

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de S. Paulo

Vol. 27

Campinas, julho de 1968

N.º 20

ESTUDO DOS MATERIAIS CALCÁRIOS USADOS COMO CORRETIVO DO SOLO NO ESTADO DE SÃO PAULO (1). I — COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

I. F. LEPSCH, *engenheiro-agrônomo*, C. L. ROTTA, *geólogo*, e A. KÜPPER, *engenheiro-agrônomo*, *Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônomo*

SINOPSE

São apresentados dados sobre a composição granulométrica de calcários e escória de alto forno, usados como corretivos do solo.

O ensaio granulométrico foi efetuado por tamisação, para o que foram usadas 9 peneiras, de n.º 10 a 200 (2).

A maior parte das amostras apresentaram composição granulométrica semelhante. Cerca de 20% a 30% das partículas apresentaram diâmetros entre 0,8 mm a 2,0 mm, e cerca de 25% a 35%, diâmetros inferiores a 0,15 mm.

Os resultados indicam que as amostras apresentam seleção máxima na parte mais grosseira. Na maioria delas, essa fração está representada por partículas de diâmetro maior que 0,3 mm, em proporção que varia de 50% a 60%.

1 — INTRODUÇÃO

Na correção da acidez do solo são empregados, comumente, os denominados calcários ou pós calcários, obtidos através da moagem de rochas constituídas essencialmente de carbonatos de cálcio e magnésio, em proporções variadas.

Os pós calcários diferem entre si em função das características das rochas de onde provêm e dos processos de preparação. A maior ou menor eficiência de um determinado calcário, na

(1) Trabalho apresentado no XI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Brasília, de 17 a 27 de julho de 1967. Recebido para publicação em 11 de setembro de 1967.

(2) Designação do U.S.B.S. (United States Bureau of Standards).

correção da acidez do solo, depende de várias características do material, destacando-se a composição química, a composição granulométrica e as características mineralógicas.

A composição granulométrica depende, por sua vez, das propriedades da rocha calcária (dureza, grau de cristalização, mineralogia, composição química) e do processo ou equipamento utilizado na moagem (13). Numerosas investigações, realizadas com a finalidade de verificar o valor agrícola dos calcários, em função de diferentes graus de finura, e levadas a efeito tanto por meio de ensaios em terras ácidas (2, 3, 6, 7, 8) como por meio de processos químicos em laboratório (4, 5, 9, 10, 12), mostraram que quanto mais fino fôr o material empregado, maior e mais rápida será a sua ação corretiva de acidez dos solos. Subsistem dúvidas quanto à eficiência das partículas mais grosseiras. Considera-se que as de diâmetro superior a 0,25 mm seriam desejáveis, em determinadas proporções, para proporcionarem efeitos a prazos mais longos (6). A partir de determinada dimensão, porém, as partículas de calcário teriam efeito nulo ou insignificante, ineficiência essa demonstrada por alguns autores (2, 6, 7, 8) para partículas com diâmetro superior a 0,8 mm (peneira n.º 20).

No Estado de São Paulo, existem à venda pós calcários com diferentes graus de finura. As firmas comerciais não costumam mencionar ou classificar os seus produtos quanto ao estado de divisão do material; devem, no entanto, estar de acôrdo com a Legislação Brasileira sôbre Adubos e Corretivos, a qual especifica que 100% do material deve passar pela peneira de n.º 10 (malha de 2 mm), e 50%, no mínimo, pela peneira de n.º 50 (0,3 mm de malha).

Êste trabalho, que faz parte de uma série de estudos que visam a caracterização completa dos materiais usados como corretivo do solo no Estado de São Paulo, analisa e interpreta a composição granulométrica de materiais calcários com grau de finura comercial.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais foram coletados nos meses de agosto e setembro de 1966 e consistiram de 28 amostras de produtos postos normalmente no comércio. A colheita das amostras, com exceção das de número 30, 31 e 32 (quadro 3), foi feita no próprio local de produção.

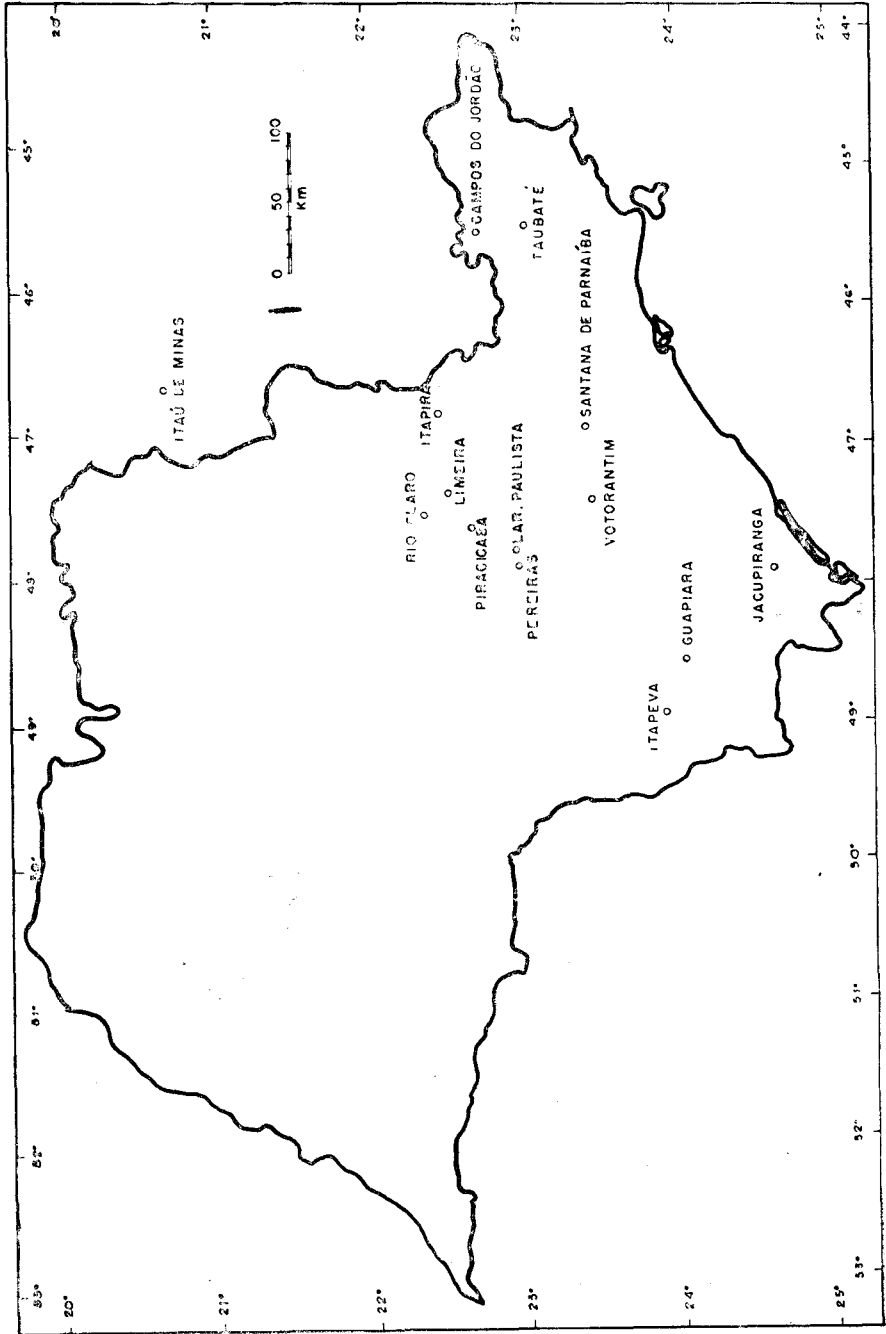


Figura 1 — Locais de onde provieram as amostras de pó calcário estudadas

Os locais de origem das diversas amostras são indicados no mapa da figura 1.

A produção e o número de produtores de algumas das maiores regiões produtoras de calcário para o Estado de São Paulo são indicados no quadro 1.

QUADRO 1. — Produção de pó calcário para o Estado de São Paulo em 1964 (Dados obtidos através do Sindicato da Indústria de Adubos e Colas do Estado de São Paulo e baseados em dados fornecidos pelos produtores)

Região produtora	N.º de produtores	Produção (1.000 t)
Piracicaba — S.P.	5	158,3
Rio Claro — Limeira — S.P.	4	93,6
Itaú de Minas — M.G.	1	48,5
S. Roque — Votorantim — S.P.	2	38,1
Taubaté — S.P.	1	3,0
Itapira — S.P.	1	1,0
Soma	14	342,5

As amostras procedentes de Piracicaba, Rio Claro, Limeira, Laranjal Paulista e Pereiras são de origem sedimentar. As procedentes de Itaú de Minas, Itapira, Itapeva, Santana do Parnaíba, Votorantim, Guapiara, Campos do Jordão e Taubaté são de origem metamórfica. A amostra procedente de Jacupiranga é originária de carbonatito magmático. Além dessas, foi incluída uma escória de alto forno, de Mogi das Cruzes, material esse cujas possibilidades de utilização têm sido objeto de recentes estudos (14).

O equipamento mais utilizado para o preparo do pó calcário é o moinho de martelos. A amostra de Votorantim é proveniente de material preparado com moinho de bolas, e a de Jacupiranga, de material preparado com moinho de barras.

O ensaio granulométrico foi feito com o material sêco ao ar, do qual foram peneiradas 100 gramas, durante 10 minutos, em aparelho do tipo "Ro-Tap" com um conjunto de 9 peneiras de 8 polegadas de diâmetro e de número 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200 (designação U.S.B.S.), com aberturas de malha de, respectivamente, 2,00, 0,84, 0,59, 0,42, 0,297, 0,210, 0,149, 0,105 e 0,074 mm. As frações separadas na tamisação foram pesadas, e pela soma das porcentagens cumulativas do material que passou em peneiras sucessivas obtiveram-se as porcentagens cumulativas do material que passou em cada peneira.

3 — RESULTADOS

Os resultados das diferentes tamisações, caracterizam completamente as amostras. No entanto, a comparação e interpretação desses resultados, bastante numerosos, é fastidiosa, a não ser que eles sejam sumarizados ou convertidos, para simplificação da interpretação. Com essa finalidade foram utilizados representação gráfica e critérios estatísticos simples, processos já empregados na interpretação de análise granulométrica de calcários (13) e utilizados no estudo de rochas sedimentares (11).

A representação gráfica foi feita com curvas cumulativas. Essas curvas são obtidas através das porcentagens cumulativas pela representação de suas cotas em um sistema de eixos coordenados. No eixo das abscissas, em escala logarítmica, foram representados os diâmetros das partículas, e no eixo das ordenadas, em escala aritmética, as porcentagens cumulativas que passam em cada peneira.

Com uma representação desse tipo, as curvas das amostras com granulometria mais fina situam-se acima das curvas das amostras mais grossas. Qualquer ascensão mais brusca de uma curva indica acúmulo ou seleção para partículas compreendidas entre determinados tamanhos, e qualquer tendência à horizontalidade, diminuição da quantidade de partículas com tamanhos correspondentes àquele trecho.

O número relativamente grande de amostras e o fato de as curvas cumulativas de grande parte delas coincidirem em um determinado espaço do gráfico, tornaram impraticável a representação gráfica conjunta de todas as amostras. Por este motivo, foram escolhidas, para representação gráfica, curvas das médias das amostras das seis regiões consideradas como maiores

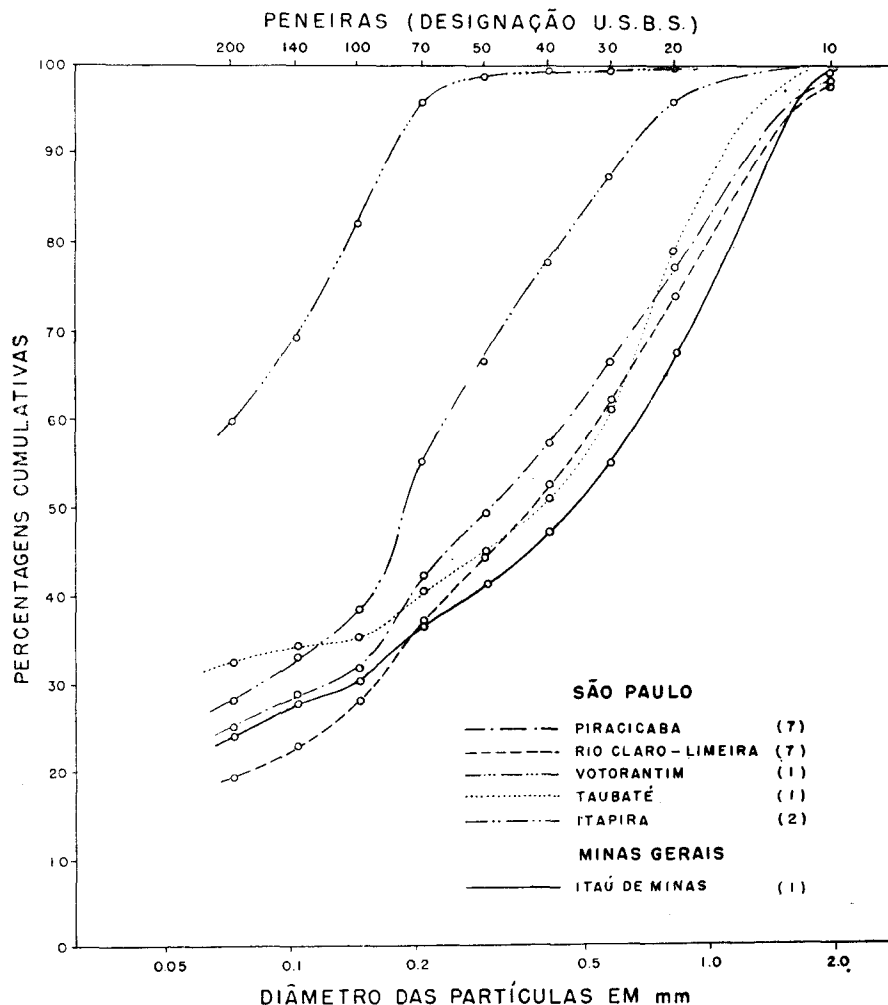
QUADRO 2. — Porcentagem acumulada do pó calcário que passa nas peneiras*. Média das amostras de cada região

Região produtora	N.º de amostras	Peneira								
		10	20	30	40	50	70	100	140	200
Piracicaba	7	97,8	77,2	66,4	57,6	49,3	42,5	31,7	28,8	25,3
R. Claro — Limeira	7	97,2	74,0	62,0	52,8	44,3	37,2	28,0	23,0	19,7
Itaú de Minas	1	99,4	67,7	55,1	47,4	41,4	36,8	30,3	27,9	24,2
Votorantim	1	100,0	99,9	99,7	99,5	98,7	95,4	82,2	69,4	59,9
Taubaté	1	100,0	78,8	61,2	50,9	44,7	40,6	35,6	43,2	32,4
Itapira	2	100,0	95,6	87,1	76,9	66,3	55,5	38,1	33,5	28,1

* Designação do U.S.B.S.

produtoras de calcário. No quadro 2 estão as médias das percentagens cumulativas, e na figura 2 a respectiva representação gráfica.

Para representar numéricamente a granulometria de tôdas as amostras, foram escolhidos os critérios estatísticos simples



* Número de amostras

Figura 2. — Representação gráfica da média da análise granulométrica dos calcários provenientes de 6 regiões produtoras, localizadas nos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

QUADRO 3. — Critérios estatísticos e ensaio granulométrico, nas peneiras de n.º 20, 50 e 100 (U.S.B.S.), das amostras dos diversos locais de produção. Q_1 = 1.º quartil; Md = Mediana; Q_3 = 3.º quartil; S_0 = coeficiente de seleção; SK_g = desvio geométrico dos quartis

Amostra N.º	Local de produção	Critério estatístico					Porcentagem acumulada que passa nas peneiras		
		Q_1	Q_3	Md	S_0	SK_g	20	50	100
		mm	mm	mm					
1	Rio Claro	0,14	0,88	0,38	2,48	0,85	73,0	43,9	26,0
2	Idem	0,13	0,72	0,34	2,35	0,80	81,8	46,1	27,6
3	Idem	0,14	0,88	0,39	2,48	0,79	72,2	43,3	26,3
4	Idem	0,09	1,08	0,43	3,30	0,57	65,7	42,7	28,0
5	Idem	0,14	0,81	0,37	2,35	0,87	76,9	44,3	25,2
6	Idem	0,10	0,78	0,33	2,80	0,76	76,6	47,0	37,8
7	Limeira	0,13	0,90	0,40	2,50	0,78	71,8	43,2	25,8
8	Piracicaba	0,07	0,80	0,36	3,20	0,72	76,4	45,6	31,1
9	Idem	0,05	0,63	0,22	3,60	0,63	81,7	55,5	37,2
10	Idem	0,13	0,88	0,36	2,50	0,94	73,7	45,3	26,5
11	Idem	0,06	0,76	0,26	3,40	0,70	78,3	52,3	33,6
12	Idem	0,13	0,98	0,44	2,60	0,66	69,4	40,6	25,5
13	Idem	0,10	0,81	0,32	2,80	0,79	76,6	47,7	28,3
14	Idem	0,05	0,58	0,20	3,20	0,80	84,8	59,4	39,8
15	Itapira	0,06	0,42	0,17	2,60	0,82	95,8	69,7	42,4
16	Idem	0,07	0,40	0,20	2,20	0,80	95,2	62,9	33,9
19	Votorantim	<0,07	0,13	<0,07	---	---	98,2	97,0	80,5
20	Laranjal Paulista ..	0,05	0,96	0,33	4,30	0,44	71,7	48,0	33,1
21	Pereiras	0,06	0,79	0,29	3,60	0,56	77,2	50,4	33,2
22	Itapeva	0,09	0,62	0,29	2,60	0,68	88,4	50,3	29,6
24	Idem	0,07	0,42	0,18	2,45	0,92	84,8	67,2	38,2
25	Guapiara	0,05	0,63	0,19	2,90	0,64	80,8	59,3	41,7
26	Jacupiranga	0,06	0,20	0,16	2,95	0,52	99,9	86,6	44,3
27	Santana Parnaíba ..	0,09	0,80	0,38	2,90	0,50	77,7	44,3	28,5
29	Taubaté	0,04	0,80	0,40	4,50	0,20	78,8	44,7	35,6
30	Mogi das Cruzes ..	0,04	0,80	0,46	4,50	0,15	84,4	67,8	47,3
31	Campos do Jordão .	0,12	0,46	0,22	1,90	1,14	92,5	61,1	28,0
32	Itaú de Minas	0,07	1,05	0,47	3,80	0,33	67,7	41,4	30,3

do primeiro quartil (Q_1), segundo quartil ou mediana (Md) e terceiro quartil (Q_3), e que são os diâmetros, no caso, obtidos gràficamente através das curvas cumulativas, tornando-se, na ordenada, respectivamente, os valores de 25%, 50% e 75%. Com êsses três critérios foram calculados o coeficiente de seleção (S_0), que é definido por $S_0 = \sqrt{Q_3/Q_1}$, e o desvio geométrico dos quartis (Sk_g), definido por $Sk_g = (Q_1 \times Q_3)/Md^2$.

A mediana (Md) é o mais importante dos dados estatísticos, em virtude de sua localização no ponto médio da distribuição granulométrica. Ela pode ser considerada como sendo uma "média" do tamanho das partículas. Q_1 e Q_3 fornecem descrição granulométrica complementar.

O coeficiente de seleção (S_0) e o desvio geométrico dos quartis (Sk_g) são dados que eliminam os fatores tamanho e unidade de medida, e não indicam, portanto, diferenças de grau de finura entre amostras.

O critério S_0 dá uma idéia da seleção do material. Trask (11), referindo-se a sedimentos, estabeleceu que, para o caso de S_0 ser menor que 2,5, a amostra pode ser considerada bem selecionada; se fôr maior que 4,5, é mal selecionada, e a seleção normal corresponderia ao índice 3,00.

O SKg indica o grau geométrico de simetria de uma distribuição. Quando $SKg = 1$, a mediana coincide com a moda; se maior que 1, a máxima seleção se faz na parte mais fina; se menor que 1, a máxima seleção se faz na porção mais grosseira.

O quadro 3 mostra os critérios estatísticos das amostras como também as percentagens cumulativas que passam nas peneiras de n.º 20, 50 e 100.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os dados referentes às produções de calcário, no ano de 1964 (quadro 1), em algumas zonas de produção, apesar de não poderem ser considerados como sendo rigorosamente exatos, dão uma idéia da quantidade que cada região produz. Os dados do quadro 1 indicam que a região de Piracicaba é a maior produtora, seguindo-se a de Rio Claro — Limeira. Ambas, segundo êsses

dados, produzem perto de 75% do total consumido no Estado. O material empregado como matéria prima para moagem nessas duas regiões são rochas calcárias sedimentares.

Seguem-se, em ordem decrescente de volume de produção, as regiões de Itaú de Minas, São Roque — Votorantim, Taubaté e Itapira, cujos produtores utilizam rochas calcárias metamórficas. Dados de produção referentes às demais regiões não foram obtidos.

O gráfico da figura 2 mostra que as curvas cumulativas da média das amostras provenientes das regiões de Piracicaba, Rio Claro — Limeira, Itaú de Minas e Taubaté estão bastante próximas, o que evidencia uma composição granulométrica idêntica para os pós calcários provenientes destes locais. A curva referente à localidade de Itapira, situa-se um pouco acima, na sua maior parte, mostrando que as amostras provenientes dessa região são mais finas que as das regiões com curvas situadas abaixo.

A curva da amostra procedente de Votorantim, situa-se bem acima de todas as demais e apresenta formato diferente. Isso indica que esse calcário é muito mais fino que os demais e que possui quantidade muito pequena de partículas maiores que 0,3 mm (peneira 50). Esse fato pode ser explicado pelo equipamento usado na moagem, que é o "moinho de bolas", diferente do usado nos demais casos, em que foi empregado o moinho de martelos.

Os critérios estatísticos bem como as percentagens cumulativas que passam nas peneiras de n.º 20, 50 e 100, apresentados no quadro 3, permitem uma análise mais detalhada de cada amostra.

A mediana, em 13 das 16 amostras provenientes de locais onde são utilizadas rochas sedimentares (Piracicaba, Rio Claro, Limeira, Laranjal Paulista e Pereiras), está entre 0,32 mm e 0,44 mm. Esse fato indica que existe uma semelhança de composição granulométrica para os calcários de origem sedimentar. A amostra proveniente de Itaú de Minas tem mediana de 0,47 mm; a de Taubaté, 0,40 mm; as de Itapira, 0,17 mm e 0,20 mm; a de Votorantim, bastante mais fina que as demais, apresenta a mediana menor que 0,07 mm (o valor exato não pode ser determinado para esta amostra, por haver necessidade de ser utilizado, nela, peneira com abertura de malha menor que a de número 200).

Tôdas as amostras, em iguais condições de moagem, que apresentaram medianas menores que 0,22 mm são calcários de origem metamórfica (amostras de n.º 15, 16, 24 e 25).

Em 23 das 27 amostras em que foram determinados, os valores de S_0 entre 2,5 e 4,5 indicam uma distribuição de partículas próxima à distribuição normal. O S_{kg} , em 26 amostras, menor que a unidade evidencia um selecionamento ou predominância para as partículas mais grosseiras. Essas partículas mais grosseiras, na maior parte dos casos, têm diâmetros superiores a 0,3 mm, já que a maioria das medianas tem também valores superiores a êste.

Ainda no quadro 3, observa-se que 14 das amostras apresentam uma percentagem cumulativa que passa pela peneira de n.º 50, abaixo de 50%, valor êste abaixo do limite mínimo estabelecido pela legislação. A percentagem que passa pela peneira de n.º 50, no entanto, nunca é inferior a 40%.

O quadro 2 mostra que, em média, 97% a 100% do material, das amostras de 6 regiões, passa pela peneira de n.º 10 (2 mm), para a qual a legislação exige que passe 100% do material.

Pela observação das percentagens cumulativas que passam na peneira de n.º 20 (0,8 mm), verifica-se que 16 das amostras possuem quantidades superiores a 20% (entre 20% e 30% na maioria destas), que são retidas por esta peneira.

Admitindo-se correta a conclusão de conhecidos trabalhos sôbre efeitos de calcário em solos ácidos (2, 6, 7, 8), de que partículas com diâmetros superiores a 0,8 mm têm pouco ou nenhum efeito corretivo do solo, poder-se-ia chegar à indicação de que grande parte dos pós calcários comercializados em São Paulo apresentam 20% a 30% de material ineficiente como corretivo do solo.

Contudo, é necessário considerar que os referidos trabalhos foram realizados em condições de clima e solo muito diversos dos existentes no Estado de São Paulo, que poderiam influir na sua eficiência em corrigir a acidez do solo. Por êsses motivos, torna-se temerário generalizar as conclusões dêsses estudos para os materiais estudados neste trabalho, antes que se façam experimentos semelhantes para as nossas condições de clima e solo.

A STUDY OF THE AGRICULTURAL LIMESTONES USED IN THE STATE OF SÃO PAULO. I — MECHANICAL ANALYSES

SUMMARY

Detailed mechanical analyses were made in 27 agricultural limestones and in one slag, with commercial grades, which are used as soil amendments.

The mechanical analyses were made by wet sieving with 9 standard sieves n.º 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, and 200 (U.S.B.S. sieve number). To compare and interpret the particle distribution of sieve analyses, simple statistical criteria were utilized (first and third quartiles, sorting coefficient and quartile geometric standard deviation) and graphic representation was made in a mono log plot.

Some samples showed great variation in fineness but most of the agricultural limestones have similar degrees of fineness, i. e., 20-30% particle diameter larger than 0.8 mm (sieve n.º 20) and 25-35% diameter smaller than 0.15 mm (sieve n.º 100).

The results demonstrated also that samples have maximum selection for coarse particles. In most of the samples the coarse particles were represented by diameters larger than 0.3 mm (sieve n.º 50) in a proportion which varies from 50 to 60%.

LITERATURA CITADA

1. ALBRECHT, W. A. Plant nutrition and the hydrogen ion: V — Relative effectiveness of coarsely ground and finely pulverized limestone. *Soil Sci.* 61:265-271, 1946.
2. BEACHER, R. L.; LONGENECKER, D. & MERKLE, F. G. Influence of form, fineness, and amount of limestone on plant development and certain soil characteristics. *Soil Sci.* 73:75-82, 1952.
3. DAVIS, F. L. Effect of agricultural lime upon crop production. *Agron. J.* 43:251-255, 1951.
4. GALLO, J. R. Estudo da solubilidade em solução de ácido acético a 1% de alguns materiais calcários de graus de finura comercial. *Bragantia* 13:133-139, 1954.
5. GILBALY, H. EL & AXLEY, J. H. A chemical method for the rating of agricultural limestones used as soil amendments. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19:301-302, 1955.
6. MEYER, T. A. & VOLK, G. W. Effect of particle size of limestones on soil reaction, exchangeable cation and plant growth. *Soil Sci.* 73:37-52, 1952.

7. MOTTO, H. L. & MELSTED, S. W. The efficiency of various particle size fractions of limestone. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24:488-490, 1960.
8. PIERRE, W. H. Neutralizing values and rater of reaction with and soils of differents grades and kinds of liming materials. *Soil Sci.* 29:137-158, 1930.
9. SHAW, W. M. & ROBINSON, B. Chemical evaluation of neutralizing efficiency of agricultural limestone. *Soil Sci.* 87:262-272, 1959.
10. THOMAS, R. P. & GROSS, H. M. A method of estimating the reacting rate of different particle sizes of limestone. *Soil Sci.* 73:53-59, 1952.
11. TWENHOFEL, W. H. & TYLER, S. A. *Methods of study of sediments.* New York, Mc Graw-Hill, 1941. 183p.
12. WHITTAKER, C. W.; AXLEY, J. H.; PEECH, M.; STECKEL, J. E.; Mc LEAN, E. O. & HUNTER, A. A collaborative study of the E.D.T.A. method for rating agricultural limestones. II — Relationship of ratings and of calcium carbonate content of limestone to their reactivity in the soil. *Agron. J.* 55:355-357, 1963.
13. WITTAKER, C. W. & CHICHILLO, P. Interpretation of sieve analyses of agricultural limestones and suggested particle size especifications. *Agron. J.* 56:561-565, 1964.
14. WUTKE, A. C. P.; GARGANTINI, H. & GOMES, A. G. Avaliação das possibilidades de escória de siderurgia como corretivos da acidez do solo. *Bragantia* 21:795-805, 1962.