

**Estudos Sobre a Correção da Acidez do Solo Causada Pelo  $Al^{+3}$  Trocável: II, Efeitos Sobre os Teores de  $Ca^{+2}$  Trocável, a Porcentagem de Saturação em Bases e os Teores de Fósforo Solúvel em Solução 0,05 N em Ácido Sulfúrico de Solos das Séries Sertãozinho e Monte Olimpo e das Unidades 2 e 18.**

**GERARDO MORENO SERVIN, FRANCISCO A. F. DE MELLO  
& ROBERTO S. MORAES**

**Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Universidade de São Paulo — Piracicaba**

**RESUMO**

Este trabalho é uma continuação da série iniciada por SERVIN & al (1972). Foi executado com o intuito de se estudar os efeitos da adição de doses crescentes de  $CaCO_3$  sobre o teor de cálcio trocável, a porcentagem de saturação em bases e a solubilidade do P em 4 terras, duas de Piracicaba e duas de Rio das Pedras, Estado de S. Paulo. A quantidade básica de  $CaCO_3$  a ser empregada foi determinada pelo método de  $Al^{+3}$  trocável.

De um modo geral se verificou:

- a) As adições de  $CaCO_3$  elevaram o teor de  $Ca^{+2}$  trocável das terras.
- b) A relação entre as doses de  $CaCO_3$  empregadas e a porcentagem de saturação em bases foi linear nas 4 terras estudadas.
- c) Os efeitos do  $CaCO_3$  sobre a solubilidade do P foi variável entre as terras, de sorte que nenhuma conclusão definida pode ser tirada

## INTRODUÇÃO

No presente trabalho, que é uma continuação da publicação anterior dos mesmos autores (SERVIN & al, 1972) são apresentados os resultados obtidos após incubação de solos ácidos com quantidades crescentes de carbonato de cálcio sobre as seguintes características das terras: Ca+2 trocável, porcentagem de saturação em bases e teores de fósforo solúvel em solução 0,05 N em ácido sulfúrico.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As terras empregadas no estudo pertencem às séries Sertãozinho e Monte Olimpo, do município de Piracicaba (RANZANI et al, 1966), e às unidades 2 (MEDEIROS, 1971) e 18 (ESCOBAR, 1969), do município de Rio das Pedras, todas do Estado de São Paulo, Brasil.

Porções de 1.000g de cada terra (T.F.S.A.) foram intimamente misturadas com carbonato de cálcio p.a., em doses crescentes, de acordo com o teor de Al+3 permutável das mesmas. Os tratamentos foram os seguintes:

Tratamento	Quantidade de cálcio aplicada como CaCO <sub>3</sub>
Testemunha	sem adição de CaCO <sub>3</sub> .
1	Estequiometricamente igual à quantidade de Al+3 trocável em 1.000g de terra.
2	Estequiometricamente igual a duas vezes a quantidade de Al+3 trocável existente em 1.000g de terra.
3	Estequiometricamente igual a três vezes a quantidade de Al+3 trocável existente em 1.000g de terra.
4	Estequiometricamente igual a quatro vezes a quantidade de Al+3 trocável existente em 1.000g de terra.

O tratamento 1 corresponde, para cada terra, às seguintes quantidades de CaCO<sub>3</sub> por 1.000g da mesma:

---

Terra	Quantidade de CaCO <sub>3</sub> , em mg/1000g de T.F.S.A.
Série Sertãozinho	170,0
Série Monte Olimpo	1.410,0
Unidade 2	570,0
Unidade 18	1.340,0

---

Após a mistura, as terras foram mantidas úmidas, a 40-50% da capacidade de campo, durante 45 dias, tendo sido feitas 5 repetições de cada tratamento.

Após o período de incubação as terras foram novamente secas ao ar, procedendo-se, então, às seguintes determinações (maiores detalhes sobre este capítulo podem ser encontrados em SERVIN & al, 1973):

Ca+2 e Mg+2 trocáveis — Extração com solução de KCl N e titulação com solução 0,01 M de EDTA dissódico, de acordo com GLORIA & al (1965);

P solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N — De acordo com CATANI & al (1955);

K+ trocável — Extração com solução de HNO<sub>3</sub> 0,05 N e determinação por fotometria de chama, segundo CATANI & al (1955);

H+ adsorvido ou trocável — Extração com solução neutra e normal de acetato de cálcio (CATANI & al, 1955) e titulação com solução 0,02 N em NaOH;

Porcentagem de saturação em bases (índice i ou v) — Dividiu-se a soma dos teores de Ca+2, K+ e Mg+2 trocáveis (S) pela capacidade total de troca de bases T (soma dos teores de Ca+2, K+, Mg+2, H+) e multiplicou-se o resultado obtido por 100 (CATANI & al, 1955).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados relativos à variação dos teores de cálcio trocável.

Os resultados médios dos teores de cálcio trocável encontrados nos diversos tratamentos se acham contidos na tabela I.

Tabela I — Teores de Ca+2 trocável das terras, médias de 5 repetições, em e.mg/100g de T.F.S.A.

Tratamento	Série ou Unidade do Solo			
	Sertãozinho	M. Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	1,49	0,87	1,62	2,59
1	1,63	3,46	2,54	4,82
2	1,89	5,62	3,33	6,66
3	2,03	7,18	3,97	7,75
4	2,31	6,95	4,06	8,36

A primeira observação a se destacar na tabela I é o aumento do teor de Ca+2 trocável das amostras devido às doses crescentes do CaCO<sub>3</sub> empregado.

Quanto aos teores de Ca+2 trocável, de acôrdo com o conceito de fertilidade de CATANI & al (1955)\* para solos do Estado de S. Paulo, constata-se o seguinte:

Terra	Tratamento	Nível de Ca+2 trocável
Sertãozinho	Testemunha 1 e 2	baixo
Sertãozinho	3 e 4	médio
M. Olimpo	Testemunha	baixo
M. Olimpo	1	médio
M. Olimpo	2, 3 e 4	alto
Unidade 2	Testemunha	baixo
Unidade 2	1, 2, 3 e 4	médio
Unidade 18	Testemunha e 1	médio
Unidade 18	2, 3 e 4	alto

\* O critério de CATANI & al (1955) para julgamento dos teores de Ca+2 trocável dos solos do Estado de S. Paulo, em relação à sua fertilidade, é o seguinte:

abaixo de 2 e.mg Ca+2 trocável por 100g de terra .. teor baixo  
entre 2 e 5 e.mg Ca+2 trocável por 100g de terra .. teor médio  
acima de 5 e.mg Ca+2 trocável por 100g de terra .. teor alto

É interessante notar que em todos os tratamentos que receberam carbonato de cálcio encontrou-se uma diferença positiva entre as quantidades de cálcio trocável do solo mais os adicionados e os encontrados no final do período de incubação. Tais diferenças se acham na tabela II e podem ser explicadas, talvez, por uma fixação biológica do cation em referência e, nos casos em que as terras atingiram pHs mais elevados, também se pode supor que não houve solubilização de todo o  $\text{CaCO}_3$  adicionado.

Tabela II — Diferença entre os teores de  $\text{Ca}+2$  trocável das terras mais o cálcio adicionado e os teores de  $\text{Ca}+2$  trocável encontrado após a incubação, expressos em e.mg/100g T.F.S.A.

Tratamento	Série ou Unidade do Solo			
	Sertãozinho	M. Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,20	0,23	0,22	0,45
2	0,28	0,89	0,57	1,29
3	0,48	2,15	1,07	2,88
4	0,54	5,20	2,12	4,95

A análise das regressões teor de cálcio trocável x doses adicionadas de  $\text{CaCO}_3$  revelou os seguintes coeficientes F (tabela 3):

Tabela III — Coeficientes de regressão  $\text{Ca}+2$  trocável x doses de  $\text{CaCO}_3$

F a 5% = 4,49

F a 1% = 8,53

Terra	Série ou Unidade do Solo			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º grau
Sertãozinho	1.445,65	4.334,92	1.758,38	167,47
M. Olimpo	30.972,54	494.546,98	112.358,07	14.444,43
Unidade 2	232,39	1.360,41	1.721,33	778,01
Unidade 18	36,79	4.501,52	1.033,78	123,96

Nota-se que todas as regressões estudadas foram significativas em relação às quatro terras. As lineares estão todas dentro das condições do trabalho. Entre as de grau superior ao primeiro, apenas a quadrática, da série Monte Olimpo, está dentro dessas condições, fato êste difícil de ser explicado sem se admitir algum erro experimental.

**Resultados relativos à variação da porcentagem de saturação em bases.**

Os números referentes à porcentagem de saturação em bases, sendo cada um média de 5 repetições, estão apresentados na tabela IV.

Tabela IV — Porcentagem de saturação em bases das terras, médias de 5 repetições

Tratamento	Série ou Unidade do Solo			
	Sertãozinho	M. Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	34,88	15,70	24,02	34,82
1	36,59	48,94	38,92	53,82
2	43,76	71,50	50,04	69,26
3	48,32	80,84	55,96	74,94
4	55,12	80,66	63,98	81,90

Pelos dados da tabela 2 se constata que as quantidades de  $\text{CaCO}_3$  empregadas nos tratamentos números 2, 3 e 4 elevaram a porcentagem de saturação em bases das terras da série Monte Olimpo e unidade 18 a um nível suficiente, de acordo com o conceito de CATANI & al (1955), enquanto que nas terras da série Sertãozinho e unidade 2 chegou a um índice médio (tratamento 4 para a série Sertãozinho e 2, 3 e 4 para a unidade 2), uma consequência das quantidades mais elevadas de carbonato fornecido às duas primeiras terras citadas.

Nota-se que na série Monte Olimpo os efeitos dos tratamentos 3 e 4 praticamente não diferiram entre si, possivelmente porque os valores elevados dos pHs alcançados (7,8 e 7,9, respectivamente; ver Servin et al, 1972) limitaram a solubilização do  $\text{CaCO}_3$ , empregado.

A análise estatística relativa à variação de saturação em bases, devida à adição de  $\text{CaCO}_3$ , revelou os seguintes coeficientes F. (tabela 5).

Tabela V — Coeficientes de regressão porcentagem de saturação em bases x doses de CaCO<sub>3</sub>

Fa 5% = 4,49

Fa 1% = 8,53

Terra	Coeficientes de regressão			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º Grau
Sertãozinho	908,77	13,68	3,50	8,00
M. Olimpo	18.656,28	3.261,85	0,96	3,96
Unidade 2	5.147,79	140,60	18,93	5,95
Unidade 18	8.318,35	511,99	14,66	26,58

Os coeficientes de regressão acima esclarecem que a relação saturação em bases x doses de CaCO<sub>3</sub> tendem fortemente para a linearidade. A significância dos coeficientes de regressão de grau superior ao primeiro não apresenta valor prático, porque estas estão além dos limites de experimento. A única exceção se refere à regressão quadrática da série Monte Olimpo. Entretanto, o pequeno decréscimo da saturação em bases entre os tratamentos 3 e 4 pode ser atribuído a um erro experimental ou a uma fixação, biológica ou não, de cátions mais intensa no tratamento 4.

#### Resultados relativos à variação dos teores de fósforo no nível em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N.

Muitos autores admitem que a faixa de reação do solo mais favorável para a solubilidade do fósforo se situa aproximadamente entre os valores pH de 6,0-6,5 a 7,0-7,5 (WORTHEN & ALDRICH, 1950, pág. 214; TEUCHER & ADLER, 1960, pág. 221; MELLO & al. 1966, pág. 52). Abaixo do limite inferior, a solubilidade se torna menor por causa da precipitação que se verifica devido principalmente à presença de elementos tais como Al, Fe, Ti, Mn ou de adsorção causada pelos óxidos hidratados desses metais. Infere-se então, que a calagem dos solos ácidos deve resultar num aumento do teor de P solúvel dos mesmos, MALAVOLTA & al (1965) constataram esse fato em solos de cerrado de Orlândia, Pirassununga e Matão, usando a técnica de diluição isotópica.

Deve-se, ainda levar em conta que a calagem acelera a mineralização do P orgânico (THOMPSON, 1957, pág. 248; MELLO & al. 1966, pág. 60).

Pelos dados obtidos neste trabalho não se pode notar uma tendência definida do  $\text{CaCO}_3$  sobre a solubilidade do P. Os dados encontrados, médias de 5 repetições, estão contidos na tabela VI.

Tabela VI — Teores de fósforo solúvel em solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N das terras, médias de 5 repetições, em e.mg  $\text{PO}_4-3/100\text{g}$  de T.F.S.A.

Tratamento	Série ou Unidade do Solo			
	Sertãozinho	M. Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	0,16	0,02	0,16	0,14
1	0,15	0,02	0,14	0,15
2	0,17	0,03	0,17	0,12
3	0,19	0,03	0,19	0,12
4	0,17	0,03	0,20	0,12

Em relação à análise de variância das regressões polinominais efetuadas, os coeficientes de regressão encontrados se acham na tabela VII.

Tabela VII — Coeficientes de regressão fósforo solúvel em  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N x doses de  $\text{CaCO}_3$

F a 5% = 4,49

F a 1% = 8,53

Terra	Série ou Unidade do Solo			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4.0 grau
Sertãozinho	21,12	15,09	84,48	48,28
M. Olimpo	74,26	5,89	26,67	19,06
Unidade 2	19,31	13,80	77,28	44,16
Unidade 18	11,57	8,27	46,29	26,45

Deve-se observar que as regressões de 4.0 grau, em todos os casos estão fora dos limites experimentais.

Nota-se que nas terras Sertãozinho e unidade 2 houve um decréscimo de P solúvel da testemunha para o tratamento 1, que pode ser atribuído a uma possível imobilização de elemento por parte de microrganismos, fornecida pela elevação do pH e pela presença

de maiores quantidades de  $\text{Ca}+2$  trocável. Nos tratamentos 2, 3 e 4 o teor de P solúvel é maior em ambas as terras, provavelmente em virtude dos índices pH serem mais elevados, embora os autores não tenham encontrado argumentos que pudessem explicar a regressão, cúbica verificada na série Sertãozinho.

Na terra Monte Olimpo, a tendência mais acentuada foi a de linearidade. A igualdade dos dados referentes aos tratamentos testemunha e 1 (tabela VI) pode ser explicada da mesma maneira como o foi no caso das terras Sertãozinho e unidade 2. Nos tratamentos 2, 3 e 4, os teores de P solúvel foram maiores, embora pudesse ser esperado, conforme cita a literatura, um decréscimo nos tratamentos 3 e 4 devido aos pHs e teores de  $\text{Ca}+2$  trocável mais elevados.

Finalmente, na terra unidade 18 houve um aumento no teor de P solúvel do tratamento testemunha para o tratamento 1, o que está de acordo com a literatura. Contudo, os autores não possuem elementos para esclarecer os motivos que determinaram o decréscimo de P solúvel verificado no tratamento 2. Nos tratamentos 3 e 4, entretanto, o decréscimo pode ser atribuído aos efeitos associados de pH e teores de  $\text{Ca}+2$  trocável elevados.

### CONCLUSÕES

As conclusões mais importantes que podem ser tiradas deste trabalho são as seguintes:

a) As adições de  $\text{CaCO}_3$  elevaram, em todos os casos, o teor de  $\text{Ca}+2$  trocável das terras.

b) Houve, nas 4 terras empregadas, uma forte relação linear entre a porcentagem de saturação em bases e as doses empregadas de  $\text{CaCO}_3$ .

c) As adições de  $\text{CaCO}_3$  afetaram a solubilidade do P de modo diferente de uma terra para outra, de sorte que nenhuma conclusão definida, a não ser essa, pode ser formulada.

### SUMMARY

Studies on the neutralization of soil acidity caused by exchangeable  $\text{Al}+3$ : II. Effects on exchangeable calcium, percentage of base saturation and solubility of phosphorus in 0,05 N sulphuric acid.

This paper is a continuation of another work presented by SERVIN et al (1972). It was carried out in order to study the effect of the neutralization of the soil acidity caused by exchangeable  $\text{Al}+3$ .

Portions of 1000g of solis were well mixed with increased amounts of  $\text{CaCO}_3$ , put in vases and incubated for 45 days. The moist soils were kept at 40-50% of their field capacities.

The following soils were tested: Sertãozinho and Monte Olimpo series from the county of Piracicaba and 2 and 18 unities from Rio das Pedras county.

**The treatments were as following:**

Treatment    Amounts of Ca applied as  $\text{CaCO}_3$ .

Control         $\text{CaCO}_3$  omitted

- 1                Stoichiometrically amounts related to the exchangeable  $\text{Al}+3$  in 1000g soil.
- 2                Twice as applied in treatment 1.
- 3                Three times the amount applied in the treatment 1.
- 4                Four times the amount applied in the treatment 1.

After the incubation period the soils were dried at the air and ground. Further exchangeable calcium, percentage of base saturation and soluble phosphorus in 0.05 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , were measured.

The following conclusions can be drawn:

- a — In all treatments the  $\text{CaCO}_3$  applied increased the excheangeable  $\text{Ca}+2$  of the soils.
- b — A linear relationship was found between  $\text{CaCO}_3$  added and percentage of base saturation.
- c — The  $\text{CaCO}_3$  added affected the solubility of the soil phosphorus depending upon the soil considered.

LITERATURA CITADA

- CATANI, R. A., J. R. GALLO & H. GARGANTINI, 1955 — Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Boletim 69 do Inst. Agron. Campinas.
- ESCOBAR, E. H., 1969 — Gênese e classificação de alguns solos da bacia do Tijuco Preto, Rio das Pedras. Tese, 59 págs., ESALQ. Piracicaba.
- GLORIA, N. A., R. A. CATANI & T. MATUO, 1965 — O método de EDTA na determinação do cálcio e magnésio "trocável" no solo. *Rev. Agric.* 40: 67-74.

- MALAVOLTA, E., O. I. CROCOMO, R. G. ANDRADE, C. ALVIZURI R. VENCOWSKY & L. M. M. FREITAS, 1965 — Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fosforo (Nota prévia). **An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"** 22: 131-138.
- MEDEIROS, G. B., 1971 — Gênese e classificação de alguns solos de Ribeirão das Palmeiras, Rio das Pedras. Tese, 80 págs., ESALQ, Piracicaba.
- MELLIC, F. A. F., M. O. C. BRASIL SOB° & S. ARZOLLA, 1966 — Fertilidade do solo. Apostila, vol. I, 121 págs., ESALQ, Piracicaba.
- RANZANI, G., O. FREIRE & T. KINJO, 1966 — Carta de solos do município de Piracicaba, ESALQ, 85 págs.
- SERVIN, G. M., F. A. F. MELLO & R. S. MORAES, 1972 — Estudos sobre a correção da acidez do solo causada pelo Al +3 trocável: I. Efeitos sobre o pH, Al+3 e H+ trocáveis em solos das séries Sertãozinho e Monte Olimpo e das unidades 2 e 18. **An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"** 30: 7-20.
- TEUCHER, H. & R. ADLER, 1960 — **The soil and its fertility**, 446 págs., Reinhold Publishing Corporation, New York.
- THOMPSON, L. M., 1957 — **Soil and soil fertility**, 2a. ed., 251 págs., McGraw — Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London.
- WORTHEN, E. L. & S. R. ALDRICH, 1956 — **Farm soils**, 5a. ed., 439 págs., John Wiley, New York.