

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 15

Campinas, janeiro de 1956

N.º 4

INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NA CAPACIDADE DE TROCA DE CÂTIÕES DO SOLO (*)

F. DA COSTA VERDADE

Engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônomo

RESUMO

Os solos do Estado de São Paulo possuem, predominantemente, argilas do tipo caolinita, de baixa capacidade de cátions permutáveis, o que leva a atribuir à matéria orgânica uma grande parte da capacidade de troca de cátions desses solos.

Para avaliar a capacidade de troca de cátions da fração orgânica, é esta destruída pela H_2O_2 a 12%, dosando-se, pelo processo de acetato de amônio, a C.T.C. no solo original e no solo tratado.

Dos trabalhos efetuados, verificou-se que nos solos argilosos as primeiras frações da matéria orgânica destruídas possuem pequena capacidade de troca de cátions, enquanto as mais resistentes têm essa propriedade em maior escala. Nos solos arenosos, todas as frações orgânicas parecem apresentar a capacidade de troca com a mesma magnitude.

Para os solos arenosos e terras roxas há indicações de existir um teor crítico de carbono, abaixo do qual a fração orgânica inibe a capacidade de troca de cátions da fração mineral. Acima desse teor deve também haver diminuição, porém em virtude da matéria orgânica possuir alta capacidade de troca, tal fenômeno não é aparente. Os solos argilosos, tipo Massapé-Salmourão, deram resultados muito esparsos e nenhuma conclusão se obteve.

Nos solos argilosos a C.T.C. da matéria orgânica representa 30 a 40% da total e nos solos arenosos, 50 a 60%.

A maior produção agrícola do Estado está situada nos solos arenosos do tipo Bauru, onde o teor de matéria orgânica é pequeno, as condições de decomposição da matéria orgânica são ótimas e a sua influência na capacidade de troca de cátions é bastante elevada. Conclui-se que a matéria orgânica é crítica para qualquer plano de fertilidade dum solo, principalmente para os arenosos.

1 - INTRODUÇÃO

Contribuem para a capacidade de troca de cátions do solo, a fração mineral e a orgânica. Este fato, já conhecido há muito tempo, conduziu a numerosas pesquisas sobre as propriedades físico-químicas da matéria orgânica, como é indicado por Muller (3) e Waksman (10).

A maior parte dos solos do Estado de São Paulo pertence aos grandes grupos de solos **vermelho-amarelo podzólicos** e **latossólicos**, em geral tendo dominância de caolinita e óxidos hidratados de ferro e alumínio nos

(*) A parte estatística do presente trabalho foi sugerida pelo engenheiro-agrônomo Armando Conagin, ao qual agradecemos a colaboração.

Recebido para publicação em 16 de outubro de 1955.

colóides minerais (5). A caolinita tem pequena capacidade de troca de cátions, indo de 1,5 a 20,2 e. mg/100 g de argila sêca a 105° C (2). Segundo Paiva (5), ela constitui 1 a 30% do solo, dependendo essa quantidade diretamente da textura do solo. Êsse autor ainda assinala que a capacidade de troca de cátions para ditos solos é de 2,3 a 40 e. mag/100 g de terra fina sêca a 105-110° C. Daqueles dados infere-se que outros colóides, além da caolinita, concorrem também para o fenômeno. A matéria orgânica, pela alta capacidade de troca de suas frações (116 a 382 e. mg/100 g de material, segundo Mc George, citado por Waksman (10), deve ser responsável em grande parte pela capacidade de troca de cátions dos solos do Estado.

Nêste trabalho procurou-se investigar a porcentagem da capacidade de troca de cátions atribuída à matéria orgânica e quais os solos do Estado em que essa propriedade mais se manifesta.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

Os solos usados para o presente estudo correspondem a uma série de perfis retirados pelos técnicos da Seção de Agrogeologia por todo o Estado, durante os últimos 15 anos. Êstes solos serão aqui referidos pelos mesmos nomes como já foram apresentados por Paiva e outros (7).

Determinando a C.T.C. (1) em solo virgem e no mesmo solo depois de destruída a matéria orgânica pela H₂O₂, obteve-se por diferença, admitindo-se que a água oxigenada não produz efeito em outras frações do solo, a C.T.C. relativa à matéria orgânica.

A determinação da C.T.C. foi feita pelo processo do acetato de amônio, como é descrito por Schollenberger e Simon (8), variando-se a maneira de percolar e o volume dos extratores (6).

A matéria orgânica foi destruída por tratamentos sucessivos com água oxigenada a 12%, conforme resultados já apresentados anteriormente (9). Em tôdas as determinações sempre se trabalhou com amostras em duplicata.

A destruição da matéria orgânica foi feita da seguinte maneira: 5 g de terra fina são transferidos para béquer tarado de 150 ml e tratados com 10 ml de H₂O₂ a 12%, cobrindo-se o béquer com vidro de relógio para evitar as projeções de solo. Uma vez cessada a reação, secar em banho maria, lavar o vidro de relógio com água destilada, transferindo os resíduos aí depositados para o copo, e juntar água destilada até completar aproximadamente 120 ml. Adicionar algumas gotas de CaCl₂ a 20%, para auxiliar a precipitação da argila, deixar em repouso durante a noite e no dia seguinte aspirar o líquido sobrenadante com trompa d'água. Secar o solo em banho maria e repetir o tratamento, se conveniente. O número de tratamentos com água oxigenada seguido nêste trabalho dependeu do conteúdo de carbono do solo, usando-se o seguinte critério: solos com menos de 1% de carbono, dois tratamentos; 1 a 2%, três tratamentos; 2 a 5%, quatro tratamentos; 5 a 8%, cinco tratamentos. Após o último tratamento e respectiva secagem no banho maria, o solo é moído dentro do béquer com uma espátula, sêco na estufa a 105-110° C, tarado o béquer e pesado o solo, que é transferido para o tubo

(1) Capacidade de troca de cátions.

de percolação onde se dosará a capacidade de troca. A C.T.C. é referida a 100 g do solo original.

3 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os estudos tiveram por finalidade verificar o comportamento da água oxigenada na capacidade de troca de cátions, as relações entre a capacidade de troca de cátions do solo e a porcentagem de carbono, e a influência da matéria orgânica nessa propriedade, para os diferentes tipos de solos do Estado.

3.1 - AÇÃO DA ÁGUA OXIGENADA SOBRE A CAPACIDADE DE TROCA DE CATÍONS

Os solos empregados neste trabalho foram: terra roxa (perfil 402 a), massapé-salmourão (perfil 524 a), e arenito Bauru (perfil 547 a). Para cada solo um conjunto de amostras era tratado convenientemente, de modo a apresentar todos os graus de oxidação da matéria orgânica. Dosou-se o carbono e a capacidade de troca e os resultados estão expressos no quadro 1.

QUADRO 1. — Resultados obtidos nas determinações de C e C.T.C. em três tipos de solos cujas amostras sofreram a ação de doses crescentes de H_2O_2 (1)

Tratamento	H_2O_2 adicionada	Perfil 402 a		Perfil 524 a		Perfil 547 a	
		C em 100 g solo	C.T.C. em 100 g so- lo inicial	C em 100 g solo	C.T.C. em 100 g so- lo inicial	C em 100 g solo	C.T.C. em 100 g so- lo inicial
	<i>g</i>	%	<i>e. mg</i>	%	<i>e. mg</i>	%	<i>e. mg</i>
1.....	0,0	2,17	15,61	1,77	12,47	0,81	5,80
2.....	2,4	1,53	14,39	1,64	11,36	0,80	4,56
3.....	4,8	1,47	14,55	1,69	11,63	0,25	2,80
4.....	7,2	1,26	14,27	1,63	12,40	0,15	2,61
5.....	9,6	1,44	11,06	0,64	6,23	0,16	2,02
6.....	12,0	0,90	11,01	0,33	7,04	0,13	1,79
7.....	14,4	0,73	9,25	0,28	7,30	0,13	1,98
8.....	16,8	0,65	8,47	0,21	6,37	0,102	2,46
9.....	19,2	0,57	8,14	-----	-----	0,100	2,63

(1) Médias de duas repetições.

Os resultados indicam que, ao se processar a destruição da matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions diminui. Para os solos 402 a e 524 a, as frações orgânicas inicialmente destruídas têm menor capacidade de troca que as destruídas posteriormente (mais resistente à oxidação), o que não aconteceu com o solo arenoso, perfil 247 a, visto a capacidade de troca diminuir bastante desde as primeiras oxidações. Esse fenômeno, das frações orgânicas iniciais possuírem pequena capacidade de troca, já foi indicado por Olson e Bray (4), que, porém, acharam para as últimas frações,

mais resistentes, ser menor a capacidade de troca, o que contradiz os resultados atrás. Entretanto, êsses autores não trabalharam com solos de textura arenosa.

Os dados apresentados, apesar de serem em número reduzido, devem ser gerais para todos os solos, visto confirmarem resultados obtidos em outras condições.

É de concluir-se que a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica, quando determinada através da sua destruição pela água oxigenada, representa uma fração do total porque a parte não destruída ainda contém essa propriedade. Nêsse sentido devem ser encarados os estudos a serem apresentados a seguir.

3.2 - CAPACIDADE DE TROCA DE CATÍONS EM FUNÇÃO DO CARBONO

Admitindo-se que as variações da capacidade de troca de cátions dos solos tratados com água oxigenada sejam devidas à matéria orgânica, e que o tratamento empregado seja eficiente na destruição do carbono, a relação entre carbono destruído e capacidade de troca de cátions da matéria orgânica pode ser inferida pelas figuras 1, 2 e 3.

Na figura 1 é apresentada a C.T.C. do solo em função do teor de carbono. Êsses dados representam 60 amostras superficiais de solos típicos do Estado. Apesar dêsses solos serem bastante diferentes entre si, principal-

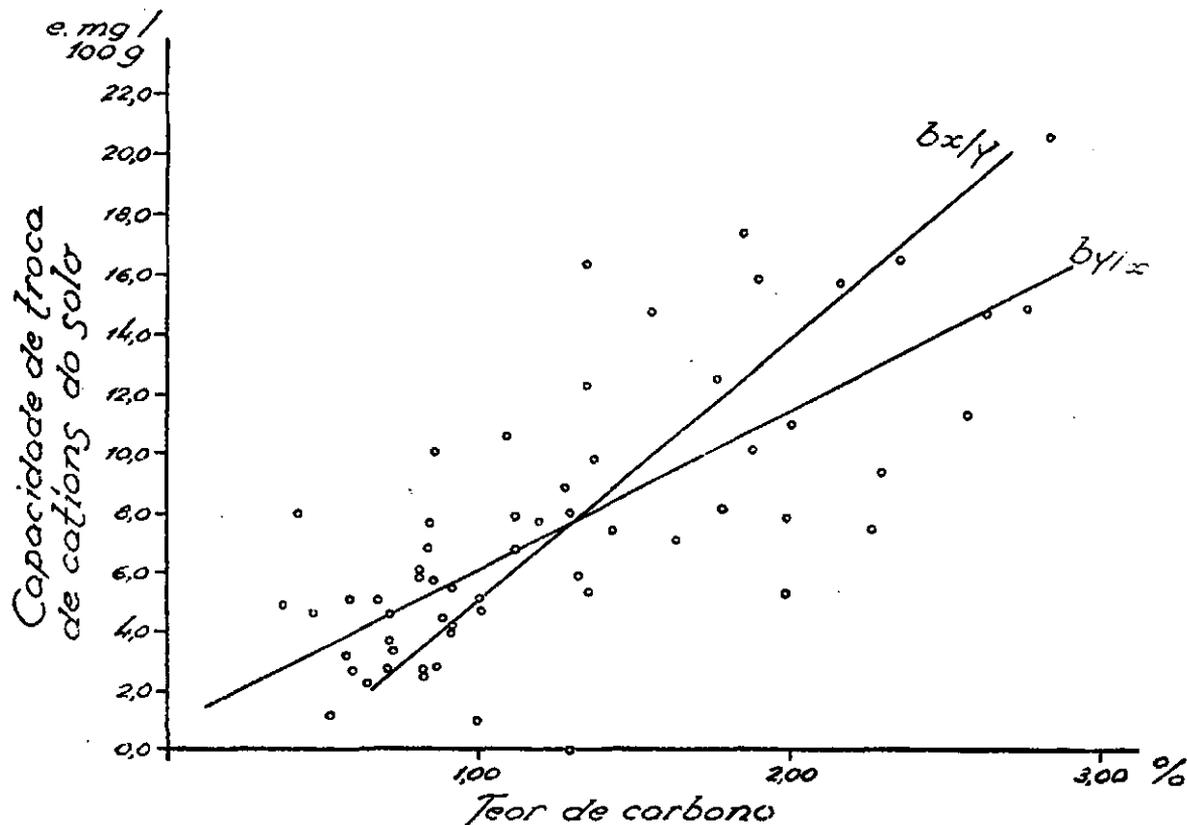


FIGURA 1. — Correlação entre a capacidade de troca de cátions e o teor de carbono, obtida de 60 amostras superficiais de solos típicos do Estado de São Paulo.

mente do ponto de vista textural, a correlação entre a capacidade de troca de cátions do solo e o teor de carbono é altamente significativa (1%), sendo $r=0,7823$.

Esta correlação estreita só se torna clara pela predominância dum tipo de argila (caolinita) e porque o teor de matéria orgânica dos solos do Estado está na dependência da textura dêstes (2). Portanto, solos com textura fina possuem maior capacidade de troca na fração mineral, porém, contendo mais matéria orgânica, esta aumenta de muito a C.T.C. do solo, de modo a manter-se ainda a correlação.

Nas figuras 2 e 3 representou-se a C.T.C. da matéria orgânica (porcentagem total do solo) em função do teor de carbono do solo original. A figura 2 corresponde às terras roxas e a figura 3 aos solos arenosos. Em ambos os

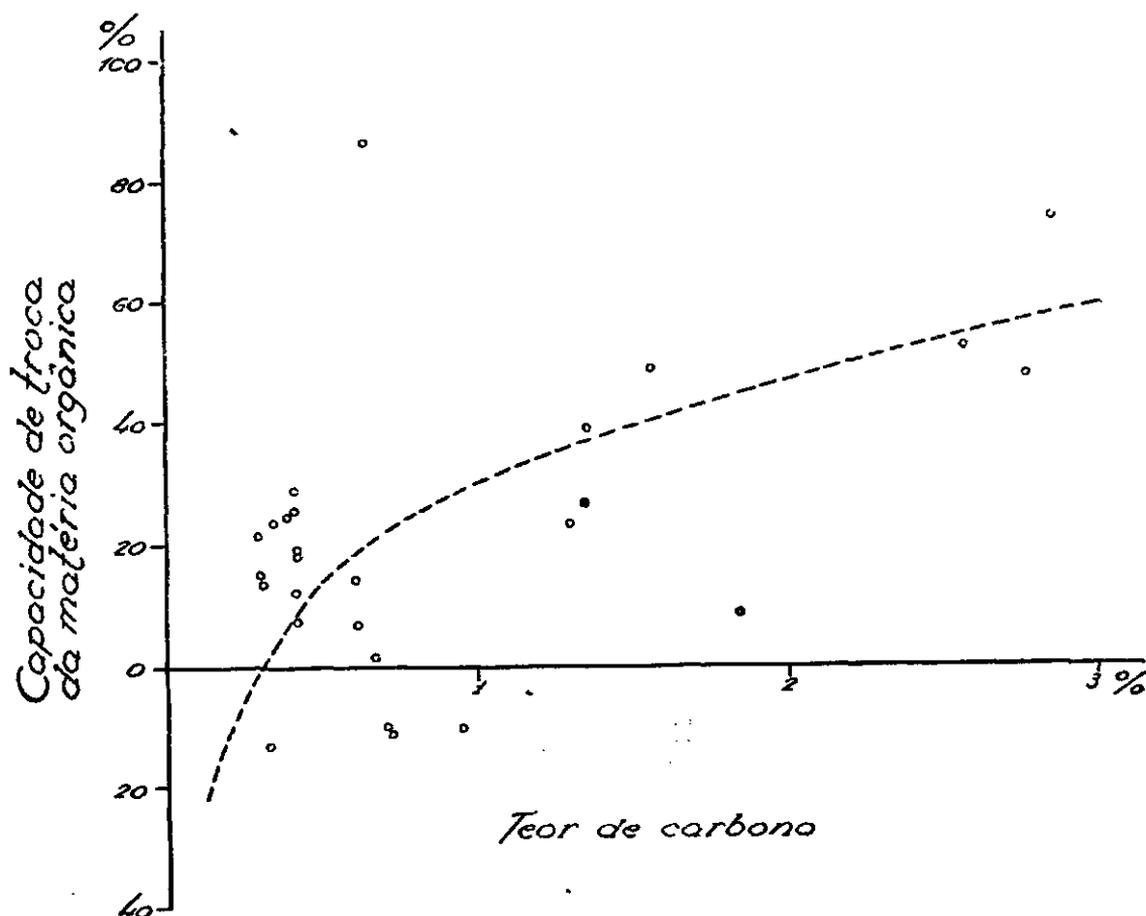


FIGURA 2. — Relação entre a porcentagem da capacidade total de troca de cátions do solo atribuída à matéria orgânica, e o teor de carbono do solo original (Terra roxa).

casos incluíram-se diferentes camadas do perfil para se analisar limites amplos de matéria orgânica, visto a camada superficial ser relativamente muito rica. Nos solos argilosos, tipo massapé-salmourão, os resultados foram muito esparsos e nenhuma conclusão foi tirada.

(2) Os trabalhos em realização na Seção de Agrogeologia parecem indicar que o teor de carbono, para solos bem drenados, depende do fator *material originário* e não do *clima*, que é relativamente homogêneo para a maior parte do Estado.

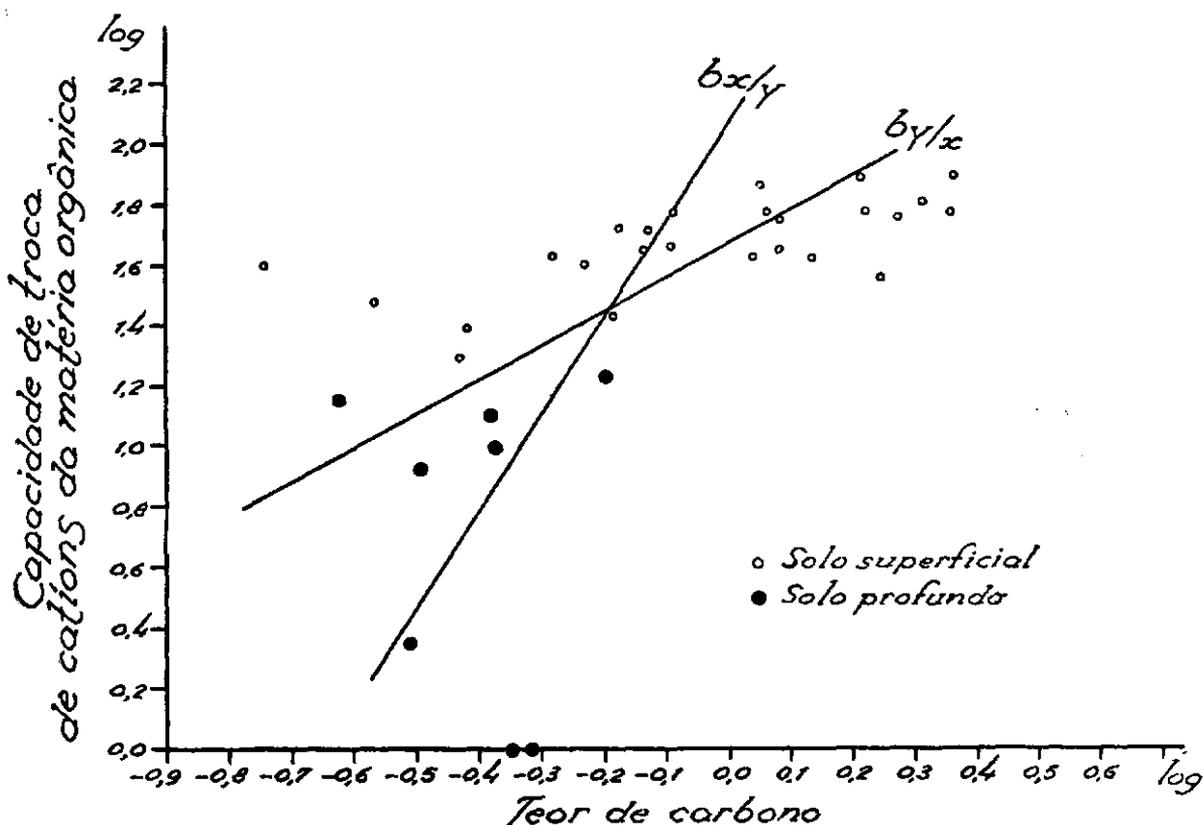


FIGURA 3. — Correlação entre a porcentagem da capacidade total de troca de cátions do solo atribuída à matéria orgânica, e o teor de carbono do solo original (Solo arenoso).

Na figura 2, para as terras roxas, nota-se que algumas amostras das camadas inferiores dos perfis aumentam a C.T.C. quando a matéria orgânica é destruída. Este fenômeno já fôra indicado por Bradfield, citado por Waksman (10), que concluiu não ser sempre a capacidade de troca de cátions do solo uma simples adição das capacidades das frações mineral e orgânica. A curva pontilhada na figura 2 representaria a C.T.C. da matéria orgânica em função do carbono dos solos "terras roxas", caso não existissem numerosas exceções. Essa curva teórica cortando o eixo dos x e não sua origem, indica que os teores de carbono nêsse ponto ou abaixo irão prejudicar a C.T.C. da fração argila, pela inibição da mesma. Para os teores acima dêsse ponto, caso a curva fôsse verdadeira, o fenômeno também deveria existir, mas como a matéria orgânica tem alta C.T.C., êle não é visível. Ao procurar estabelecer a correlação entre os logaritmos das duas variáveis, obteve-se $r=0,362$ para 27 amostras, não sendo significativa, se bem que a probabilidade estivesse próxima do valor crítico $P=5\%$. Visto certas amostras indicarem que a curva é verdadeira (amostras cuja destruição do carbono aumenta a C.T.C.) e outras não, esta parte está sendo estudada com mais detalhes e será relatada em outro trabalho.

Na figura 3 está representada a correlação entre a porcentagem da capacidade de troca de cátions da matéria orgânica e o teor de carbono do solo. A representação das duas variáveis é logarítmica, e a correlação foi altamente significativa (1%), sendo $r=0,595$ para 34 amostras. Analisando

a figura 3 parece que o fenômeno, quando traduzido por uma reta, não representa bem a realidade, desta sendo mais próxima uma curva hiperbolóide. Para qualquer curva que se tente representar, os pontos à esquerda são sempre esparsos, ao passo que à direita êles são mais aproximados entre si, isto é, a correlação é bem estreita. Esta distribuição irregular dos pontos à esquerda pode provir da inibição da C.T.C. da fração mineral pela matéria orgânica. Para solos ricos em carbono a inibição seria total e para os solos pobres em matéria orgânica, parcial. Estas considerações talvez explicassem o fenômeno. Outra explicação residiria no tipo de matéria orgânica existente no solo, pois como se indica na figura, todos os pontos inferiores percencem a camadas e dos perfis, com cêrca de 1 m de profundidade. Esta figura 3 parece reforçar a hipótese de que a matéria orgânica inibe a capacidade de troca de bases da fração mineral.

Em virtude dessas considerações, parece que o fenômeno assinalado por Bradfield é mais geral que o por êle indicado.

3.3 - SITUAÇÃO DA CAPACIDADE DE TROCA DE CATIÖNS DA MATÉRIA ORGÂNICA, PARA OS SOLOS DO ESTADO DE S. PAULO

As determinações da capacidade de troca da matéria orgânica levaram à determinação de médias em porcentagens da total, transcritas abaixo, para a maior parte dos solos do Estado.

Tipo de solo	C.T.C. da matéria orgânica	
		%
Massapé-Salmourão	-----	36
Terras Roxas	-----	39
Terciário arenoso	-----	53
Botucatu	-----	54
Glacial arenoso	-----	57
Bauru	-----	58

Os resultados indicam que os solos de textura mais fina (Terras Roxas e Massapé-Salmourão) possuem menor porcentagem de C.T.C. devida à matéria orgânica, naturalmente por possuírem maior teor de argila.

Para os solos de textura grossa (terciário arenoso, Botucatu, Glacial arenoso e Bauru) a matéria orgânica exerce grande influência, pois mais de 50% da capacidade de troca é devida aos colóides orgânicos. Como êstes solos, pela sua constituição textural, têm capacidade baixa de troca de cations, o valor da matéria orgânica é acentuado, podendo mesmo ser crítico na retenção de bases pelo solo, ou retenção de cations dos adubos. Êstes solos, comparados com os anteriores, são pobres em matéria orgânica e, também, têm melhores condições para maior destruição da mesma. Sendo a fração orgânica a maior responsável pela propriedade físico-química em estudo, a sua destruição vem diminuir de muito as possibilidades de trocas de cations entre a planta e o solo. Êste fato, já indicado anteriormente para solos arenosos por Bartlett (1), deve merecer atenção especial para os problemas de fertilidade dos solos, principalmente para o arenito Bauru, onde se situa a maior produção agrícola do Estado.

CATION-EXCHANGE CAPACITY OF THE ORGANIC FRACTION OF SOILS

SUMMARY

Well drained soils of the State of São Paulo belong to the great red-yellow podzolic and latosolic soil groups. These soils have predominantly kaolinite and hydrated iron and aluminum oxides in the clay fractions. The cation-exchange capacity and other data on these soils show that the organic fraction must play an important role in the cation-exchange process.

The study of the adsorptive capacity of the organic matter was done by destruction of the organic fraction of the soil by 12% hydrogen peroxide.

For heavy textured soils the results show that the organic fraction most resistant to oxidation had a higher cation-exchange capacity than the portion first oxidized. For sandy soils all organic fractions had the same magnitude in the base adsorbing power.

It was observed that the organic matter seems to inhibit the base-exchange capacity of the mineral fraction. Plotting the percentage of cation-exchange capacity of the organic fraction against the percentage of organic carbon in the soil, a curve is determined which shows the inhibition phenomenon. The results were rather scattered and the experiments are now being repeated to elucidate these observations.

The organic cation-exchange capacity of soils in São Paulo is 30-40% for fine textured soils and 50-60% for sandy soils. Since most of the farming land in São Paulo belongs to the sandy soil group called Bauru, the problem of maintaining or increasing the fertility of these soils is dependent on their organic matter content.

LITERATURA CITADA

1. **BARTLETT, J. B., RUBLE, R. W. & THOMAS, R. P.** The influence of hydrogen peroxide treatments on the exchange capacity of Maryland soils. *Soil Sci.* 44:123-138. 1937.
2. **LEWIS, D. R.** Base exchange data. *In* Kerr, P. F., Hamilton, P. K., Pill, R. J. [e outros], ed. *Analytical Data on reference clay materials.* New York, Columbia University, 1950. p. 91-124. (American Petroleum Institute, Preliminary Report n.º 7)
3. **MULLER, J. F.** Some observations on base exchange in organic materials. *Soil Sci.* 35:229-237. 1933.
4. **OLSON, L. C. & BRAY, R. H.** The determination of the organic base-exchange capacity of soils. *Soil Sci.* 45:483-496. 1938.
5. **PAIVA, J. E. (neto),** A "fração argila" dos solos do Estado de São Paulo e seu estudo roentgenográfico. *Bragantia* 2:[355] - 432. 1942.
6. —————, **CATANI, R. A., QUEIROZ, M. S. & KÜPPER, A.** Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. *Reunião Brasileira de Ciência do Solo, la, Rio de J., 1950 Anais.* p. [79] - 108.
7. —————, **KÜPPER, A.** [e outros]. Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.
8. **SCHOLLENBERGER, C. J. & SIMON, R. H.** Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil. Ammonium acetate method. *Soil Sci.* 59:13-24. 1945.
9. **VERDADE, F. C.** Ação da água oxigenada sobre a matéria orgânica do solo. *Bragantia* 13:[287] - 295. 1954.