

REATIVIDADE DE CALCÁRIOS AGRÍCOLAS E A RELAÇÃO ENTRE OS
TEORES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

P.A. Bellingieri*

J.C. Alcarde**

E.C.A. Souza***

RESUMO: A reatividade da fração retida entre as peneiras nºs 50-60 (ABNT) de quatro calcários, com teores relativos de óxidos de cálcio decrescentes e de óxidos de magnésio crescentes, foi avaliada incubando-os, durante 100 dias, com três solos diferentes. O delineamento foi o de blocos casualizados com 6 tratamentos e 4 repetições.

A avaliação, feita através das variações periódicas do pH e dos teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, mostrou que a relação entre os teores de cálcio e magnésio nos calcários não influi na sua reatividade, tanto quanto à correção da acidez dos solos como ao fornecimento de cálcio e de magnésio.

Termos para indexação: calcário agrícola, carbonato, magnésio, cálcio.

* Químico, Prof.Assist.Dr., Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Jaboticabal, SP.

** Eng^o Agr^o, Prof.Assist.Dr., Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - Caixa Postal 9 - 13.400 - Piracicaba, SP.

*** Eng^o Agr^o, Prof.Titular, Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP - 14.870 - Jaboticabal, SP.

AGRICULTURAL LIMESTONES REACTIVITY AND THE RELATION BETWEEN CALCIUM AND MAGNESIUM CONTENTS

ABSTRACT: The reactivity of four limestones with increasing CaO and decreasing MgO contents was evaluated by incubating the limestones with three different soils.

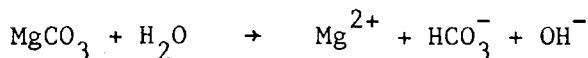
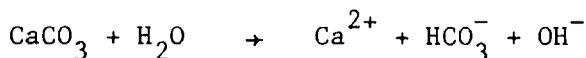
The results showed that the reactivity of the limestones in neutralizing soil acidity was not influenced by its carbonate forms, that is, calcium or magnesium.

Index terms: agricultural limestone, carbonate, magnesium, calcium.

INTRODUÇÃO

Diversos têm sido os fatores considerados nos calcários e que influem na correção da acidez dos solos: teor de carbonatos, grau de moagem, estrutura cristalina do material, relação entre os teores de cálcio e de magnésio e teor de umidade e temperatura do solo.

Como a correção do solo é feita pelo íon carbonato, cuja reação inicial de hidrólise no solo é:



torna-se claro que a eficiência do corretivo é proporcional ao teor de carbonato.

O calcário é um material pouco solúvel. Considerando-se um teor de umidade no solo de 25 %, pode-se dissolver somente 7,0 kg de CaCO₃ por hectare. Para que a correção da acidez seja eficiente, deve-se, portanto,

aumentar a área de contato entre o corretivo e o solo pela diminuição do diâmetro das partículas de calcário. Dada uma quantidade de material, quanto menores as partículas, maior será a área externa total, e maior a eficiência na correção da acidez.

O estudo do problema da acidez do solo assume cada vez mais interesse face ao aumento da importância da necessidade de sua correção. Esse aspecto é ressaltado pelas dúvidas existentes sobre qual material deve ser utilizado, se é mais eficiente aquele que contém maior ou menor porcentagem de magnésio e, também qual a granulometria que deve apresentar o calcário.

Vários trabalhos têm procurado dar resposta a essas dúvidas. GALLO *et alii* (1956) evidenciaram que os efeitos são bastante semelhantes, mesmo para pH, não ocorrendo diferença de produções quando se utilizam materiais corretivos mais ricos em cálcio ou mesmo em magnésio. SHAW & ROBINSON (1960) mostraram que o calcário dolomítico se torna tão eficiente quanto o calcário calcítico quando a sua granulometria se apresenta mais fina do que a deste último. Já PEREIRA (1978) documentou que, para calcários naturais, a solubilidade no solo de cresce com o aumento do teor de magnésio, presumindo, também, que decresça mais com o aumento do grau de metamorfismo desses materiais corretivos do que com a própria natureza do material.

Recentemente, ALCARDE *et alii* (1987) demonstraram que a natureza dos calcários não influenciou na eficiência relativa, em termos de neutralização da acidez dos solos.

O presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de se estudar o efeito da relação entre os teores de cálcio e magnésio na reatividade dos calcários agrícolas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados quatro calcários, separando-se a fração retida entre as peneiras nº 50-60 (ABNT).

Os teores de cálcio e de magnésio dos corretivos estão apresentados na Tabela 1, onde os calcários foram dispostos de maneira que a proporção entre o equivalente em CaCO_3 , devido ao CaO diminuisse e aquela devido ao MgO aumentasse.

Foram utilizados três solos distintos, a saber: Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico muito argiloso (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico argiloso (LEd) provenientes do Centro de Pesquisa Agronômica do Cerrado de Planaltina (DF); e um Latossolo Vermelho Amarelo, textura média (LV), proveniente do Município de Assis, SP.

As principais características químicas e físicas dos solos estão descritas na Tabela 2.

Os níveis de calagem foram calculados com base na curva de neutralização obtida por incubação dos solos com CaCO_3 p.a. por um período de 20 dias. Foram adicionadas quantidades crescentes de CaCO_3 p.a., correspondentes a 2, 4, 6 e 8 t/ha, no caso dos solos LVd e LV, e a 4, 8, 12 e 16 t/ha, no caso do solo LEd, em virtude do seu alto poder tampão. As respectivas curvas de neutralização estão mostradas na Figura 1.

As unidades experimentais foram constituídas de 500 g de solo, colocadas em vasos de polietileno. Cada calcário foi misturado com os solos utilizando-se uma quantidade equivalente a de CaCO_3 p.a., necessária para elevar o pH a 6,5; o ensaio foi realizado com 4 repetições, em casa de vegetação, com controle de umidade do solo. Foram utilizados também CaCO_3 p.a. e MgCO_3 p.a. como referências. Após 10, 20, 30, 40 e 50 dias, foram coletadas amostras dos tratamentos com CaCO_3 p.a. e da testemunha. Após 20, 40, 60, 80 e 100 dias, foram coletadas amostras dos tratamentos com calcários 1, 2, 3 e

Tabela 1 - Teores de cálcio e de magnésio na fração granulométrica (ABNT nº 50-60) e equivalente em CaCO_3 dos calcários estudados.

Calcários	CaO	MgO	(1)		Proporção entre os		
			E_{CaCO_3}	Total	E_{CaCO_3}	(2)	
	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	
1	31,64	1,81	56,64	13,84	61,13	92,65	7,35
2	44,14	5,58	79,01	4,49	92,85	85,09	14,91
3	32,90	14,81	57,25	36,73	93,98	60,92	39,08
4	9,94	11,79	17,79	29,24	47,83	37,83	62,17

(1) Equivalente em CaCO_3 proporcional aos teores de CaO e de MgO.

(2) Porcentagem dos equivalentes em CaCO_3 correspondentes aos teores de CaO e de MgO em relação ao valor do equivalente em CaCO_3 total.

Tabela 2 - Principais características químicas e físicas dos solos utilizados.

Solo	Características químicas										Características físicas		
	pH	Car- bono (%)	P ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V (%)	Argila	Silte (%)	Areia
LVD	5,20	1,56	3	0,27	0,40	0,20	6,30	0,87	7,17	12,1	65	13	22
LEd	5,10	1,80	7	0,27	0,40	0,30	9,80	0,97	10,77	8,9	27	9	54
LV	4,60	0,26	9	0,08	0,30	0,30	3,18	0,68	3,86	16,9	13	1	86

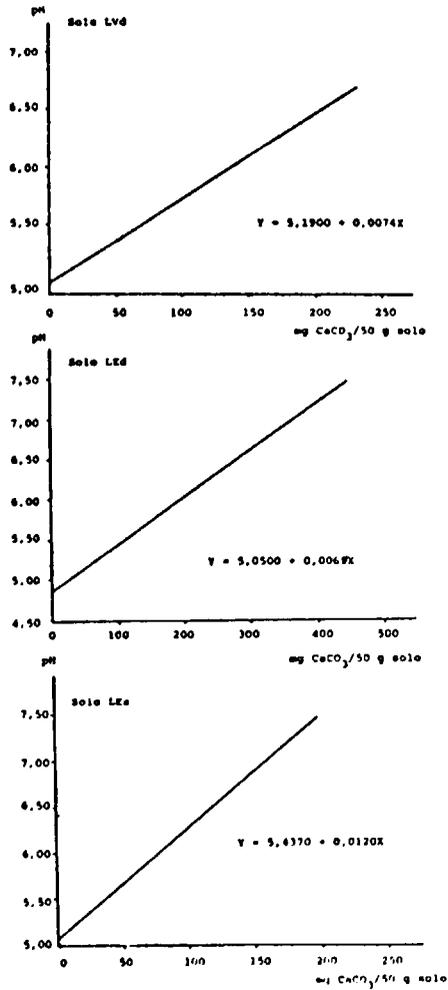


Figura 1 - Relação dada pela equação de regressão linear, entre pH e quantidade de CaCO_3 p.a. (mg/50g solo), determinada por incubação.

4, nas quais foram determinados o pH e os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis.

Foi utilizada a fração 50-60 devido à mesma apresentar as características de 'filler' e, portanto, apresentar um tempo mais curto de reatividade e adotado um período de 100 dias em virtude desse período ser suficiente para se corrigir o pH dos solos para 6,5.

O pH foi determinado em água na proporção 1:2,5 (solo-água) após 30 minutos de contato, em potenciômetro com escala expandida. Os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram determinados extraíndo-se em solução de KCl 1N (VETTORI, 1969) e determinando-se o cálcio e o magnésio por quelatometria e o alumínio por alcalimetria.

O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, esquema 3 x 4, sendo os fatores S e C respectivamente, solo e calcário. Para tanto, foram utilizados 48 vasos para cada solo, num total de 144 vasos e mais 12 vasos incubados com CaCO_3 p.a., 12 vasos incubados com MgCO_3 p.a. e 12 vasos como testemunha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH dos solos desde o 10º até o 100º dia de incubação são dados na Tabela 3. Pode-se observar que, para todas as doses de calcário, o pH atingiu o valor desejado num período ao redor de 60 dias para os solos LVd e LEd, elevando-se para 100 dias no caso do solo LV. Por outro lado, nota-se que não houve diferenças nos efeitos dos calcários. No tratamento testemunha (sem calcário), o pH do solo mostrou pequena flutuação. Na maioria dos casos, o Al^{3+} trocável (Tabela 4), somente foi totalmente neutralizado em torno do pH 6,3 num período de 50-60 dias.

Os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis são mostrados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. Pode-se observar que estes aumentam com o tempo de contato, um aumento

Tabela 3 - Variação do pH nos 3 solos, obtida com os diferentes tratamentos, em função do tempo de incubação.

Tratamentos	Tempo de incubação (dias)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
<u>Solo LVd</u>								
Calcário 1	-	6,1	-	6,4	-	6,5	6,6	6,6
Calcário 2	-	6,1	-	6,3	-	6,6	6,6	6,6
Calcário 3	-	6,2	-	6,4	-	6,6	6,7	6,6
Calcário 4	-	6,2	-	6,3	-	6,6	6,6	6,6
CaCO ₃ p.a.	6,3	6,4	6,6	6,7	6,7	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	6,2	6,3	6,5	6,6	6,6	-	-	-
Testemunha	5,3	5,3	5,2	5,3	5,4	-	-	-
<u>Solo LEd</u>								
Calcário 1	-	6,0	-	6,3	-	6,5	6,6	6,6
Calcário 2	-	6,0	-	6,3	-	6,4	6,5	6,5
Calcário 3	-	6,0	-	6,2	-	6,5	6,6	6,6
Calcário 4	-	6,0	-	6,2	-	6,5	6,5	6,6
CaCO ₃ p.a.	6,3	6,5	6,6	6,5	6,5	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	6,3	6,4	6,5	6,6	6,5	-	-	-
Testemunha	5,2	5,2	5,3	5,3	5,2	-	-	-
<u>Solo LV</u>								
Calcário 1	-	6,1	-	6,2	-	6,3	6,4	6,5
Calcário 2	-	6,0	-	6,2	-	6,3	6,4	6,4
Calcário 3	-	5,9	-	6,2	-	6,3	6,4	6,5
Calcário 4	-	6,0	-	6,2	-	6,3	6,4	6,4
CaCO ₃ p.a.	6,3	6,5	6,6	6,5	6,6	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	6,2	6,4	6,5	6,5	6,5	-	-	-
Testemunha	5,0	5,1	5,0	5,0	5,0	-	-	-

Tabela 4 - Variação do teor de Al^{3+} trocável nos 3 solos (V.Tabela 3), obtida com os diferentes tratamentos, em função do tempo de incubação.

Tratamentos	Tempo de incubação							
	10	20	30	40	50	60	80	100
	e.mg/100 g							
<u>Solo LVd</u>								
Calcário 1	-	0,40	-	0,10	-	0,00	0,00	0,00
Calcário 2	-	0,60	-	0,03	-	0,00	0,00	0,00
Calcário 3	-	0,40	-	0,08	-	0,00	0,00	0,00
Calcário 4	-	0,35	-	0,10	-	0,00	0,00	0,00
CaCO ₃ p.a.	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	0,16	0,04	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Testemunha	0,61	0,75	0,61	0,58	0,55	-	-	-
<u>Solo LEd</u>								
Calcário 1	-	0,68	-	0,16	-	0,00	0,00	0,00
Calcário 2	-	0,63	-	0,16	-	0,00	0,00	0,00
Calcário 3	-	0,70	-	0,08	-	0,00	0,00	0,00
Calcário 4	-	0,80	-	0,08	-	0,00	0,00	0,00
CaCO ₃ p.a.	0,48	0,02	0,00	0,00	0,00	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	0,36	0,02	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Testemunha	2,18	2,12	2,00	1,96	2,00	-	-	-
<u>Solo LV</u>								
Calcário 1	-	0,25	-	0,16	-	0,04	0,00	0,00
Calcário 2	-	0,32	-	0,24	-	0,02	0,00	0,00
Calcário 3	-	0,30	-	0,16	-	0,02	0,00	0,00
Calcário 4	-	0,30	-	0,16	-	0,02	0,00	0,00
CaCO ₃ p.a.	0,24	0,06	0,00	0,00	0,00	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	0,22	0,04	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Testemunha	0,72	0,72	0,75	0,72	0,75	-	-	-

Tabela 5 - Variação dos teores de Ca^{++} trocável nos 3 solos, obtida com os diferentes tratamentos em função do tempo de incubação.

Tratamentos	Tempo de incubação (dias)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
e.mg/100 g								
<u>Solo LVd</u>								
Calcário 1	-	3,59	-	3,79	-	4,01	4,23	4,38
Calcário 2	-	3,19	-	3,41	-	3,79	4,03	4,15
Calcário 3	-	2,27	-	2,45	-	2,69	2,85	3,03
Calcário 4	-	1,23	-	1,31	-	1,43	1,57	1,71
CaCO_3 p.a.	6,14	6,97	7,39	8,03	8,98	-	-	-
MgCO_3 p.a.	0,28	0,34	0,42	0,46	0,40	-	-	-
Testemunha	0,29	0,27	0,24	0,27	0,29	-	-	-
<u>Solo LED</u>								
Calcário 1	-	3,63	-	3,83	-	4,08	4,31	4,45
Calcário 2	-	3,13	-	3,33	-	3,63	4,01	4,15
Calcário 3	-	2,11	-	2,33	-	2,55	2,77	2,88
Calcário 4	-	1,13	-	1,21	-	1,33	1,45	1,56
CaCO_3 p.a.	6,58	7,49	8,58	9,33	11,60	-	-	-
MgCO_3 p.a.	0,34	0,36	0,42	0,42	0,40	-	-	-
Testemunha	0,24	0,27	0,27	0,29	0,27	-	-	-
<u>Solo LV</u>								
Calcário 1	-	0,85	-	1,04	-	1,20	1,37	1,55
Calcário 2	-	0,47	-	0,63	-	0,83	0,98	1,24
Calcário 3	-	0,25	-	0,37	-	0,57	0,73	0,90
Calcário 4	-	0,07	-	0,19	-	0,27	0,39	0,63
CaCO_3 p.a.	3,24	3,42	3,53	3,68	3,80	-	-	-
MgCO_3 p.a.	0,30	0,32	0,40	0,42	0,40	-	-	-
Testemunha	0,32	0,37	0,35	0,37	0,32	-	-	-

Tabela 6 - Variação nos teores de Mg^{++} trocável nos 3 solos, obtida com os diferentes tratamentos, em função do tempo de incubação.

Tratamentos	Tempo de incubação (dias)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
	e.mg/100 g							
<u>Solo LVd</u>								
Calcário 1	-	0,07	-	0,15	-	0,20	0,25	0,29
Calcário 2	-	0,27	-	0,39	-	0,48	0,55	0,61
Calcário 3	-	0,79	-	1,02	-	1,16	1,37	1,61
Calcário 4	-	1,79	-	1,90	-	2,11	2,39	2,69
CaCO ₃ p.a.	1,16	1,36	1,34	1,38	1,48	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	6,12	7,63	8,49	9,75	10,56	-	-	-
Testemunha	0,16	0,16	0,19	0,21	0,21	-	-	-
<u>Solo LEd</u>								
Calcário 1	-	0,10	-	0,17	-	0,22	0,27	0,34
Calcário 2	-	0,34	-	0,50	-	0,63	0,72	0,82
Calcário 3	-	0,91	-	1,16	-	1,32	1,57	1,96
Calcário 4	-	1,52	-	1,80	-	2,16	2,52	2,90
CaCO ₃ p.a.	0,92	1,02	1,04	1,18	1,22	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	6,73	7,98	9,13	10,42	11,54	-	-	-
Testemunha	0,24	0,24	0,21	0,22	0,21	-	-	-
<u>Solo LV</u>								
Calcário 1	-	0,09	-	0,12	-	0,14	0,16	0,18
Calcário 2	-	0,13	-	0,19	-	0,23	0,27	0,32
Calcário 3	-	0,28	-	0,39	-	0,46	0,60	0,67
Calcário 4	-	0,60	-	0,75	-	0,92	1,04	1,11
CaCO ₃ p.a.	1,04	1,06	1,10	0,96	0,94	-	-	-
MgCO ₃ p.a.	2,98	3,42	3,72	4,03	4,27	-	-	-
Testemunha	0,32	0,29	0,29	0,27	0,29	-	-	-

acentuado até 60 dias para o caso do Ca^{2+} e mais suave em relação ao Mg^{2+} , que continuou crescendo uniformemente até os 100 dias.

As porcentagens de Ca^{2+} e Mg^{2+} solubilizados durante os 100 dias de incubação são mostradas nas Figuras 2 e 3. Nota-se que no início houve solubilização mais rápida do Ca^{2+} em relação ao Mg^{2+} , mas após os 40 dias ocorreu inversão, mostrando que a solubilização do Mg^{2+} foi maior nos três solos, principalmente no LV.

Comparando-se os três tipos de solo, observa-se que o LEd apresentou menor taxa de solubilização de Ca e Mg dos calcários, devido provavelmente ao maior poder tampão do mesmo, resultante, principalmente de seu teor mais elevado em matéria orgânica, enquanto que o LV apresentou maior taxa de solubilização em virtude de seu menor poder tampão, revelado pelos menores teores de argila e matéria orgânica. Nota-se ainda comportamento semelhante entre os solos LVd e LEd no tocante às taxas de solubilização, devido à semelhança entre o poder tampão dos mesmos. Quanto ao tipo de calcário, nota-se variação da solubilidade em função do tipo de solo e em função do cátion (Ca ou Mg) considerado.

Quanto à taxa de solubilização de Ca e Mg em função do tipo de calcário (equivalente CaCO_3), observa-se pela análise da Figura 2, que o calcário com maior equivalente em MgO (calcário 4), apresenta nos três tipos de solo, menor porcentagem de solubilização de Ca, como era de se esperar, enquanto que a solubilização do Mg foi variável em cada tipo de solo, sendo que para o LVd os resultados foram os mais coerentes, isto é, maior taxa de liberação de Mg, para calcários com maior equivalente em MgO (calcários 3 e 4).

CONCLUSÕES

Dos dados obtidos e nas condições em que foi efetuado o estudo podem ser inseridas as seguintes conclusões:

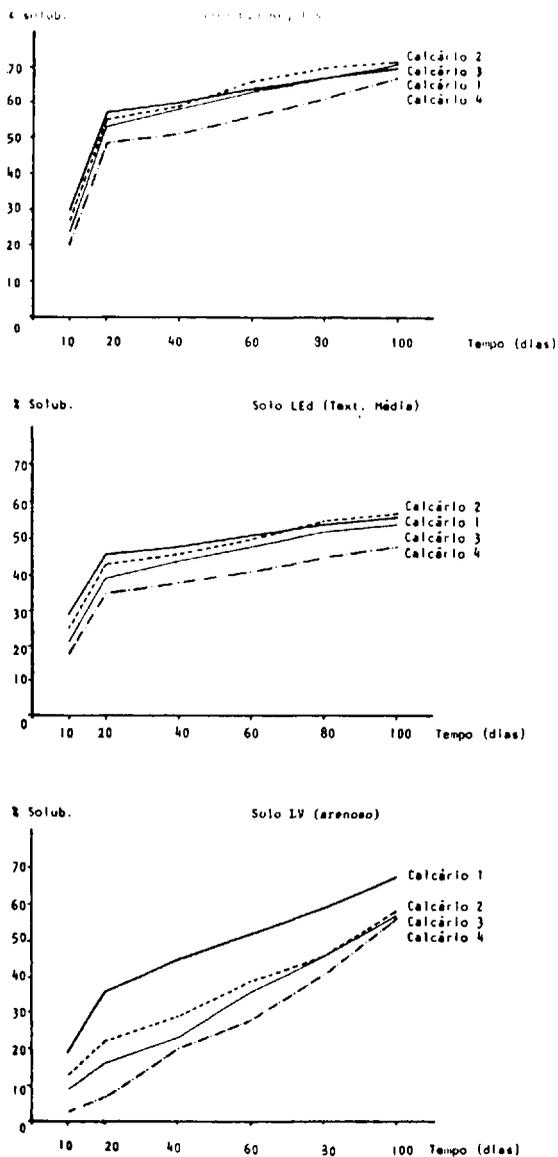


Figura 2 - Variação da porcentagem de solubilização do Ca^{2+} nos três solos, obtida com os diferentes tratamentos em função do tempo de incubação.

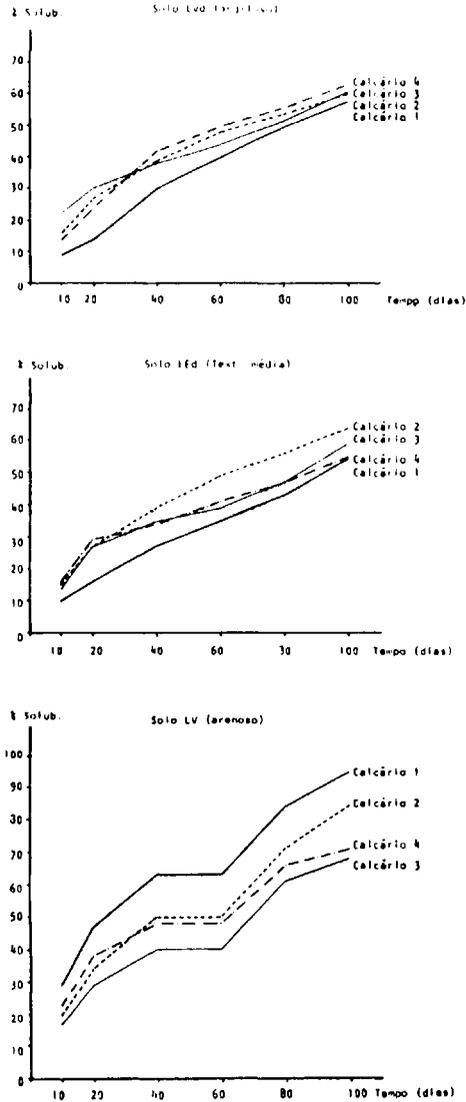


Figura 3 - Variação da porcentagem de solubilização do Mg^{2+} nos três solos, obtida com os diferentes tratamentos em função do tempo de incubação.

a) Os calcários estudados promoveram aumentos semelhantes no valor pH dos solos.

b) As quantidades de calcário utilizadas foram suficientes para eliminar o alumínio trocável, porém, isso ocorreu somente em um valor de pH elevado.

c) A reação do calcário e, por conseguinte, sua solubilização, dependeu do tipo de solo.

d) Os aumentos dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis são bons indicadores da dissolução de calcário no solo.

e) A taxa de solubilização de Ca e de Mg não apresenta resultados consistentes nos três tipos de solos estudados, em função do equivalente em CaCO_3 dos corretivos utilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C.; BELLINGIERI, P.A.; SOUZA, E.C.A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.45, 1988. (No prelo).
- GALLO, J.R.; CATANI, R.A.; GARGANTINI, H. Efeito de três tipos de calcários na reação do solo e no desenvolvimento da soja. *Bragantia*, Campinas, 15:121-30, 1956.
- PEREIRA, J.E. Solubilidade de alguns calcários e de escórias de alto forno. Viçosa, 1978. 84 p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- SHAW, W.M. & ROBINSON, B. Reaction efficiencies of liming materials as indicated by lysimeter leachate composition. *Soil Science*, Baltimore, 89: 209-18, 1960.

VETTORI, L. *Métodos de análise do solo*. Brasília, Ministério da Agricultura; EPE, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).

Recebido para publicação em: 11.01.88

Aprovado para publicação em: 13.03.89