 13	13 — 43	43 — 70	70 — 105	105 — 180
Argila %	33	50	53	39	46
Limo %	29	15	15	26	21
Areias %	38	35	32	35	33
Matéria orgânica %	3,43	2,53	1,41	0,83	0,10
pH	—	—	—	—	—
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE					
Ca ²⁺	3,21	2,35	1,35	1,39	1,37
Mg ²⁺	1,49	0,40	0,40	0,36	0,35
K ⁺	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
Al ³⁺	tr	tr	tr	tr	tr
H ⁺	15,1	12,5	11,8	7,0	9,9

Latosolo Roxo

<i>Perfil nº</i>	<i>884 a</i>	<i>884 b</i>	<i>884 c</i>	<i>884 d</i>
Horizonte	A	B	C1	C2
Profundidade cm	0 — 17	17 — 57	57 — 79	79 — 100
Argila %	33	41	52	47
Limo %	24	18	9	11
Areias %	43	41	39	42
Matéria orgânica %	2,93	1,69	1,76	1,48
pH	6,45	6,75	6,30	5,80
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE				
Ca ²⁺	4,89	2,34	0,52	0,42
Mg ²⁺	1,06	0,96	1,04	0,65
K ⁺	0,06	0,03	0,02	0,02
Al ³⁺	tr	tr	tr	tr
H ⁺	12,9	10,5	11,3	11,0

Latosolo Vermelho Escuro orto

<i>Perfil nº</i>	<i>974 a</i>	<i>974 b</i>	<i>974 c</i>	<i>974 d</i>	<i>974 e</i>
Horizonte	A11	A12	A3	B1	B21
Profundidade cm	0 — 8	8 — 14	14 — 32	32 — 52	52 — 80
Argila %	65	51	71	70	63
Limo %	14	24	11	11	15
Areias %	21	25	18	19	17
Matéria orgânica %	5,20	3,90	3,60	2,30	1,90
pH	4,80	5,00	4,00	5,15	5,66
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE					
Ca ²⁺	0,55	0,10	0,10	0,05	tr
Mg ²⁺	0,45	0,05	0,05	tr	tr
K ⁺	0,16	0,07	0,06	0,05	0,04
Al ³⁺	2,65	2,20	2,00	1,10	tr
H ⁺	14,35	9,30	9,70	7,40	7,10

Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa

<i>Perfil nº</i>	<i>947 a</i>	<i>947 b</i>	<i>947 c</i>	<i>947 d</i>	<i>947 e</i>	<i>947 f</i>
Horizonte	A11	A12	A3	B1	B21	B22
Profundidade cm	0 — 6	6 — 10	19 — 47	47 — 82	82 — 105	105 — 240
Argila %	21	16	18	18	24	26
Limo %	2	2	0	4	2	3
Areias %	77	82	82	78	74	71
Matéria orgânica %	3,93	1,78	1,50	1,10	0,80	0,70
pH	5,50	5,10	4,95	4,70	4,65	4,80
Ions trocáveis em e.mg/100g TFSE						
Ca ²⁺	3,05	0,20	0,10	0,05	0,05	tr
Mg ²⁺	1,95	0,60	0,25	0,20	0,20	0,05
K ⁺	0,50	0,28	0,26	0,07	0,05	0,06
Al ³⁺	tr	1,30	1,85	1,90	1,80	1,75
H ⁺	6,20	3,45	2,25	1,85	1,85	1,90

A metodologia empregada na caracterização do material em estudo foi a seguinte:

Granulometria — Foi determinada pelo método da pipeta, empregando-se o hidróxido de sódio como dispersante químico e agitação violenta para completar a dispersão, segundo o método proposto por Medina e Grohmann (20). As frações granulométricas foram grupadas conforme Buckman e Brady (5) pelo Sistema Internacional.

Bases Trocáveis — A extração foi feita percolando-se 10 g de solo com 100 ml de ácido nítrico a 0,05 N. O cálcio e o magnésio foram determinados pelo método do EDTA, segundo Raij (27). O potássio foi determinado por fotometria de chama, de acordo com Catani, Gallo e Gargantini (8).

H e Al trocáveis — Determinados pelo método do acetato de cálcio a pH 7, descrito por Paiva Netto e outros (25).

Matéria orgânica — Calculada, multiplicando-se o teor de carbono por 1,724.

Carbono — O método utilizado foi o de Tiurin, descrito por Vettori (30).

Superfície específica — Empregando-se o método de Heilman, Carter e Gonzalez (16).

2.3 — DETERMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESPECÍFICA DO SOLO E DA FRAÇÃO ARGILA

Segundo Mortland e Kemper (23), alguns métodos absolutos de medida das superfícies têm sido derivados de princípios fundamentais da termodinâmica, eletrostática e cinética (Bet, 1938; Harkins e Jura, 1944; e Harkins, 1952).

Diversos métodos relativos de estimar a superfície específica de solos e minerais de argila têm sido desenvolvidos em virtude da maior conveniência do seu uso, quando comparados com os métodos absolutos. Muitos dos métodos relativos se baseiam na adsorção, pelos materiais em estudo, de moléculas polares orgânicas, tais como o glicol etilênico — Dyal e Hendricks (11), glicerol — Diamond e Kinter (10) e Mehera e Jackson (21), e o éter monoetílico do etileno glicol — Carter, Heilman e Gonzalez (7).

Os dados obtidos com o uso dos métodos relativos têm sido correlacionados por alguns autores com os valores obtidos com os métodos absolutos, ao passo que outros os correlacionam com a superfície específica teórica dos minerais de argila tomados como padrão.

Segundo Dyal e Hendricks (11), para a determinação da superfície é necessário que haja formação de uma camada monomolecular recobrando todas as superfícies dos minerais de argila, inclusive as superfícies internas. Como a adsorção das moléculas polares orgânicas é proporcional à área das partículas, esta característica tem sido utilizada como método gravimétrico para estimar a superfície específica de solos e de minerais de argila.

A partir das medidas de adsorção de moléculas polares e da superfície específica teórica de determinados minerais de argila tomados como padrão (caulinita e montmorilonita) determina-se a quantidade de substância polar (glicol etilênico, glicerol e éter mo-

noetílico de etileno glicol) para formar uma monocamada em 1 m² da superfície dos minerais de argila.

2.3.1. — ESCOLHA DO MÉTODO

O método empregado com mais freqüência para a determinação da superfície específica do solo e seus colóides é o proposto por Bower e Gschwend (2), com pequenas modificações.

Neste trabalho, porém, adotou-se o método proposto por Heilman, Carter e Gonzalez (16), e que utiliza como fase adsorvida o éter monoetílico do etileno glicol (2-etoxietanol), que denominar-se-á EMEG.

Os resultados comparativos de determinação de superfície específica de minerais de argila mostram que tanto o método do glicol etilênico, GE, como o do EMEG apresentam resultados com alta correlação. Na relação dada a seguir são apresentados os valores médios de superfície específica de vários minerais de argila obtidos pelo método do GE e pelo método do EMEG, segundo Carter e outros (7).

<i>Minerais de argila</i>	<i>GE</i>	<i>EMEG</i>
	<i>m²/g</i>	<i>m²/g</i>
Haloisita 29	75,2	76,2
Hecterita 34	464,0	461,8
Pirofilita 49	7,0	6,2
Vermiculita	340,0	350,0

Segundo os mesmos autores, a relação entre as superfícies específicas totais de três minerais de argila — caulinita-5, illita-36 e a montmorilonita-21 — dos EUA, determinadas pelos métodos do GE e pelo EMEG, apresentou coeficiente de correlação $r = 0,999$. Estudos comparativos entre os resultados de superfície específica de solos obtidos por esses métodos, realizados por Heilman, Carter e Gonzalez (16), mostraram que o coeficiente de correlação entre superfície específica determinada por ambos os métodos, quando a pressão de vapor do GE e do EMEG é controlada, é de 0,982.

Esses mesmos autores mostraram que, comparando-se a superfície específica de solos determinada pelo método do GE, com pres-

são de vapor do GE controlada, e a superfície específica obtida pelo método do EMEG, sem controle de pressão de vapor do EMEG, o coeficiente de correlação foi $r = 0,995$.

A principal vantagem do emprego do método do EMEG, sem dúvida, é a de exigir menos tempo para que um excesso de EMEG se evapore, deixando uma monocamada na superfície adsorvente.

Os valores apresentados a seguir indicam a retenção do EMEG por 0,5 g da fração argila do horizonte B22 do Podzólico Vermelho Amarelo var. Piracicaba, após vários períodos de tempo de permanência no vácuo, à temperatura de 25°C e em porta-amostras de 4 cm de diâmetro, quando foram inicialmente adicionados, respectivamente às amostras A e B, 1004 e 1510 mg de EMEG:

<i>Permanência no vácuo</i>	<i>Retenção do EMEG em mg/g</i>	
	<i>A</i>	<i>B</i>
15 minutos	837,0	1009,0
45 minutos	34,5	35,0
75 minutos	34,0	34,0
100 minutos	34,0	34,0

Verifica-se que, apesar de um excesso de EMEG, as amostras estudadas atingiram o equilíbrio após 75 minutos de permanência no vácuo.

Na relação dada a seguir é comparada a evaporação no vácuo, durante 60 minutos, de superfícies livres de GE e de EMEG, puros, à temperatura de 25°C e em porta-amostras circular de 4 cm de diâmetro:

<i>Fase adsorvida</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Peso em mg após evaporação no vácuo</i>
Glicol etilênico, GE	1500	1237
Éter monoetilico do etileno glicol, EMEG	1500	7

Verifica-se que a evaporação do EMEG no vácuo é muito mais rápida que a do GE, sendo que essa característica do EMEG foi decisiva na escolha como fase adsorvida para a determinação da superfície específica de solos neste trabalho.

São relacionadas a seguir, algumas características do GE e do EMEG:

<i>Características</i>	<i>Glicol etilênico</i>	<i>Éter monoetílico do etileno glicol</i>
Fórmula	HOCH ₂ CH ₂ OH	C ₂ H ₅ OCH ₂ CH ₂ OH
Nome	1,2 — etanodiol	2 — etoxietanol
Peso molecular (g/mole)	62,07	90,12
Densidade (g/cm ³ a 20°C)	1,1155	0,9311
Ponto de ebulição (°C)	197,2	135,1
Pureza (bidestilado) (%)	99,99	99,99

2.3.2. — PRINCÍPIOS BÁSICOS RELACIONADOS COM A DETERMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESPECÍFICA TOTAL E INTERNA DO SOLO

O cálculo da superfície específica dos minerais de argila e colóides do solo se baseia na adsorção de uma camada monomolecular numa superfície conhecida, calculada teoricamente. Utilizam-se a montmorilonita e a caulinita como referências, visto ser possível calcular suas superfícies específicas teóricas a partir dos parâmetros de sua cela unitária, segundo Guyot (13), Dyal e Hendricks (11) e Jackson (18). Nesses cálculos determinam-se apenas as áreas dos planos basais, não se levando em conta as superfícies laterais, as quais são desprezíveis.

Cálculo da superfície específica teórica: — a) Superfície específica teórica da montmorilonita. — Tomando-se por base partículas de 0,5 μ de diâmetro médio e 100 Å de espessura (10 lâminas de 10 Å de espessura) e dimensões da cela unitária: a = 5,3 Å , e b = 9,05 Å , e peso molecular de 720, a superfície basal da unidade cristalina será:

$$(5,3 \times 9,05) \times 2 = 96 \text{ \AA}^2$$

A superfície específica calculada para 1 grama de montmorilonita será:

$$S = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 10^{-20} \times 96}{720} = 800 \text{ m}^2/\text{g}$$

A superfície basal externa calculada para uma placa de 10 lâminas será:

$$\frac{800}{10} = 80 \text{ m}^2/\text{g}$$

b) Superfície específica teórica da caulinita — Tomando-se por base partículas de 1 μ de diâmetro médio e de 0,05 μ de espessura, que é igual a 500 Å e igual a 71 lâminas de 7 Å de espessura, as dimensões da cela unitária: a = 5,14 Å , b = 8,93 Å e peso molecular 516,

a superfície basal da unidade será:

$$(5,14 \times 8,93) \times 2 = 91,8 \text{ Å}^2$$

Supondo-se que as superfícies basais de cada lâmina são acessíveis, a superfície total será:

$$S = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 10^{-20} \times 91,8}{516} = 1071 \text{ m}^2/\text{g}$$

A superfície basal externa calculada, levando-se em conta o número de lâminas por cristal, será:

$$\frac{1071}{71} = 15 \text{ m}^2/\text{g}$$

De acordo com Dyal e Hendricks (11) e Jackson (18), a superfície específica teórica da montmorilonita é de 808 m^2/g , resultado que pouco difere do apresentado por Guyot (13) e que é utilizado para o cálculo de recobrimento de uma molécula da fase adsorvida.

De acordo com os trabalhos de Bower e Gschwend (2) e de Carter, Heilman e Gonzalez (7), as quantidades de GE e de EMEG necessárias para a formação de uma camada monomolecular em 1 g de montmorilonita são 250 mg e 231,7 mg, respectivamente.

Dividindo-se por 250 e 231,7 a superfície específica da montmorilonita calculada teoricamente (808 m^2/g), obtêm-se, respectivamente, 3,23 m^2 e 3,49 m^2 , que correspondem à área da superfície recoberta por 1 mg de GE e EMEG.

2.3.3 — MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE ESPECÍFICA TOTAL (St) DO SOLO E DA FRAÇÃO ARGILA PELO EMPREGO DO ÉTER MONOETÍLICO DO ETILENO GLICOL (EMEG)

Para determinar a retenção do EMEG, uma amostra de 0,5 g de solo ou fração argila, isenta de matéria orgânica e previamente saturada com cálcio, é colocada em porta-amostras de 4 cm de diâmetro por 0,5 cm de altura, e submetida à secagem até peso constante, em dessecador contendo P_2O_5 e no qual se fez o vácuo.

Aproximadamente 1 ml de EMEG é adicionado à amostra e deixado equilibrar por uma hora. Em seguida, transfere-se a amostra para um dessecador de 25 cm de diâmetro interno que contenha $CaCl_2$. Estabelece-se o vácuo por meio de uma bomba, durante 45 minutos. Após esse tempo de funcionamento, o vácuo produzido, que é menor do que 0,2 mm de Hg, é mantido no dessecador durante 8 horas, e, então, desfeito, tomando-se a precaução de fazer com que ar isento de umidade penetre no dessecador. Pesada a amostra ela é imediatamente recolocada no dessecador, onde o vácuo é novamente restabelecido, por mais 45 minutos. Repete-se tal procedimento até que atinja uma constância de peso, o que se consegue, geralmente, após seis pesagens, dependendo da natureza do material empregado. Neste trabalho, a superfície específica foi determinada em nove amostras de cada vez (três amostras de solo com três repetições). Considerou-se constância de peso quando a diferença entre duas pesagens de uma mesma amostra não foi superior a 0,2 mg.

A superfície específica total do solo, em metros quadrados por grama, é calculada dividindo-se o peso de EMEG retido por grama de solo por 0,000286 g por metro quadrado ou, ainda, multiplicando-se por 3,4950 m^2 a quantidade de EMEG em miligrama por grama de solo. Tem-se, então:

$$St \text{ m}^2/\text{g} = \frac{\text{g EMEG/g de solo}}{0,000286^*} = \text{mg EMEG/g} \times 3,4950$$

A superfície específica total, St, representa áreas de exposição internas, Si, e externas, Se, dos materiais, de onde:

$$St = Si + Se$$

* $231,7/808 = 0,000286 \text{ g/m}^2 = 2,86 \times 10^{-4} \text{ g/m}^2$

Como a superfície específica interna (Si) é a diferença entre a superfície específica total (St) e a externa (Se), sua determinação em materiais que apresentam expansão implica no emprego de algum meio que elimine tal variação de volume. Isso se consegue aquecendo a amostra a 600°C, durante 4 horas (11). Nesse material, depois de frio, determina-se a retenção do EMEG e calcula-se a superfície específica externa. Por diferença obtém-se a superfície específica interna:

$$St - Se = Si$$

São apresentadas a seguir as superfícies específicas dos principais componentes da fração argila do solo, obtidas por vários autores:

<i>Natureza mineralógica</i>	<i>Superfície específica m²/g</i>	<i>Método de det. da sup. esp.</i>	<i>Autor</i>
Gibbsita	1	N ₂ — BET	Nelson & Hendricks, 1943
Anatásio	10	—	Jackson, 1956
Caulinita	10 — 30	N ₂ — BET	Brunauer, 1945; Fripiat, 1964
Goethita	30	N ₂ — BET	Hingston, 1968
Mica hidratada	100 — 200	N ₂ — BET	Brunauer, 1945
Clorita	100 — 175	—	Caillère-Hénin, 1963
Óxido de ferro	100 — 400	N ₂ — BET	Deshpand, 1968
Sílica amorfa	100 — 600	N ₂ — BET	Fripiat, 1964
Vermiculita	300 — 600	Glicol etilênico	Hendricks, Dyal, 1950
Alofanos	400 — 700	Glicol etilênico	Hendricks, 1955, 1968
Montmorilonitas	700 — 800	Glicol etilênico	Hendricks, Dyal, 1950
Matéria orgânica (aparente)	700 — 800	Glicol etilênico	Bower & Gschwend, 1952

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 — SUPERFÍCIE ESPECÍFICA DO SOLO DE PERFIS COM HORIZONTE B TEXTURAL E HORIZONTE B LATOSSÓLICO

Os dados de superfície específica do solo original, com todos os seus componentes, são apresentados nos quadros 1 e 2. Mostram eles que a superfície específica total acompanha, ao longo dos per-

fis, o teor de argila do solo, evidenciando uma correlação entre teor de argila e superfície específica.

Assim é que os solos com horizonte B textural apresentam uma variação de superfície específica mais pronunciada em profundidade. A superfície específica média do horizonte A, do solo original, é de 21,60 m²/g, enquanto a do horizonte B atinge 47,40 m²/g, refletindo bem a diferença de textura desses horizontes. O horizonte A apresenta um teor médio de argila de 15,5%, e o horizonte B, 28,8%.

Nos solos com horizonte B latossólico, os valores de superfície específica são mais elevados que os valores dos solos com horizonte B textural, em virtude do elevado teor de argila que apresentam. Entretanto, a variação dos valores da superfície específica é pequena, devido à pequena variação textural entre os horizontes A e B. O horizonte A do solo original apresenta em média uma superfície específica de 73,50 m²/g, e o horizonte B um valor de 70,20 m²/g. O teor de argila do horizonte A é de 39,9% e no B é de 42,8%.

Os perfis T. 2875 a T. 2879, Podzólico Vermelho Amarelo var. Piracicaba, apresentam valores elevados de superfície específica pelo fato de esses perfis apresentarem minerais de argila 2:1, segundo Raij (26). O tipo de mineral de argila presente no solo é fator que deve ser considerado. Assim é que a fração argila dos perfis 866 e 884, ambos latossolos, destaca a importância da composição mineralógica, na superfície específica, apresentada pelos dois perfis. As diferenças de superfície específica apresentadas refletem as diferenças de composição mineralógica entre eles. De acordo com Moniz e Jackson (22), a fração argila desses dois solos inclui, além de outros minerais, 11,0% e 30,0%, respectivamente, de alofanos, material de elevada superfície específica (quadro 2), o que explica as diferenças apresentadas pelos dois perfis.

QUADRO 1. — Superfície específica (St), em metros quadrados por grama do solo original, dos horizontes de perfis com B textural, de unidades de mapeamento de solos do Estado de São Paulo

Solo		Superfície específica			
PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ORTO					
Perfil N.º	740 a	740 b	740 c	740 d	
Horizonte	Ap	A2	B1	B2	
Profundidade cm	0 — 20	20 — 32	32 — 46	46 — 58	
St do solo original	21,80	29,00	58,00	63,00	
PODZOLIZADO DE LINS E MARÍLIA, VAR. MARÍLIA					
Perfil N.º	902 a	902 b	902 c	902 d	902 e
Horizonte	Ap	A21	A22	B21	B22
Profundidade cm	0 — 15	15 — 28	28 — 45	45 — 75	75 — 100
St do solo original	12,70	10,00	19,50	59,80	58,00
PODZOLIZADO DE LINS E MARÍLIA, VAR. LINS					
Perfil N.º	949 a	949 b	949 c	949 d	
Horizonte	Ap	A2	B1	B2	
Profundidade cm	0 — 14	14 — 30	30 — 47	47 — 100	
St do solo original	49,30	27,00	38,00	41,00	
PODZÓLICO VERMELHO AMARELO VAR. LARAS					
Perfil N.º	T. 2838	T. 2839	T. 2840	T. 2841	T. 2842
Horizonte	A1	A2	B1	B21	B22
Profundidade cm	0 — 6	6 — 30	30 — 70	70 — 115	115 — 150
St do solo original	12,40	12,40	36,00	36,50	36,50
PODZÓLICO VERMELHO AMARELO VAR. PIRACABA					
Perfil N.º	T. 2875	T. 2876	T. 2877	T. 2878	T. 2879
Horizonte	Ap	A2	B21	B22	B3
Profundidade cm	0 — 3	3 — 10	10 — 18	18 — 28	28 — 43
St do solo original	155,00	169,60	224,10	219,90	191,30

QUADRO 2. — Superfície específica (St), em metros quadrados por grama de solo original, dos horizontes de perfis com B latossólico, de unidades de mapeamento de solos do Estado de São Paulo

Solo	Superfície específica					
	866 a	866 b	866 c	866 d	866 e	
LATOSSOLO ROXO						
Perfil N.º	866 a	866 b	866 c	866 d	866 e	
Horizonte	Ap	A3	B21	B22	B/C	
Profundidade cm	0 — 13	13 — 43	43 — 70	70 — 105	105 — 180	
St do solo original	90,40	68,00	71,00	72,00	74,50	
LATOSSOLO ROXO						
Perfil N.º	884 a	884 b	884 c	884 d		
Horizonte	A	B	C1	C2		
Profundidade cm	0 — 17	17 — 57	57 — 79	79 — 100		
St do solo original	95,00	98,20	91,10	80,20		
LATOSSOLO VERMELHO ESCURO ORTO						
Perfil N.º	974 a	974 b	974 c	974 d	974 e	
Horizonte	A11	A12	A3	B1	B21	
Profundidade cm	0 — 8	8 — 14	14 — 32	32 — 52	52 — 80	
St do solo original	106,50	85,00	95,00	99,70	100,00	
LATOSSOLO VERMELHO ESCURO FASE ARENOSA						
Perfil N.º	947 a	947 b	947 c	947 d	947 e	947 f
Horizonte	A11	A12	A3	B1	B21	B22
Profundidade cm	0 — 6	6 — 19	19 — 47	47 — 82	82 — 105	105 — 240
St do solo original	44,20	44,40	38,00	32,00	36,00	48,00

4 — CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

a) A superfície específica do solo de perfis com horizonte B textural é, em geral, menor do que a superfície específica dos solos de perfis com horizonte B latossólico.

b) A superfície específica é correlacionada com o teor de argila dos solos estudados.

c) A superfície específica varia, significativamente, com o tipo de mineral de argila presente na fração argila do solo.

SPECIFIC SURFACE AREA OF SOILS OF THE STATE OF SÃO PAULO. I — STUDY OF PROFILES WITH TEXTURAL B HORIZON AND WITH LATOSSOLIC B HORIZON

SUMMARY

The ethylene glycol monoethyl ether method was used for determining the soil surface area of 43 soil samples. The samples represent 5 profiles of soils with a textural B horizon and 4 ones with latossolic B horizon.

The soils with a textural B horizon presented in the A horizon a specific surface area of 21.60 m²/g and in the B horizon a value of 47.40 m²/g. This difference in specific surface area is related to the texture of the horizons.

The A and B horizons of the soils with latossolic B horizon present a specific surface area of 73.50 and 70.20 m²/g, respectively. The clay content of the A horizon is 39.9 percent and in the B horizon 42.8 percent.

The highest results of specific surface area in the profile (T. 2875 to T. 2879) are related with the kind of clay minerals present in the clay and silt fractions of the soil.

LITERATURA CITADA

1. AOMINE, S. & OTSUKA, H. Surface of soil allophanic clays. In: Trans. International Congress of Soil Sci., 9th., Adelaide, Australia, 1968. v.1. p.669-678.
2. BOWER, C. A. & GSCHWEND, F. B. Ethylene glycol retention by soils as a measure of surface and interlayer swelling. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 16:342-345, 1952.

3. BRUNAUER, S. The adsorption of gases and vapors: physical adsorption. London, Princeton Univ. Press, 1945. 511p.
4. ———; EMMETT, P. H. & TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layer. *J. Am. Chem. Soc.* 60:309-311, 1938.
5. BUCKMAN, H. O. & BRANDY, N. C. Some important physical properties of mineral soils. In: ———. The nature and properties of soils. 6. ed. New York, Mac Millan, 1960. p. 39-68.
6. CAILLERE, S. & HENIN, S. *Minéralogie des argiles*. Paris, Masson, 1933. 355p.
7. CARTER, D. L.; HEILMAN, M. D. & GONZALEZ, G. L. Ethylene glycol monoethyl ether for determining surface area of silicate minerals. *Soil Sci.* 100:356-360, 1965.
8. CATANI, R. A.; GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1960. 29p. (Boletim 69)
9. DESHPAND, T. T.; GREENLAND, D. J. & QUIRK, J. P. Changes in soil properties associated with the removal of iron and aluminium oxides. *J. Soil Sci.* 19:108-122, 1968.
10. DIAMOND, S. & KINTER, E. B. Surface area of clay minerals as derived from measurements of glycerol retention. *Clays and Clay Minerals* 5:334-347, 1956.
11. DYAL, R. S. & HENDRICKS, S. B. Total surface of clays in polar liquids as a characteristic index. *Soil Sci.* 69:421-432, 1950.
12. FRIPIAT, J. J. Surface chemistry and soil science. Proc. 11th Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham, 1964. 13p.
13. GUYOT, J. Mesure des surfaces spécifiques des argiles par adsorption. *Ana. Agron.* 20(4):333-359, 1969.
14. HARKINS, W. D. The physical chemistry of surface films. New York, Reinolds, 1952.
15. ——— & JURA, G. Surface of solids. *J. Am. Chem. Soc.* 66:1366-1373, 1944.
16. HEILMAN, M. D.; CARTER, D. L. & GONZALEZ, C. L. The ethylene glycol monoethyl ether technique for determining soil surface area. *Soil Sci.* 100:409-413, 1965.
17. HINGSTON, F. J. Specific sorption of anions on goethite. In: *Trans. International Congress of Soil Sci.*, 9th, Adelaide, Australia, 1968. v.I. p.669-678.
18. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis: advanced course. Madison Univ. Wisconsin, Dep. Soils, 1956. 894p.
19. ——— & SHERMAN, G. D. Chemical weathering of minerals in soil. *Adv. Agron.* 5:211-318, 1953.
20. MEDINA, H. P. & GROHMANN, F. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. In: *Congr. Bras. de Ciência do Solo*, 6., Salvador, 1962. *Anais.* p.29-38.
21. MEHERA, O. P. & JACKSON, M. L. Specific surface determination by duo-interlayer and mono-interlayer glycerol sorption for vermiculite and montmorillonite analysis. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 23:351-354, 1959.

22. MONIZ, A. C. & JACKSON, M. L. Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soils derived from basic rocks and slate. Madison, University of Wisconsin, 1967. 75p. (Wisconsin Soil Science Report 212)
23. MORTLAND, M. M. & KEMPER, W. D. Specific surface. In: BLACK, C. A., ed. Methods of soil analysis: Part I. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.532-544.
24. NELSON, R. A. & HENDRICKS, S. B. Specific surface area of some physical and chemical properties of soils. Soil Sci. 56:285-296, 1943.
25. PAIVA NETTO, J. E.; NASCIMENTO, A. C.; KÜPPER, A.; VERDADE, F. C.; MEDINA, H. P. & GROHMANN, F. Métodos analíticos para a caracterização química do solo. In: Solos da Bacia Paraná-Uruguaí. São Paulo, Comissão Internacional da Bacia Paraná-Uruguaí, 1961. p.108-134.
26. RAIJ, B. VAN A capacidade de troca de cations das frações orgânica e mineral em solos. Campinas, 1967. 67fls. (Tese de doutoramento apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP)
27. ————— Determinação de cálcio e magnésio pelo EDTA em extratos ácidos de solos. Bragantia 25:317-326, 1966.
28. SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim 12)
29. SOIL SURVEY STAFF. Supplement to soil classification system. (7th approximation). Washington, U.S. Department of Agriculture, 1967. 205p.
30. VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, D.P.F.S., 1966. 19p. (Mimeografado)