

**ESTUDOS SOBRE A CORREÇÃO DA ACIDES
CAUSADA PELO AL⁺³ TROCÁVEL EM QUATRO
SOLOS E ALGUNS EFEITOS DELA DECORRENTES**

**GERARDO MORENO SERVIN
ENGENHEIRO-AGRÔNOMO**

Orientador: PROF. DR. FRANCISCO DE ASSIS F. DE MELLO

Dissertação apresentada a Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre.

**PIRACICABA
SÃO PAULO - BRASIL
1971**

E R R A T A

Após a leitura desta dissertação o autor julgou conveniente acrescentar uma pequena errata onde fez observações em alguns pontos que julgou necessário. Não considerou, por pensar serem facilmente perceptíveis, erros de concordância, de vírgula, datilográficos e outros pequenos.

pag. 11, última linha, onde se lê "KCl", leia-se "HCl".

pag. 12, final do parágrafo iniciado na pag.11, onde se lê "a quantidade de P fixada em cada caso, foi calculada por diferença entre as duas determinações respectivas," leia-se, "a quantidade de P fixada, em cada caso, foi calculada por meio da seguinte fórmula: $F = A + B - C$

Sendo F, a quantidade de P fixada; A, a quantidade de P da terra; B, a quantidade de P adicionada; C, a quantidade de P encontrada após a incubação."

pag. 16, última linha, onde se lê "em 36 dias"... , leia-se "em 36"...

pag. 18, início do último parágrafo, onde se lê "Deve-se, ainda,...", leia-se "Deve-se acrescentar, ainda",...

pag. 25, Tabela 10, onde se lê

Tratamento

Sertãozinho M.Olimpo Unidade 2 Unidade 18

leia-se

Tratamento

Série ou Unidade do Solo

Sertãozinho M.Olimpo Unidade 2 Unidade 18

▲ meus pais

e

irmãos

ofereço

A G R A D E C I M E N T O S

Expresso meu agradecimento as seguintes Pessoas e Instituições:

Docente livre Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello, pela orientação e dedicação durante as diferentes fases do desenvolvimento desta tese.

Prof. Dr. Henrique Vianna de Amorim, pela versão do resumo do trabalho para o Inglês.

Prof. Dr. Roberto Simionato Moraes, pela programação eletrônica dos dados estatísticos deste trabalho.

Ao Eng^o Agr^o Walter Politano, pela análise mecânica das terras.

Aos Srs. funcionários da E.S.A. "Luiz de Queiroz" Armando Porta, Vinicius Ferraz, Angelo Smaniotto e Antonio Benedito Fernandes.

A "Facultad de Agronomia y Veterinaria de la Universidad Nacional de Asunción, pela oportunidade concedida.

Ao "Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico (O.E.A.)" pela concessão de bolsa de estudo durante todo o curso.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela acolhida e facilidades concedidas.

Ao Dept^o de Solos e Geologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz", da U.S.P., pela concessão do laboratório onde foi realizado este trabalho.

I N D I C E

		<u>Págs.</u>
1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DA LITERATURA	4
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	7
3.1.	Terras utilizadas	7
3.2.	Ensaio efetuados	8
3.2.1.	Ensaio efetuados no laboratório	8
3.2.1.1.	Ensaio de incubação das terras com CaCO_3	9
3.2.1.2.	Ensaio de fixação de fósforo	11
3.2.2.	Ensaio em casa de vegetação	12
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1.	Ensaio de incubação em laboratório	14
4.1.1.	Resultados relativos à variação do pH	14
4.1.2.	Resultados relativos à variação dos teores de alumínio trocável	16
4.1.3.	Resultados relativos à variação dos teores de hidrogênio trocável	20
4.1.4.	Resultados relativos à variação dos teores de cálcio trocável	22
4.1.5.	Resultados relativos à variação da porcenta gem de saturação em bases	26
4.1.6.	Resultados relativos à variação dos teores de fósforo solúvel em H_2SO_4 0,5N ..	28
4.1.7.	Resultados relativos à variação da capacida de de fixação de fosfato	31
4.2.	Resultados relativos ao ensaio com plantas ..	34
5.	CONCLUSÕES	37
6.	RESUMO	38
7.	SUMMARY	40
8.	BIBLIOGRAFIA	42

1. INTRODUÇÃO

É reconhecido que a acidez do solo constitui um dos problemas mais importantes para a agricultura de vastas regiões tropicais e subtropicais.

No Brasil, áreas enormes, e muitas delas de importância agrícola das mais elevadas, são ocupadas por terrenos ácidos. Os exemplos seguintes são esclarecedores e significativos:

a) De acordo com RANZANI et al. (1966, pág. 21), as áreas que necessitam de calagem em Piracicaba, Estado de São Paulo, se distribuem conforme indicado abaixo:

<u>Necessidade de calagem</u>	<u>Área, em percentagem de superfície do Município</u>	<u>Área total em ha</u>
baixa	27,7	39,224
moderada	27,9	39,506
elevada	41,9	59,330

b) Segundo Setzer, citado por GUIMARÃES (1958), em 51% do território do Estado de São Paulo a calagem é imprescindível para a obtenção de colheitas compensadoras; em 30% é essencial; em 19% é útil.

c) Conforme dados fornecidos por COELHO & VERLENGIA (sem data, pág. 139), relativos a um levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo efetuado por técnicos do Instituto Agrônomo (Campinas) pode-se calcular que 41,5% da área cultivada desse Estado apresentam teores nocivos de Al^{+3} trocável, isto é, acima de 0,5 e.mg/100g

de terra.

d) GARGANTINI et al. (1970) concluíram que aproximadamente 50% da área cultivada do Estado de São Paulo apresenta problemas de acidez elevada, sendo aconselhável o emprêgo de corretivos. Tal emprêgo, porém, atinge caráter obrigatório, para que se possam obter colheitas elevadas, em 20% da área sob cultivo do mesmo Estado, devido aos teores inconvenientes de alumínio trocável.

e) O trabalho da COMISSÃO DE SOLOS (1960), mostra como é frequente a ocorrência de solos ácidos, com teores muitas vezes elevados de Al^{+3} trocável, no Estado de São Paulo. O mesmo pode ser constatado na publicação recente de VIEIRA et al. (1971), relativamente ao Estado do Pará.

f) Somente os solos ácidos de cerrado ocupam, no Brasil, uma área de 1,6 milhões de Km^2 , ou seja, 1/5 da superfície total do país.

A necessidade de calagem em áreas agrícolas deste país é, pois, um fato reconhecido e que não necessita discussão. Mas, entre os problemas ainda pendentes de solução, encontra-se o que diz respeito aos métodos de determinação das quantidades de calcário a serem aplicadas.

Recentemente, não só no Estado de São Paulo mas também em vários outros Estados Brasileiros e em diversos países tem-se avolumado a tendência de se recomendar a quantidade de corretivo a ser distribuída numa determinada gleba tomando-se por base o teor de Al^{+3} trocável do terreno, seguindo o conceito de que o importante é a neutralização da acidez causada por êsse elemento e o fornecimento de cálcio e magnésio às plantas (KAMPRATH, 1967; KAMPRATH, 1970; SOUZA,

1970).

No Brasil, contudo, não existe experimentação adequada a êsse respeito e, no Rio Grande do Sul, em várias situações, têm-se verificado que as quantidades de calcário recomendadas de acôrdo com o método referido são muito pequenas.

Por êsse motivo decidiu-se executar um plano amplo de trabalho para estudar a eficiência do método de recomendação de calagem fundamentado no teor de alumínio trocável do solo, sendo a dissertação ora apresentada o primeiro passo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Conforme foi esclarecido em 1 não existe no Brasil, um volume, satisfatório de experimentos a respeito do método de se estimar a quantidade de calcário requerida por um solo ácido, com base no seu teor de Al^{+3} trocável. Poucos trabalhos foram publicados a esse respeito, incluindo os que são citados a seguir.

MUZILLI et al. (1969), utilizando o método de incubação de amostras de terra com quantidades crescentes de $CaCO_3$ concluíram que, em relação aos 5 latossóis roxos estudados, do oeste do Estado do Paraná, as quantidades de carbonato de cálcio, em toneladas, $Q = 1,5 \times n^2$ de e.mg Al^{+3} trocável/100g de terra eram suficientes para reduzir os teores deste cátion na forma trocável a valores menores que 0,5 e.mg/100g de terra, mesmo quando o teor original era igual a 2,3. Considera-se que teores de Al^{+3} trocável até 0,5 e.mg/100g de terra não são prejudiciais ao desenvolvimento das plantas.

O ensaio acima referido teve continuidade através de outro trabalho, este realizado em vasos e casa de vegetação, utilizando-se a cevada (Hordeum vulgare L.) como planta teste MUZILLI et al. (1969) e as mesmas terras. Concluíram-se ser o Al^{+3} trocável um fator limitante da produção naquelas terras e que a aplicação de calcário em doses necessárias para reduzir o teor do mesmo a níveis inferiores a 0,5 e.mg/100g de terra é suficiente para permitir um desenvolvimento satisfatório das plantas.

O estudo conduzido nos mesmos solos, em condições de campo (MUZILLI et al, 1969), revelou que, aos 60

dias após a aplicação, a quantidade de calcário dolomítico empregada (com 29,23% de CaO e 21,36% de MgO), $Q = 1,5 \times n$ de e.mg Al^{+3} trocável/100g de terra, era suficiente para reduzir em todos os casos o teor de Al^{+3} trocável a 0,5 ou menos e.mg/100g de terra, correspondendo a valores $pH \geq 5,4$. A redução do teor de Al^{+3} trocável bem como a elevação do pH se tornavam mais visíveis à medida que se aumentavam as doses de calcário e o período de amostragem, que se prolongou até 120 dias após a incorporação do corretivo.

CATANI & ALONSO (1969) estudaram a exigência de calcário de 20 amostras de solo empregando a técnica de incubação com quantidades crescentes de $CaCO_3$. Os resultados obtidos serviram para testar os seguintes métodos:

a) Elevação do pH do solo a 6,5, mediante a extração de hidrogênio ou protons, dos diversos componentes da acidez, com solução neutra e normal de acetato de cálcio e posterior titulação com solução 0,02N de NaOH; obteve-se um coeficiente de correlação $r = 0,92^{***}$.

b) Elevar o pH do solo a 6,5, mediante extração de hidrogênio ou protons de diversos componentes da acidez, com solução tampão SMP, com pH original 7,5 e determinação posterior do pH da suspensão do solo; obteve-se um coeficiente de correlação $r = 0,90^{***}$.

c) Elevação do pH do solo a 6,5, mediante a elevação da percentagem de saturação em bases a 85%; obteve-se um coeficiente de correlação $r = 0,96^{***}$.

d) Elevação do pH do solo a 5,7, por meio da extração do alumínio trocável com solução 1 N de KCl; o coeficiente de correlação obtido foi o mais baixo de todos

$r = 0,72^{***}$, embora significativo a 1 por 1.000.

Atualmente, alguns pesquisadores (KAMPATH, 1967; SANTANA et al, 1970) têm dado mais ênfase à porcentagem de saturação do complexo coloidal do solo em Al^{+3} que ao próprio teor desse elemento existente em forma trocável, ou à combinação teor de Al^{+3} trocável e soma dos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis (SOUZA, 1970; FONSECA et al, sem data).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Terras utilizadas

Foram utilizadas no presente trabalho quatro terras, sendo duas do Município de Piracicaba (Séries Sertãozinho e Monte Olimpo, segundo RANZANI et al. 1966) e duas do Município de Rio das Pedras (Unidade 2 e Unidade 18, de acordo com MEDEIROS, 1971 e ESCOBAR, 1969, respectivamente), que foram classificadas do seguinte modo pelos autores acima referidos:

Nº da amostra	Ordem	Grande Grupo	Série ou Unidade	Classe textural
1	Entisol Azonal	Hapludent regosol	Série Sertãozinho	Barro arenoso
2	Entisol Azonal	Haplaquent alúvio	Série M. Olimpo	Argila
3	Molissol zonal	Argiudol Terra Roxa Estruturada	Unidade 2	Argila
4	Oxisol zonal	Eutroorthox Latosol Roxo	Unidade 18	Argila

As principais características físicas e químicas dessas terras se encontram nas tabelas 1 e 2.

Tabela nº 1 - Características físicas das terras utilizadas

Nº da amostra	Argila %	Limo %	Areia %
1	16,36	6,57	77,07
2	42,62	14,33	43,05
3	38,78	24,72	36,50
4	54,75	21,95	23,30

Tabela nº 2 - Características químicas das terras utilizadas

Nº da amostra	ē:mg trocável/100g de terra								
	pH	C%	N%	Al ⁺³	H ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	PO ₄ ⁻³	K ⁺
1	6,0	0,51	0,08	0,34	2,77	1,28	0,56	0,17	0,13
2	4,7	0,36	0,07	2,82	5,79	0,56	0,32	0,06	0,07
3	5,4	0,84	0,11	1,14	5,38	1,44	0,72	0,20	0,12
4	4,8	1,35	0,15	2,68	9,24	2,27	1,52	0,09	0,11

3.2. Ensaio efetuados

O trabalho foi realizado em duas partes: uma, em condições de laboratório e outra, envolvendo plantas, sob condições de casa de vegetação.

3.2.1. Ensaio efetuados no laboratório

3.2.1.1. Ensaio de incubação com CaCO_3

Porções de 1.000g de T.F.S.A. foram intimamente misturados com carbonato de cálcio p.a. em doses crescentes de acordo com o teor de Al^{+3} trocável das mesmas. Os tratamentos foram os seguintes:

Tratamento	Quantidade de cálcio aplicada como CaCO_3
Testemunha	Sem adição de CaCO_3
1	Estequiometricamente igual a quantidade de Al^{+3} trocável em 1.000g de terra.
2	Estequiometricamente igual à 2 vezes a quantidade de Al^{+3} trocável existente em 1.000g de terra.
3	Estequiometricamente igual à 3 vezes a quantidade de Al^{+3} trocável existente em 1.000g de terra.
4	Estequiometricamente igual à 4 vezes a quantidade de Al^{+3} trocável existente em 1.000g de terra.

O tratamento 1 corresponde, para cada terra utilizada, às seguintes quantidades de CaCO_3 por 1.000g de terra:

Nº da amostra	Quantidade de CaCO_3 mg/1.000g de T.F.S.A.
1	170,0
2	1.410,0
3	570,0
4	1.340,0

Após a mistura, as terras foram passadas para vasos* e incubadas durante 45 dias conservando-se a umidade a 40-50% da capacidade de campo, mediante o emprêgo de água destilada e desmineralizada.

Foram feitas 5 repartições de cada tratamento, ficando os vasos sôbre uma mesa de madeira distribuidos em blocos ao acaso.

Após o período de incubação o conteúdo de cada vaso foi distribuído sôbre uma lâmina de material plástico e deixado secar ao ar, procedendo, então, às seguintes determinações:

pH: Relação solo-água de 1:2,5 (CATANI et al. 1955);

Al⁺³ trocável: Extração com solução de KCl 1N e titulação com solução 0,02N em NaOH, segundo BRAU

(*) Latas de óleo de motor de automóveis, com fundos perfurados, pintadas externamente com a tinta Alumilak 9.800 da Cia. Ipiranga e internamente com Neutrol 45.

NER et al. (1966);

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

Ca⁺² e Mg⁺² trocáveis: Extração com solução de KCl N e titulação com solução 0,01M de EDTA dissódico, de acordo com GLÓRIA et al. (1965);

P solúvel em H₂SO₄ 0,05N: De acordo com CATANI et al. (1955);

K⁺ trocável: Extração com solução de HNO₃ 0,05N e determinação por fotometria de chama, segundo CATANI et al. (1955).

Porcentagem de saturação em bases (índice 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 et al. 1955)

$$V \% = \frac{S}{T} \cdot 100$$

3.2.1.2. Ensaio de fixação de fósforo

Porções de 10 ml de terra de cada vaso (3.2.1.1.) foram incubadas durante 4 dias em frascos de Erlenmeyer de 150 ml de capacidade com 4 ml de uma solução aquosa contendo 125 ppm de P sob a forma de Ca(H₂PO₄)₂·H₂O; após esse período foram adicionado a cada frasco 100 ml da solução extratora (solução 0,025N em H₂SO₄ e 0,05N em KCl); os fras-

cos foram agitados durante 5 minutos em agitador mecânico e deixados em repouso durante 24 horas; dos líquidos claros sobrenadantes foram retiradas alíquotas de 5 ml para determinação colorimétrica do P solúvel usando-se molibdato de amônio e ácido ascórbico como redutor (VETTORI, 1969); da mesma maneira descrita foram preparados os tratamentos testemunhas, usando-se, porém, 4 ml de água destilada em lugar da solução de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; a quantidade de P fixada em cada caso, foi calculada por diferença entre as duas determinações respectivas.

3.2.2. Ensaio em casa de vegetação

Porções de 1 kg de terra foram bem misturadas com CaCO_3 p.a. em quantidades crescentes, como descrito em 3.2.1.1. Na mesma ocasião cada vaso recebeu adubação nitrogenada, fosfatada, potássica e magnésiana nas proporções abaixo:

N	32 Kg/ha como $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
P_2O_5	80 kg/ha como $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
K_2O	20 kg/ha como K_2SO_4
MgO	20 kg/ha como $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

(considerando-se o peso da camada arável de 1 ha igual a 3.000.000 kg) e micronutrientes, em 10ml de solução, nas quantidades indicadas para preparar 2 litros da solução completa de HOAGLAND & ARMON (1950). O Fe foi empregado sob a for

ma de quelato do EDTA.

As porções de terra foram, a seguir passadas para vasos semelhantes aos descritos em 3.2.1.1., deixadas em repouso durante 13 dias, sendo mantidas úmidas durante esse período a 40-50% da capacidade de campo, com o uso de água destilada.

Cada vaso recebeu, depois, 4 sementes de soja precoce (Glycine max L., var. Hill), procedendo-se ao desbaste 15 dias após a germinação de modo a deixar 2 plantas semente. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, tendo sido feitas 5 repetições de cada tratamento.

As plantas foram colhidas 40 dias após a germinação das sementes, colhendo-se apenas as partes aéreas. A seguir foram colocadas em sacos de papel e postas a secar em estufa a 70-80°C. Os materiais secos foram triturados em micro moinho Wiley. Posteriormente foram determinados os teores de cálcio dos mesmos, de acordo com SARRUGE (1971).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio de incubações em laboratório

4.1.1. Resultados relativos a variação do pH

Os valores pH encontrados após o período de incubação das terras, médias das 5 repetições, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela nº 3 - Valores pH das terras, médias de 5 repetições

Tratamento	Série ou Unidade do solo			
	Sertãozinho	M.Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	5,7	4,7	4,9	5,4
1	5,9	5,5	5,6	6,2
2	6,2	7,1	6,2	6,8
3	6,4	7,8	6,6	7,4
4	6,6	7,9	7,1	7,6

Uma observação é a de que o solo Sertãozinho, o mais arenoso, foi o que apresentou variação de pH menos intensa devido às adições de CaCO_3 , o que talvez se explique pelas quantidades mais baixas de carbonato a êle adicionadas, apesar do poder tampão dêsse solo ser, possivelmente, o menor entre os dos quatro solos estudados.

Observa-se, pelos dados da tabela 3, que a adição das quantidades de CaCO_3 necessárias para neutralizar o Al^{+3} trocável das terras elevou o pH das mesmas a valores

próximos do esperado, isto é, cêrca de 5,7.

A análise de variância dos efeitos das regressões polinomiais (pH x doses de CaCO_3) revelou os seguintes valores de F para as regressões linear, quadrática, cúbica e de 4º grau (Tabela 4).

Tabela nº 4 - Coeficientes de regressão pH x doses de CaCO_3
 F a 5% = 4,49 F a 1% = 8,53

Terra	Coeficientes de regressão			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º Grau
Sertãozinho	1.653,60	7,79	0,79	5,03
M.Olimpo	414,41	2.400,83	866,83	40,60
Unidade 2	16.328,76	33.022,74	10.072,20	1.380,93
Unidade 18	26.640,78	61.622,22	19.419,35	3.024,86

Como se observa, a regressão linear foi significativa em todos os casos, indicando uma íntima relação entre as doses aplicadas de CaCO_3 e os valores pH obtidos. As regressões de grau superior ao primeiro são também significativas, exacto em um caso (regressão cúbica, solo Sertãozinho). Tais significância, entretanto, exprimem tendências dos resultados numéricos obtidos, já fora dos limites experimentais, pois, dentro destes, a regressão é linear, indicando que os pHs se elevaram a medida em que foram aumentadas as quantidades de carbonato de cálcio (Ver Tabela 3). Por outro lado, não seria mesmo razoável esperar-se obter experimentalmente decréscimos do pH das terras em decorrência da aplicação de CaCO_3 .

4.1.2. Resultados relativos à variação dos teores de alumínio trocável

As médias dos teores de Al^{+3} trocável encontrados nos diversos tratamentos acham-se na Tabela 5:

Tabela nº 5 - Teores de Al^{+3} 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	0,26	3,72	1,03	0,44
1	0,27	1,26	0,38	0,29
2	0,33	0,33	0,34	0,30
3	0,25	0,22	0,32	0,28
4	0,26	0,24	0,23	0,25

Os números da Tabela 5 informam que em nenhum dos tratamentos, em qualquer das terras incluídas no experimento, conseguiu-se eliminar o Al^{+3} trocável, mesmo adicionando-se quantidades de cálcio estequiometricamente iguais a quatro vezes à daquele ion na forma permutável e suficientes para elevar o pH a valores próximos ou superiores a 7,0 (Ver Tabela 3). No caso da terra da série M.Olimpo, a quantidade de $CaCO_3$ do tratamento 1 foi insuficiente para reduzir o teor de Al^{+3} trocável a nível considerado não tóxico às plantas.

No final de um experimento de incubação de terra com $CaCO_3$, êste empregado em doses crescentes, em 36 dias

das 100 parcelas (sacos de plásticos com as terras), CATANI & ALONSO (1969) constataram a presença de Al^{+3} trocável. A seguinte equação de regressão entre o teor do referido ion trocável (y) e o pH das terras correspondentes (x) foi deduzida;

$$y = -2,49x + 14,11$$

com coeficiente de correlação $r = -0,70^{***}$

Fazendo na equação acima $y=0$, os autores mencionados calcularam que em valor pH aproximadamente igual a 5,7 não deveria ser detectado Al^{+3} trocável. Observação semelhante pode ser feita utilizando-se os resultados de MUZILLI et al. (1969), também trabalhando com sacos de plástico como recipiente para as terras.

Embora se possa supor que a natureza dos receptores das amostras de terra empregados por CATANI & ALONSO (1969) e por MUZILLI et al. (1969) e pelo autor desta dissertação (sacos plásticos nos dois primeiros casos, e latas com fundos perfurados no terceiro) possa ter exercido alguma influência desconhecida pelo autor sobre o teor de Al^{+3} trocável das terras após a incubação, um argumento razoável para explicar a presença desse ion nas terras que alcançaram pHs acima de 6,0 (doses 2, 3 e 4 de $CaCO_3$ nas terras Sertãozinho, M.Olimpo e Unidade 2 e 1, 2, 3 e 4 na Unidade 18) é o seguinte: a acidez encontrada nos extratos de KCl N, nesses casos, pode ser devida à presença de protons de outras origens e não provenientes da presença de Al^{+3} trocável, uma vez que não se procedeu à análise específica desse elemento e ele não constitui a única fonte de a-

acidez do solo (BRAUNER, 1966; BRAUNER & CATANI, 1967 e CATANI & ALONSO, 1967).

BRAUNER & CATANI (1967) reconheceram que o Al^{+3} trocável pode ser completamente eliminado do solo devendo-se, porém, empregar, para que isso aconteça, uma quantidade de $CaCO_3$, superior à exigida levando-se em conta apenas a quantidade presente daquele metal. Com base nêsse conceito, possivelmente no presente trabalho não tenham sido utilizadas quantidades suficientes de carbonato de cálcio que deverão ser, pois, elevadas.

Deve-se acrescentar, ainda, que de acordo com BRAUNER (1966) e BRAUNER et al. (1966) o teor de Al^{+3} trocável dos solos determinado pela titulação do extrato de KCl N é geralmente superior ao determinado colorimetricamente pelo método do "aluminon". Entretanto, parece estranha a presença de acidez titulável nos valores pH mais elevados e o autor desta dissertação não possui elementos convincentes para explicar o fenômeno observado.

Constata-se, também, pelos dados da Tabela 5, que as doses de carbonato de cálcio exerceram pequena influência sobre o teor de Al^{+3} trocável da terra Sertãozinho sendo esse efeito relativamente pequeno na terra da Unidade 18. Contudo, o efeito foi marcante nas terras da Série M.Olimpo e Unidade 2, sobretudo na primeira.

Deve-se, ainda, que no tratamento 4 todas as amostras apresentaram um teor médio de Al^{+3} trocável, ou de prótons de outra procedência, aproximadamente igual a 0,25 e.mg/100g de T.F.S.A.

Como se pode constatar pela discussão, o item 4.1.2. poderia ser denominado, talvez, com mais propriedade, resultados relativos à variação da acidez titulável extraída com solução normal de KCl. Contudo, permanece o título original por ser o Al^{+3} trocável determinado rotineiramente, para fins de recomendação de calagem, através da titulação do extrato de KCl N.

A análise estatística dos teores de Al^{+3} trocável x doses de $CaCO_3$ empregados apresentou os valores de F contidos na Tabela 6 para as regressões linear, quadrática, cúbica e de 4º grau:

Tabela 6 - Coeficientes de regressão Al^{+3} trocável x doses

$CaCO_3$
 F a 5% = 4,49 F a 1% = 8,53

Terra	Coeficiente de regressão			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º Grau
Sertãozinho	0,89	18,09	2,23	45,51
M. Olimpo	1.497,65	555,56	45,98	0,00
Unidade 2	317,98	105,50	52,55	4,64
Unidade 18	31,56	7,50	6,69	1,09

Nota-se que no tocante ao solo da série Sertãozinho as regressões linear e cúbica não foram significativas, enquanto que a quadrática e a de 4º grau o foram, estando esta, contudo, além dos limites do experimento. O autor não possui nenhum argumento para explicar a significância da regressão quadrática. Talvez a explicação

mais plausível seja admitir algum engano de natureza experimental.

Nas amostras da série Monte Olimpo, a significância da regressão linear é, de certo modo, lógica e fácil de ser compreendida. Entretanto, o mesmo não ocorre em relação à regressão quadrática, sendo, possivelmente, uma explicação razoável aquela dada para justificar a significância da mesma regressão na série Sertãozinho. A regressão cúbica exprime apenas uma tendência dos dados obtidos por se encontrar além dos limites experimentais.

Na Unidade 2 todas as regressões foram significativas, porém, apenas a linear se encontra dentro dos limites do ensaio e explica realmente o fenômeno ocorrido. As demais sugerem tendências do mesmo.

Na Unidade 18 todas as regressões foram significativas, exceto a de 4º grau. O autor, entretanto, não dispõe de elementos para elucidar o motivo da significância das regressões quadrática e cúbica. Pode-se, contudo constatar que a tendência é mais acentuada para a linearidade (Tabela 6) e isso está de acordo com o esperado.

4.1.3. Resultados relativos à variação dos teores de hidrogênio trocável

Como era de se esperar, a adição de CaCO_3 , resultou numa forte redução nos teores de H^+ trocável das terras, principalmente da série Monte Olimpo e das Unidade 1

e 2 . Com relação à série Sertãozinho, embora elevada, tal redução não foi tão acentuada como nas três primeiras.

As médias dos teores de H^+ trocável das 5 repetições estão apresentadas na Tabela 7:

Tabela nº 7 - Teores de H^+ trocável das terras, médias de 5 repetições

Tratamento	Série ou unidade de solo			
	Sertãozinho	M.Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	3,78	7,22	7,14	7,70
1	3,78	3,99	4,94	5,88
2	3,13	2,36	3,95	3,61
3	2,82	1,74	3,28	3,00
4	2,32	1,73	2,85	2,16

Chama a atenção a igualdade das médias dos tratamentos Testemunha e 1 da série Sertãozinho. O autor não possui elementos que expliquem essa igualdade.

A análise estatística revelou os seguintes valores F para os coeficientes das regressões H^+ trocável x doses de $CaCO_3$ (Tabela 8).

Tabela nº 8 - Coeficientes de regressão H^+ trocável x doses de $CaCO_3$

F a 5% = 4,49

F a 1% = 8,53

Terra	Coeficientes de regressão			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º Grau
Sertãozinho	112,86	4,53	0,01	6,36
M.Olimpo	8.390,69	771,30	142,00	3,41
Unidade 2	1.032,61	0,03	44,53	1,10
Unidade 18	5.557,95	0,95	68,31	76,84

Constata-se, de imediato, uma forte tendência para a linearidade das regressões. As regressões de grau superior ao primeiro, exceto a quadrática da série Sertãozinho, estão fora dos limites experimentais. Neste caso, contudo, a regressão linear é muito mais expressiva que a quadrática.

Comparando-se os dados das Tabelas 5, e 7, conclui-se que grande parte da acidez das terras estudadas, mesmo após a incubação com $CaCO_3$, se deve a outras fontes de prótons que não o Al^{+3} trocável.

4.1.4 - Resultados relativos à variação dos teores de cálcio trocável

Os resultados médios dos teores de cálcio trocável encontrados nos diversos tratamentos se acham conti

dos na tabela 9.

Tabela nº 9 - 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 9 é o aumento do teor de Ca^{+2} trocável das amostras devido às doses crescentes do CaCO_3 empregado.

Quanto aos teores de Ca^{+2} trocável, de acordo com o conceito de fertilidade de CATANI et al. (1955)* para solos do Estado de São Paulo, constata-se o seguinte:

(*) O critério de CATANI et al. (1955) para julgamento dos teores de Ca^{+2} trocável dos solos do Estado de São Paulo em relação à sua fertilidade é o seguinte:

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

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

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 as adicionadas e as encontradas no final do período de incubação. Tais diferenças se acham na Tabela 10 e podem ser explicadas, talvez, por uma fixação biológica de 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 CaCO_3 adicionado.

Esta última explicação complica a suposição apresentada em 4.1.2. de que possivelmente, neste trabalho as doses empregadas de CaCO_3 tenham sido insuficientes, mas indica com segurança que o assunto é complexo e merece muito mais estudo.

Tabela nº 10 - Diferença entre os teores de Ca^{+2} trocável das terras mais o cálcio adicionado e os teores de Ca^{+2} trocável encontrados após a incubação, expressos em e.mg/100g T.F.S.A.

Tratamento	Sertãozinho M.Olimpo Unidade 2 Unidade 18			
	Sertãozinho	M.Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,20	0,23	0,22	0,49
2	0,28	0,89	0,57	1,29
3	0,48	0,87	1,07	2,88
4	0,54	0,87	2,12	4,95

A análise das regressões teor de Ca^{+2} trocável x doses adicionadas de CaCO_3 revelou os seguintes coeficientes F na Tabela 11.

Tabela nº 11 - Coeficientes de regressão Ca^{+2} trocável x doses de 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 um pequeno erro experimental.

4.1.5. Resultado relativos à avaliação da porcentagem de saturação em bases.

Os números referentes à porcentagem de saturação em bases, sendo cada um média de 5 repetições, estão apresentadas na tabela 12.

Tabela nº 12 -- Porcentagens de saturação em bases das terras, médias de 5 repetições

Tratamento	Série ou Unidade de 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 10 se enconstata que as quantidades CaCO_3 empregados nos tratamentos números 2,

3 e 4 elevaram a porcentagem da saturação em base das terras da Série Monte Olimpo e Unidade 18 a um nível "suficiente" de acordo com o conceito de CATANI et 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 do pH alcançados (7,8 e 7,9, respectivamente - Ver Tabela 3) limitaram a solubilização do CaCO_3 empregado.

A análise estatística relativa à variação de saturação em bases, devido à adição de CaCO_3 , revelou os seguintes coeficientes F (Tabela 13).

Tabela nº 13 - Coeficiente de regressão porcentagem de saturação em bases x doses de CaCO_3 .

F a 5% = 4,49

F a 1% = 8,53

Terra	Coeficiente 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_3 tende 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 do 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.

4.1.6. Resultados relativos à variação dos teores de fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05N

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, 1956, pag. 214; TEUCHER & ADLER, 1960, pag. 221; MELLO et al. 1966, pag. 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 da absorção causada pelos óxidos hidratados desses metais. Inferese, então, que a calagem dos solos ácidos deve resultar num aumento do teor P solúvel dos mesmos. MALAVOLTA et al. (1965) constataram esse fato em solos de cerrado de Orlândia, Pirassumunga 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, pag. 248; MELLO et al. 1966, pag. 60).

No trabalho executado e que serviu para a presente dissertação não se pode notar uma tendência definida do CaCO_3 sobre a solubilidade do P. Os dados encontrados, médias de 5 repetições, estão contidas na Tabela 14.

Tabela nº 14 - Teores de fósforo solúvel em solução de H_2SO_4 0,05N 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 variancia das regressões polinomiais efetuadas, os coeficientes de regressão encontrados se acham na Tabela 15.

Tabela nº 15 - Coeficientes de regressão fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05N x doses de $CaCO_3$
 F a 5% = 4,49 F a 1% = 8,53

Terra	Coeficiente de regressão			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º 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 4º Grau, em todos os casos, estão fora dos limites experimentais.

Nota-se que nas terras Sertãozinho e Unidade 2, houve um decréscimo no teor P solúvel da Testemunha para o tratamento 1, que pode ser atribuído a uma possível imobilização do elemento por parte de microorganismos, favorecida pela elevação do pH e pela presença de maiores quantidades de 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 o autor não tenha 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 ao tratamento Testemunha e 1 (Tabela 14) pode ser explicada da mesma maneira como o foi no caso da terras Ser

ãozinho e Unidade 2. Nos tratamentos 2, 3 e 4, os teores de P solúvel foram maiores, embora pudesse ser esperado, conforme cita a literatura, tem decréscimo nos tratamentos 3 e 4 devido aos pHs e teores de 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, o autor não possui 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 Ca^{+2} trocável elevados.

4.1.7. Resultados relativos à variação da capacidade de fixação de fosfato

"A fixação do fosfato solúvel pelo solo é um fenômeno de importante significado agrícola. Embora seja de natureza complexa e ainda não bem compreendida, numerosas teorias têm sido propostas para explicá-la.

Nos solos ácidos julgam-se que as principais causas de fixação do P sejam a formação de compostos insolúveis com Fe, Al, Ti, Mn, etc., a absorção aos óxidos hidratados desses metais e aos minerais de argila.

Nos terrenos alcalinos as principais causas da fixação seriam a formação de fosfato de cálcio insolúveis, a absorção do fosfato às partículas de carbonato de

cálcio e a retenção pelas argilas" (MELLO, 1968).

Vários autores têm publicado extensas revisões bibliográficas sobre o assunto (DEAN, 1949; KURTZ, 1953; OLSEN, 1953; HEMWALL, 1957). No Brasil, diversos pesquisadores têm se preocupado com êle (CATANI, 1947; MALAVOLTA & PELLEGRINO, 1954; CATANI & PELLEGRINO, 1957; CATANI & PELLEGRINO, 1960; CATANI & BERGAMIN FILHO, 1960; CATANI & GLÓRIA, 1964; BODZIAK JUNIOR et al., 1967; MELLO, 1968; MELLO, não publicado*).

Em relação ao presente trabalho, as quantidades de P fixadas por 100 ml de terra, médias de 5 repetições, estão contidas na Tabela 16.

Tabela nº 16 - Quantidade de P fixadas por 100 ml de terra, em mg. Médias de 5 repetições

Tratamento	Série ou Unidade do Solo			
	Sertãozinho	M.Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	2,71	5,02	5,23	3,95
1	2,66	4,99	5,04	4,04
2	2,48	4,92	4,97	4,02
3	2,46	4,94	5,02	3,95
4	2,47	4,99	4,99	3,95

(*) MELLO, F.A.F., não publicado - Um método para avaliar a capacidade de fixação de fosfato pelo solo empregando o ^{32}P . An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" - Piracicaba, no prelo.

Os coeficientes das regressões fixação de P x doses de $CaCO_3$ estão na Tabela 17.

Tabela 17 - Coeficientes de regressão fixação de P x doses de $CaCO_3$

F a 5% = 4,49

F a 1% = 8,53

Terra	Coeficiente de regressão			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º Grau
Sertãozinho	10,47	0,97	1,03	0,78
M.Olimpo	9,82	30,93	4,36	3,74
Unidade 2	62,45	18,51	5,64	1,99
Unidade 18	0,70	2,46	2,80	0,03

Pode-se verificar (Tabela 16 e 17) que a terra da série Sertãozinho foi a que fixou as menores quantidades de P , o que está de acordo com a literatura, pois, das 4 terras estudadas é ela a mais arenosa e a que apresenta o teor mais baixo de Al^{+3} trocável. O efeito das doses de $CaCO_3$ foi linear.

Na série Monte Olimpo, é preciso que se destaque que o valor 5,02mg/100 ml de terra é, teóricamente um pouco elevado e que em todos os tratamentos as quantidades de P fixados foram altas. Pode-se admitir que no tratamento Testemunha, houve até uma pequena fixação do P solúvel da própria terra. Nos demais tratamentos a fixação foi um pouco suavizada, possivelmente devido à elevação do pH e à redução dos teores de Al^{+3} trocável (Ver Tabela 3 e 5). Nota-se (Tabela 16) que a fixação decresceu da Testemunha ao

tratamento 2, elevando-se a seguir nos tratamentos 3 e 4 provavelmente devido aos valores pH e aos teores de cálcio trocável mais altos. Isso explica a significância da regressão quadrática.

A terra da Unidade 2 foi a que revelou maior poder de fixação de P , sendo que nos tratamentos Testemunha, 1 e 3 houve mesmo fixação do elemento oriundo da própria amostra.

Levando-se em conta os valores F obtidos para as diversas correlações, nota-se uma tendência mais acentuada para a linearidade. A significância desta correlação pode ser explicada pela elevação dos pHs e diminuição dos teores de Al^{+3} trocável (Tabela 3 e 5). Esse argumento, contudo, não explica a significância das correlações quadrática e cúbica. E nem os teores de Ca^{+2} trocável dos tratamentos 3 e 4 parecem razoáveis para explicá-la.

Finalmente, na Unidade 18 nenhuma das correlações estudadas foi significativa o que quer dizer que nenhum dos tratamentos teve influência sobre a capacidade de fixação de fósforo dessa terra.

4.2. Resultados relativos ao ensaio com plantas

Por motivos ignorados pelo autor, o desenvolvimento das plantas foi pequeno e uniforme, em todos os vasos. Esse fato talvez tenha sido ocasionado pelo reduzido volume dos vasos utilizados que permitia o uso de ape-

nas 1 kg de terra, uma condição imposta pela pequenez da área disponível para este ensaio, na casa de vegetação onde o mesmo foi realizado.

Devido ao que foi dito acima, não foi considerado o peso da matéria seca das plantas. Considerou-se, contudo, o teor de Ca na parte aérea das mesmas. Os resultados encontrados, médias das 5 repetições, se acham na Tabela 18.

Tabela nº 18 - Teores de cálcio na parte aérea das plantas, médias de 5 repetições, em porcentagem da matéria seca.

Tratamento	Série ou Unidade da Solo			
	Sertãozinho	M.Olimpo	Unidade 2	Unidade 18
Testemunha	0,99	0,56	0,93	0,80
1	1,10	1,29	1,19	1,12
2	1,20	1,33	1,27	1,13
3	1,30	1,54	1,22	1,30
4	1,23	1,60	1,26	1,31

Pelos dados expostos na Tabela 18, verifica-se que, de um modo geral, os teores de cálcio na parte aérea das plantas aumentaram à medida que foram sendo aumentadas as quantidades de CaCO_3 aplicadas.

Confrontando-se os dados da Tabela 18, com os da Tabela 9 e da Tabela 12 (embora estas correspondam a outro ensaio, porém cujos vasos receberam CaCO_3 nas mesmas

relações carbonato-terra que os vasos do ensaio com soja) constata-se as relações nítidas e já esperadas entre os teores de cálcio nas plantas e os teores do mesmo elemento em forma trocável nas terras e entre os teores de cálcio nas plantas e a porcentagem de saturação em bases do complexo coloidal das mesmas terras.

Os coeficientes das regressões teor de Ca nas plantas x doses de CaCO_3 estão apresentados na Tabela 19.

Tabela nº 19 - Coeficientes de regressão Ca % nas plantas x doses de CaCO_3
 F a 5% = 4,49 F a 1% = 8,53

Terra	Coeficiente de regressão			
	Linear	Quadrática	Cúbica	4º Grau
Sertãozinho	363,28	797,74	279,68	43,29
M. Olimpo	6,32	405,58	10,87	38,39
Unidade 2	110,12	328,23	34,68	1,90
Unidade 18	55,84	357,80	59,35	38,29

Embora todas as regressões, exceto uma (4º grau, Unidade 2) tenham se mostrado significativas, nota-se que em todas as terras os coeficientes F maiores são os das regressões quadráticas. Pode-se entender essa observação como uma tendência de limitação da concentração de cálcio na parte aérea da soja, fato esperado acontecer.

No caso da terra da Unidade 2 houve, dentro dos limites experimentais, a significância da regressão cúbica. Tal fenômeno, difícil de entender nas condições deste experimento, o autor não foi capaz de esclarecer.

5. CONCLUSÕES

As principais conclusões que podem ser tiradas são as seguintes:

a - Os índices pH das terras elevaram-se à medida que foram elevadas as doses de CaCO_3 ; no tratamento 1 os valores obtidos estavam ao redor de 5,7.

b - Os tratamentos afetaram de modo variável, de acordo com a terra, o teor de Al^{+3} trocável. Na terra da série Monte Olimpo a quantidade de CaCO_3 empregada no tratamento 1 foi insuficiente para reduzir o teor de Al^{+3} trocável a nível considerado não tóxico às plantas.

c - O CaCO_3 reduziu fortemente os teores de H^+ trocável das terras. Tal redução foi tanto maior quanto mais elevada era a quantidade empregada desse sal.

d - As adições de CaCO_3 elevaram, em todos os casos, o teor de Ca^{+2} trocável das terras.

e - Observou-se, nas 4 terras empregadas, uma forte relação linear entre a porcentagem de saturação em bases e as doses empregadas de CaCO_3 .

f - As adições de CaCO_3 afetaram a solubilidade e a fixação do P de modo diferente de uma terra para outra, de sorte que nenhuma conclusão definida, a não ser essa, pode ser formulada.

g - As quantidades de CaCO_3 empregadas foram suficientes para as plantas exibirem uma tendência de limitação da absorção de cálcio.

6. RESUMO

A presente dissertação descreve um trabalho realizado em duas fases distintas. Na primeira, porções de 1000g de terra foram bem misturadas, transferidas para vasos e incubadas durante 45 dias com quantidades crescentes de CaCO_3 p.a., sendo as misturas mantidas a 40 - 50% da capacidade de campo das terras. Foram utilizadas as seguintes terras: Série Sertãozinho e Monte Olimpo, do Município de Piracicaba e Unidades 2 e 18 do Município de Rio das Pedras.

Os tratamentos foram os seguintes:

Treatmento	Quantidade de cálcio aplicada com CaCO_3
Testemunha	Sem adição de CaCO_3
1	Estequiometricamente igual à quantidade de Al^{+3} trocável existente em 1000g de terra.
2	Igual ao dobro da empregada no tratamento 1.
3	Igual ao triplo da empregada no tratamento 1.
4	Igual a quatro vezes a empregada no tratamento 1.

Após o período de incubação, as terras foram secas ao ar e destorroadas, fazendo-se, a seguir, as se

guintes determinações: pH; Al^{+3} , H^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} trocáveis; P solúvel em H_2SO_4 0,05N; capacidade de fixação de P. Foi calculado também o índice de saturação em base.

Na segunda fase do trabalho, porções de 1 000g das mesmas terras foram incuvadas com $CaCO_3$ p.a. e pequenas quantidades de sais contendo N, P, K, Mg, S e micronutrientes da forma já descrita acima, sendo, contudo, de 13 dias o período de incubação. Transcorrido esse período, cada vaso recebeu 4 sementes de soja (Glycine max. L., var. Hill) procedendo-se ao desbaste 15 dias após a germinação e deixando-se duas plantas por vaso. As partes aéreas destas foram colhidas 40 dias após a germinação das sementes, sendo, depois, determinado o teor de cálcio das mesmas.

S U M M A R Y

Studies on neutralization of soil acidity caused by exchangeable Al^{+3} in four soils and some effects brought about by liming.

This dissertation deals with a work carried out in two places. In the first part, portions of 1 000g of soil were well mixed with increasing amounts of $CaCO_3$ p.a., put in to vases and incubated for 45 days. The moist the soils were kept at 40 - 50% of their field capacity.

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

The treatments were the following:

Treatment	Amounts of Ca applied as $CaCO_3$
Control	$CaCO_3$ omitted
1	Stoichiometrically amounts related to the exchangeable Al^{+3} in 1 000g of 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 air and ground. Further, the following measurements

were made: pH; Al^{+3} ; H^+ ; Ca^{+2} ; Mg^{+2} (exchangeable); soluble P (H_2SO_4 0,05N); fixation capacity of P. The percentage base saturation of the samples were determined also.

In the second part of the work, 1 000g of the same soils were incubated with $CaCO_3$ p.a. more small amounts of N, P, K, Mg, S salts, plus micronutrients. The incubation period was 13 days.

Four soybean seeds (Glycine max. L., var. Hill) were put in to each vase for germination. Fifteen days after germination, seedlings were removed in order to keep two seedlings growing in each vase. The shoots were harvested 40 days after germination. The calcium content was determined in the that material.

The following conclusion can be drawn:

1 - The pH the soil increased when the amount of $CaCO_3$ was increased.

2 - In the soil of Monte Olimpo serie, the amount of $CaCO_3$ applied on treatment 1 was not sufficient to reduce the exchangeable Al^{+3} to a level non toxic to the plants.

3 - A negative correlation was found between $CaCO_3$ applied and exchangeable H^+ .

4 - In all treatment the $CaCO_3$ applied increased the exchangeable Ca^{++} of the soils.

5 - A linear relationship was found between $CaCO_3$ added and percentage base saturation.

6 - The $CaCO_3$ added affected the solubility and fixation of P depending upon the soil considered.

7 - In the higher doses of $CaCO_3$ the plants showed a tendency toward limiting Ca absorption.

7. BIBLIOGRAFIA

- BODZIAK JUNIOR, C. et al. Fixação do fósforo em solos da região cafeeira do estado do Paraná. R. Esc. Agron. e Vet., Curitiba, 3 : 33-46, 1967.
- BRAUNER, J.L. Extração e determinação do alumínio "troçável" do solo; variação no seu teor influenciado pela aplicação de carbonato de cálcio. Piracicaba, 1966
34p. | Mestrado - ESAIQ |
- BRAUNER, J.L. & CATANI, R.A. Variação no teor de alumínio troçável do solo, influenciada pela aplicação de carbonato de cálcio. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" Piracicaba, 24 : 57 - 69, 1967.
- BRAUNER, J.L.; CATANI, R.A.; BITTENCOURT, V.C. Extração e determinação do alumínio troçável do solo. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 23 : 54 - 73
1966.
- CATANI, R.A. & ALONSO, O. Extração do alumínio troçável e o pH do solo. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 26 : 21 - 9, 1969.
- CATANI, R.A. & ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 26 : 141 - 56, 1969.
- CATANI, R.A. & PELLEGRINO, D. A fixação do fósforo em alguns solos do Estado de São Paulo, estudado com o auxílio do fósforo radioativo P^{32} . R. Agric., Piracicaba, 32 : 237 - 52, 1957.

- CATANI, R.A.; GALLO, J.R.; GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. B. Inst. Agron., Campinas (69) : 1 - 29, 1955.
- CATANI, R.A. Contribuição ao estudo dos fosfatos, sua dosagem, extração e distribuição nos solos do Estado de São Paulo. Campinas, 1947. 65p. | Doutorado - ESALQ |
- CATANI, R.A. & PELEGRINO, D. Avaliação da capacidade de fixação de fósforo pelo solo. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 17 : 19 - 28. 1960.
- CATANI, R.A. & BERGAMIN FILHO, H. A fixação do fósforo pela terra rixa misturada, estudada pelo método de Neubaner e com auxílio do fósforo radioativo P^{32} . R. Agric., Piracicaba, 35 : 161 - 72, 1960.
- CATANI, R.A. & GLORIA, N.A. Evaluation of the capacity of phosphorus fixation by the soil through the isotopic exchange, using $15P^{32}$. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 22 : 229 - 37, 1964.
- COELHO, F.A.S. & VERLENGIA, F. Fertilidade do solo. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, s.d. v.6
- COMISSÃO DE SOLOS Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, 1960 634p. (Boletim nº 12).

DEAN, L.A. Fixation of soil phosphorus, Adv. in Agron., New York, 1 : 391 - 409, 1949.

ESCOBAR, E.H. Gênese e Classificação de alguns solos da bacia do Tijuco Preto - Rio das Pedras. Piracicaba, 1969 59p. | Mestrado - ESAIQ. |

FONSECA, R. et al. Disponibilidade de fósforo e potássio e necessidade de calagem em solos do Estado de Sergipe. Cruz das Almas, Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Leste, s.d. 6p.

GARGANTINI, H. et al. Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1970 32p.

GUIMARÃES, J.E.P. Problemas técnicos e econômicos da indústria e do consumo de corretivo de acidez no Estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, 1958.

GLÓRIA, N.A.; CATANI, R.A.; MATUO, T. O método do E.D.T.A. na determinação do cálcio e magnésio "troçável" no solo. R. Agric., Piracicaba, 40 : 67 - 74, 1965.

HEMWALL, J.B. The fixation of phosphorus by soils. Adv. in Agron., New York, 9 : 95 - 112, 1957.

HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water - culture method for growing plants without soil. Bull. Calif. Agric. Exp. Sta., Berkeley. (347) : 1 - 32, 1950.

- KAMPATH, E.J. A acidez do solo e a calagem, Trad. de Osmar Muzilli e R.E. Kalckman. | Rio de Janeiro | 1967. 23p. (Série internacional de análise de solos. Bol. técnico,4).
- KAMPATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming mineral soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 34 : 252 - 54.
- KURTZ, L.T. "Inorganic phosphorus in acid and neutral soils" In: PIERRE, W.H. & NORMANN, A.G., eds. Soil and fertilizers phosphorus in crops nutrition. New York, Academic Press, 1953. p.59 - 88 (Agronomy, 4).
- MALAVOLTA, E. et al. Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo: nota prévia. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 22 : 131 - 8, 1965.
- MALAVOLTA, E. & PELEGRINO, D. Nota sobre algumas transformações do superfosfato radioativo em terra rôxa. R. Agric., Piracicaba, 29 : 317 - 23, 1954.
- MEDEIROS, G.B. Gênese e classificação de alguns solos do Ribeirão das Palmeiras - Rio das Pedras. Piracicaba, 1971. 80p. | Mestrado - ESAIQ |.
- MELLO, F.A.F. Capacidade de fixação de fosfato de alguns solos do município de Piracicaba: nota prévia. R. Agric., Piracicaba, 43 : 23 - 8, 1968.

- MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLA, S. Fertilidade do solo Piracicaba, ESALQ, 1966 v. 1
- MUZILLI, O.; KALCKMANN, R.E.; MUNHOZ, F.G. Estudo da correção da acidez dos solos do Estado do Paraná. I. Determinação de curvas de neutralização em latossolos rômoxo do Oeste. R. Esc. Agron. e Vet., Curitiba, 5 : 25 - 33, 1969.
- MUZILLI, O.; KALCKMANN, R.E.; MENDES, W. Estudo da correção da acidez dos solos do Estado do Paraná. II. Ensaio em vasos, com latossolos rômoxo do Oeste. R. Esc. Agron. e Vet., Curitiba, 5 : 35 - 8, 1969.
- MUZILLI, O. & KALCKMANN, R.E. Estudo da correção da acidez dos solos do Estado do Paraná. III. Ensaio de campo, em latossolos rômoxo do Oeste. R. Esc. Agron. e Vet., Curitiba, 5 : 39 - 45, 1969.
- OLSEN, S.R. "Inorganic phosphorus in alkaline and calcareous soils". In: PIERRE, W.H. & NORMAN, A.G. eds. Soil and fertilizers phosphorus in crops nutrition New York, Academic Press, 1953. p.89 - 122 (Agronomy, 4).
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ, 1966. 85p.
- SANTANA, M.B.M. et al. Nova orientação sobre o emprego de calcário em solos com altos teores de alumínio e calcário, + magnésio. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, 1970. 7p.

- SARRUGE, J.R. Apontamentos de nutrição e adubação de plantas cultivadas. Piracicaba, ESALQ, 1971. 56p.
- SOUZA, L.F. Acidez e calagem dos solos. Cruz das Almas, Inst. Pesq. e Exp. Agropecuárias do Leste, 1970. 20p.
- TEUSCHER, H. & ADLER, R. The soil and its fertility. New York, Reinhold, 1960. 446p.
- THOMPSON, L.M. Soil and soil fertility. 2. ed. New York Mc Graw - Hill, 1957. 451p.
- VETTORI, L. Método de análise de solo. B. Teç. Esc. Pesq. Exp., Rio de Janeiro, (7) : 1 - 24. 1969.
- VIERA, L.S. et al. Os solos do Estado do Pará. Belém, Ins , tituto Desenvolvimento Econômico Social do Pará, 1971. (Cadernos paraenses, 8)
- WORTHEN, E.L. & ALDRICH, S.R. Farm soils 5. ed. New York, John Wiley, 1956 439 p.