

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 24

Campinas, maio de 1965

N.º 22

COMPORTAMENTO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ACIDEZ DO SOLO. PARA O TRIGO, COM ESTUDO DO EFEITO RESIDUAL. PARA A SOJA (1)

H. GARCIA BLANCO (2), *engenheiro-agrônomo, Seção de Fertilidade do solo*, W. R. VENTURINI, *engenheiro-agrônomo, Seção de Técnica Experimental*, e H. GARGANTINI, *engenheiro-agrônomo, Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônomo*

RESUMO

Foi estudado, em vasos de Mitscherlich, o comportamento de fertilizantes fosfatados, em duas dosagens de P_2O_5 total e três condições de pH do solo, em relação ao trigo e à soja, esta plantada para testar o efeito residual dos adubos.

Dos cinco fosfatos estudados, os superfosfatos simples e triplo superaram os fosfatos naturais, na produção do trigo. Para a soja, as diferenças entre eles desapareceram. Nas duas culturas o fosfato Alvorada superou a média de produção da fosforita de Olinda e apatita de Araxá.

Os fertilizantes fosfatados reagiram diferentemente em presença de calagem. O superfosfato simples e o superfosfato triplo reagiram melhor em pH igual a 5,4 e 5,3, respectivamente. As melhores faixas de pH para os fosfatos naturais, foram 5,1 a 5,3, 4,7 a 5,0 e 4,8 a 5,3, respectivamente, para fosforita de Olinda, apatita de Araxá e fosfato Alvorada.

As produções do trigo caíram da dose 1 para a dose 2 de calcário, tendo a curva de produção o seu ponto máximo entre essas duas doses. O efeito do calcário, para a soja, foi linear e altamente significativo, sendo de 62% o aumento verificado da dose 0 para a dose 2.

Correlação entre reação do fósforo e pH do solo foi estabelecida, a fim de explicar o comportamento dos fertilizantes fosfatados.

1 — INTRODUÇÃO

Os experimentos de campo (1, 2) vêm demonstrando ser o fósforo o elemento mais importante na adubação mineral do trigo, quando cultivado nos solos do sul do Estado de São Paulo. É, também, conhecido, serem esses solos de baixa fertilidade, com acidez variando de média a alta (4, 5).

(1) Recebido para publicação em 19 de abril de 1965.

(2) Pertence, atualmente, ao quadro da Seção de Climatologia Agrícola, deste Instituto.

Considerando êsses fatores, procurou-se pesquisar quais as melhores fontes de fósforo, dentre cinco fertilizantes fosfatados, e em que condições de acidez do solo seriam obtidas as melhores respostas a êsses adubos.

Visto haver necessidade de se acompanhar as reações do solo mediante análises, a fim de permitir possíveis explicações do comportamento dos adubos e do corretivo, os trabalhos foram desenvolvidos em vasos, prevendo-se futura verificação dos resultados em condições de campo.

Para o estudo do efeito residual dos adubos foi usada a soja, à semelhança do que é realizado, na prática, por alguns agricultores da região de trigo.

2 — MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi instalado a 29 de maio de 1961, utilizando-se vasos de Mitscherlich, com capacidade para 6 kg de terra. O solo, classificado como Latossolo Vermelho Escuro, Orto (4), foi retirado dos 20 cm superficiais em área com vegetação natural de campo localizada na fazenda Chapadinha, distrito de Engenheiro Bacelar, município de Itapeva. O material foi homogenizado em Campinas, quando se colheu amostra para as análises químicas, que indicaram os seguintes resultados:

pH	5.0
Carbono, %	2,14
Nitrogênio total, %	0.15
K ⁺ , e.mg por 100 g de solo sêco ao ar	0.12
Ca ⁺⁺ , e.mg por 100 g de solo sêco ao ar	0.77
Mg ⁺⁺ , e.mg por 100 g de solo sêco ao ar	0,34
H ⁺ + Al ³⁺ , e.mg por 100 g de solo sêco ao ar	7,60
PO ₄ ⁻³ , e.mg por 100 g de solo sêco ao ar extraído com H ₂ SO ₄ 0,05N	0.03

O delineamento experimental constou dos seguintes tratamentos, distribuídos em blocos ao acaso com três repetições: uma testemunha absoluta, sem fertilizantes e sem calcário, adubação com NK e mais dez tratamentos, nos quais a adubação NK foi completada com fósforo.

em duas doses, em uma das formas seguintes: superfosfato simples, superfosfato triplo, fosforita de Olinda, apatita de Araxá e fosfato Alvorada. Cada um desses tratamentos, inclusive a testemunha, foi estudado em três condições de acidez do solo: em pH original, isto é, sem correção da acidez, e em pH corrigido para 5,50 e 6,50, ou seja, com uma ou duas doses de calcário, totalizando, assim, 36 tratamentos.

A quantidade empregada de N ou K_2O foi de 1,0 g por vaso, tendo como fontes o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, respectivamente. O fósforo foi usado nas doses de 1,5 (dose 1) e 3,0 g (dose 2) por vaso de P_2O_5 total. A análise dos fertilizantes fosfatados revelou os seguintes teores totais em P_2O_5 : superfosfato simples, 21,2%; superfosfato triplo, 44,4%; fosforita de Olinda, 30,2%; apatita de Araxá, 31,2%; fosfato Alvorada, 30,6%. O calcário foi usado nas quantidades equivalentes a 2 e 4 t/ha, e, analisado, apresentou 41,2% de CaO e 5,6% de MgO.

Os adubos foram intimamente misturados com o solo da metade superior dos vasos; o corretivo, com todo o volume de solo. A calagem e a adubação fosfatada foram realizadas uma única vez, antes do plantio da primeira cultura; o nitrogênio e o potássio, foram colocados à disposição das plantas, antes de cada cultivo.

A primeira cultura instalada foi a de trigo, em 30 de maio de 1961. No plantio, colocaram-se, por vaso, 16 sementes da variedade IAS 3795. Posteriormente, fez-se o desbaste, reduzindo-se a 8 plantas por vaso.

A soja, usada para testar o efeito residual dos fertilizantes fosfatados, foi semeada em 6 de dezembro de 1961. Por desbaste, conservaram-se três plantas por vaso, até 9, 10 e 11 de abril do ano seguinte, quando foi efetuada a colheita das vagens.

Na irrigação de todo o experimento não foram tomadas medidas especiais. Cuidou-se, apenas, de manter o solo com teor de umidade favorável ao desenvolvimento das plantas, fazendo-se o retorno do percolado.

Na colheita do trigo, de 29 de setembro a 24 de outubro de 1961, mediu-se a altura das plantas e contou-se o número de hastes e de espigas. Estas e os grãos foram pesados ao natural e após a secagem em estufa a 60 graus centígrados.

Por ocasião da colheita, as vagens e os feijões da soja foram contados e pesados ao natural e na faixa térmica de 60 graus centígrados.

Após cada colheita, o solo de cada vaso foi desterroado e homogeneizado. Amostras de solo foram, então, retiradas com trado, para determinações analíticas de pH, $H^+ + Al^{+3}$, Ca^{++} e PO^{-3} , constituindo-se cada amostra da reunião do solo dos três vasos que formavam um tratamento.

3 — RESULTADOS

3.1 — RESULTADOS DAS PRODUÇÕES

Por serem os dados bastante numerosos, são apresentados no quadro 1 apenas o número de espigas e o peso dos grãos secos a 60º, para o trigo, e número e peso dos feijões secos a 60°C, para a soja. A figura 1 apresenta, gráficamente, essas produções.

1.a Cultura: Trigo — A análise da variância dos dados de produção, em grãos secos a 60 C, foi desdobrada por terem os seis tratamentos sem fósforo apresentado variância e média diferentes dos demais tratamentos, demonstrando, com êsse fato, a grande influência do elemento fósforo na produção do trigo.

No estudo dos cinco fertilizantes fosfatados a análise da variância, coeficiente de variação igual a 21%, mostrou uma diferença altamente significativa entre os tratamentos. Ao procedermos a análise de contraste verificamos: *a) Competição dos fertilizantes fosfatados* — Os tratamentos que receberam superfosfatos simples ou triplo superaram aquêles com os fosfatos naturais, sendo as diferenças entre êles altamente significativas. Quando se comparam os dois superfosfatos, verifica-se que não houve diferenças entre êles na produção. Entre os fosfatos naturais, o fosfato Alvorada superou a média de produção da fosforita de Olinda e apatita de Araxá, ao nível de 1% de probabilidade. Entre fosforita de Olinda e apatita de Araxá, não houve diferenças. *b) Efeito das doses de fósforo* — A diferença entre as doses de fósforo foi altamente significativa. Em todos os casos, os tratamentos com dose dupla do elemento superaram aquêles com dose simples. *c) Efeito da calagem* — A análise da variância dos tratamentos sem fósforo indicou reação linear positiva e altamente significativa para o

Quadro 1. — Produções médias, absolutas e relativas, em porcentagem sobre as mais altas produções de grãos de trigo e peso de feijões de soja, dos diversos tratamentos

Tratamentos	Trigo			Soja (efeito residual)		
	Espigas n.º	Grãos secos 60°C g	Produção relativa %	Feijões n.º	Feijões secos a 60°C g	Produção relativa %
SEM CALCÁRIO						
Testemunha absoluta	5,6	0,06	0,2	65,3	7,83	37,7
NK	2,6	0,00	0,0	81,3	12,33	59,4
NK+P ₁ superf. simples	25,3	12,01	51,5	197,0	20,10	96,9
NK+P ₂ superf. simples	30,3	17,42	74,7	150,6	18,00	86,8
NK+P ₁ superf. triplo	27,3	16,46	70,6	161,0	17,40	83,9
NK+P ₂ superf. triplo	27,3	23,30	100,0	206,0	19,56	94,3
NK+P ₁ fosf. de Olinda	13,6	2,65	11,3	178,6	18,00	86,8
NK+P ₂ fosf. de Olinda	17,6	7,05	30,2	181,6	18,90	91,1
NK+P ₁ apat. de Araxá	12,6	4,94	21,2	177,6	16,73	80,7
NK+P ₂ apat. de Araxá	14,0	5,01	21,5	198,0	19,56	94,3
NK+P ₁ fosf. Alvorada	15,6	8,18	35,1	182,3	19,80	95,5
NK+P ₂ fosf. Alvorada	19,3	12,97	55,6	203,6	20,73	100,0

QUADRO 1. — (continuação)

Tratamentos	Trigo			Soja (efeito residual)		
	Espigas n.º	Grãos secos a 60°C g	Produção relativa %	Feijões n.º	Feijões secos a 60°C g	Produção relativa %
COM 1 DOSE DE CALCÁRIO						
Testemunha relativa	8,0	1,05	4,3	76,6	8,56	29,3
NK	8,0	0,47	1,9	98,3	11,73	40,2
NK+P ₁ superf. simples	26,3	22,51	93,9	204,6	22,96	78,8
NK+P ₂ superf. simples	30,0	23,96	100,0	221,0	23,32	80,0
NK+P ₁ superf. triplo	28,0	18,88	78,7	203,0	17,76	60,9
NK+P ₂ superf. triplo	28,3	19,54	81,5	248,3	24,03	82,4
NK+P ₁ fosf. de Olinda	16,6	4,83	20,1	237,3	18,26	62,6
NK+P ₂ fosf. de Olinda	23,3	17,80	74,2	248,6	23,93	82,1
NK+P ₁ apat. de Araxá	16,0	9,28	38,7	237,0	24,43	83,8
NK+P ₂ apat. de Araxá	22,0	15,64	65,2	269,0	26,23	90,0
NK+P ₁ fosf. Alvorada	22,3	12,43	51,8	213,0	20,40	70,0
NK+P ₂ fosf. Alvorada	23,0	16,09	67,8	287,0	29,13	100,0

QUADRO 1. — (continuação)

Tratamentos	Trigo		Soja (efeito residual)			
	Espigas n.º	Grãos secos 60°C g	Produção relativa %	Feijões n.º	Feijões secos a 60°C g	Produção relativa %
COM 2 DOSES DE CALCÁRIO						
Testemunha relativa	7,0	1,05	3,8	77,0	9,00	24,5
NK	7,3	1,22	4,4	120,6	12,30	33,5
NK+P ₁ superf. simples	28,3	24,00	87,8	260,3	26,97	73,5
NK+P ₂ superf. simples	31,3	20,40	74,6	316,3	36,30	99,0
NK+P ₁ superf. triplo	27,0	27,31	100,0	297,3	29,70	81,0
NK+P ₂ superf. triplo	29,0	23,94	87,6	324,0	35,60	97,1
NK+P ₁ fosf. de Olinda	14,6	6,61	24,2	226,3	22,93	62,5
NK+P ₂ fosf. de Olinda	13,6	9,23	33,7	312,6	31,36	85,5
NK+P ₁ apat. de Araxá	8,3	5,14	18,8	223,6	26,26	71,6
NK+P ₂ apat. de Araxá	10,3	7,67	28,0	284,3	29,56	80,6
NK+P ₁ fosf. Alvorada	12,6	8,31	30,4	262,3	29,96	81,7
NK+P ₂ fosf. Alvorada	12,3	9,47	34,6	310,6	36,66	100,0

calcário. Quando em presença dos fertilizantes fosfatados, a diferença entre as doses de calcário foi, também, altamente significativa para os seus efeitos linear e quadrático. As produções desses tratamentos caíram da dose 1 para a dose 2 de calcário, tendo a curva de produção

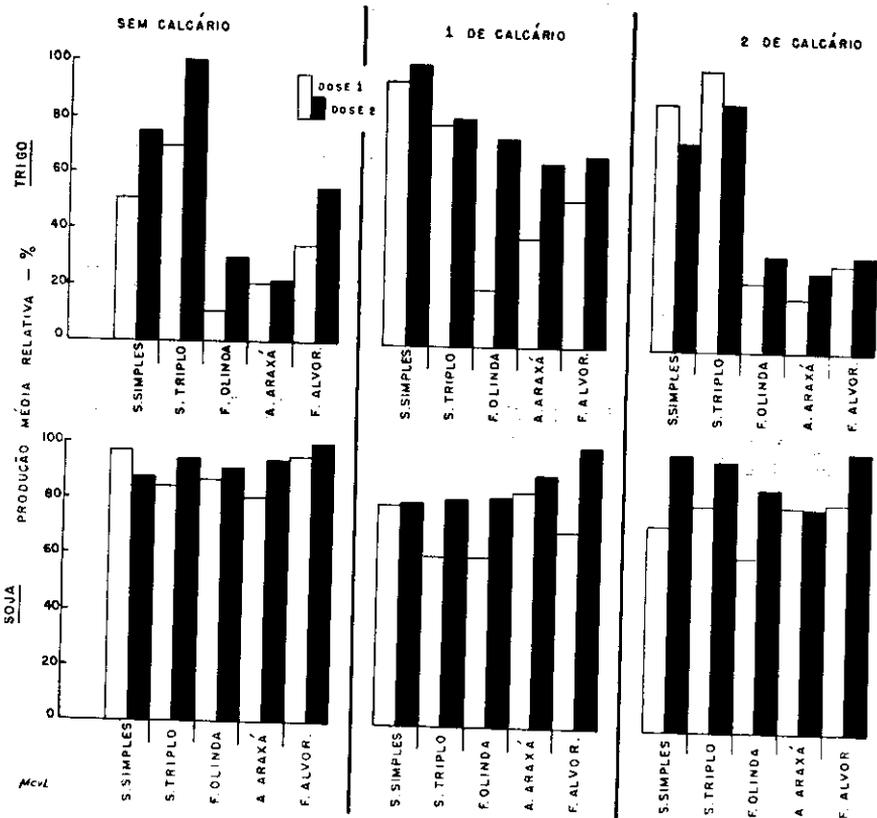


FIGURA 1. — Comportamento de fertilizantes fosfatados, em solo sem calcário e com 1 e 2 doses de calcário, avaliado pelas produções relativas de trigo e soja, sobre as mais altas produções. A soja mede o efeito residual dos fertilizantes.

o seu ponto máximo entre essas duas doses. *d) Interações calcário x fosfatos* — Foram significativas as interações calcário x tipo de fertilizante fosfatado e, também, a interação calcário x doses de fosfatos, mostrando que a reação do calcário foi diferente para cada adubo fosfatado usado, assim como na presença das doses 1 e 2 desses fosfatados.

2a. Cultura: Soja (efeito residual dos adubos) — A análise da variância dos dados de produção de peso de feijões secos a 60°C, com um coeficiente de variação igual a 18%, mostrou ainda haver um grande efeito residual do fósforo, pois acusou diferença altamente significativa entre os tratamentos com e sem esse nutriente.

Entre os tratamentos com fósforo, foram verificadas as seguintes reações: *a) Competição dos fertilizantes fosfatados* — Não houve diferenças entre os fosfatos solúveis comparados com os naturais, bem como entre os superfosfatos. Entre os fosfatos naturais, verificou-se que o fosfato Alvorada superou significativamente a fosforita de Olinda e a apatita de Araxá. *b) Efeito das doses de fósforo* — O aumento verificado da dose 1 para a dose 2 de fósforo, foi de 18% e altamente significativo. *c) Efeito da calagem* — Na ausência de fósforo, o efeito do calcário não foi significativo, reagindo, porém, positivamente, quando em presença desse elemento. Nesse caso, o efeito foi linear e altamente significativo, sendo de 62% o aumento verificado da dose 0 para a dose 2 de calcário. *d) Interações calcário x fosfatos* — Na segunda cultura, desapareceu a interação calcário x tipo de fertilizante fosfatado, continuando positiva, e significativa a 5% de probabilidade, a interação doses de fosfatos x calcário. De fato, verifica-se que em ausência de calcário o aumento devido ao fósforo foi de apenas 5%, em relação aos tratamentos que não receberam esse nutriente, passando para 22% na presença de uma dose de calcário e para 25% na de duas doses.

3.2 — RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO

O quadro 2 apresenta os resultados médios de três determinações analíticas para cada tratamento e para elemento do solo, efetuadas em amostras extraídas após as colheitas de trigo e soja.

Pelos resultados obtidos, nota-se, em primeiro lugar, que o cálculo das quantidades de corretivo para elevar o pH original de 5,00 a 5,50 e 6,50, respectivamente, dose 1 e dose 2 de calcário, de acordo com o

Quadro 2. — Dados analíticos do solo (1), por tratamento, determinados em amostras retiradas após as produções de trigo e soja

Tratamentos	Trigo				Soja			
	pH	H ⁺ + Al ³⁺ e. mg(°)	Ca ⁺⁺ e. mg(°)	PO ₄ ⁻³ e. mg(°)	pH	H ⁺ + Al ³⁺ e. mg(°)	Ca ⁺⁺ e. mg(°)	PO ₄ ⁻³ e. mg(°)
SEM CALCÁRIO								
Testemunha absoluta	5,00	7,9	1,11	0,03	5,00	8,1	1,08	0,05
NK	4,20	9,3	1,00	0,04	4,35	11,1	0,90	0,05
NK+P ₁ superf. simples	4,50	9,2	1,65	0,64	4,25	11,6	1,15	0,22
NK+P ₂ superf. simples	4,70	8,3	3,00	1,28	4,35	11,0	1,68	0,72
NK+P ₁ superf. triplo	4,60	9,1	1,61	1,12	4,40	11,8	0,95	0,88
NK+P ₂ superf. triplo	4,80	8,9	1,73	1,12	4,40	12,3	1,20	0,64
NK+P ₁ fosf. de Olinda	4,50	9,1	1,73	0,96	4,30	11,9	1,63	0,56
NK+P ₂ fosf. de Olinda	4,70	8,9	3,07	1,68	4,45	11,5	2,79	1,50
NK+P ₁ apat. de Araxá	4,50	8,5	1,59	0,72	4,30	11,5	1,58	0,52
NK+P ₂ apat. de Araxá	4,70	10,1	2,65	1,28	4,40	11,9	2,39	0,88
NK+P ₁ fosf. Alvorada	4,60	9,1	1,61	0,56	4,45	11,3	1,45	0,48
NK+P ₂ fosf. Alvorada	4,80	8,8	2,76	0,96	4,50	11,4	1,90	0,88

QUADRO 2. — (continuação)

Tratamentos	Trigo			Soja				
	pH	H++ + Al ³⁺ e. mg(°)	Ca++ e. mg(°)	PO ₄ ⁻³ e. mg(°)	pH	H++ + Al ³⁺ e. mg(°)	Ca++ e. mg(°)	PO ₄ ⁻³ e. mg(°)
COM 1 DOSE DE CALCÁRIO								
Testemunha relativa	5,70	5,9	3,10	0,03	5,50	6,0	2,99	0,05
NK	4,50	8,5	2,76	0,03	4,50	10,9	2,06	0,04
NK+P ₁ superf. simples	4,90	7,4	4,38	0,64	4,55	11,0	1,84	0,19
NK+P ₂ superf. simples	5,40	7,8	3,26	1,12	4,50	10,8	2,79	0,84
NK+P ₁ superf. triplo	4,80	7,3	3,11	0,48	4,50	10,4	1,85	0,22
NK+P ₂ superf. triplo	5,10	7,8	3,34	1,12	4,45	11,2	1,90	0,60
NK+P ₁ fosf. de Olinda	4,70	7,4	3,46	1,12	4,55	10,5	3,04	0,56
NK+P ₂ fosf. de Olinda	5,10	8,3	4,72	1,68	4,60	10,0	3,62	0,70
NK+P ₁ apat. de Araxá	4,70	7,5	3,22	1,12	4,50	9,9	3,16	0,40
NK+P ₂ apat. de Araxá	5,00	8,2	4,18	1,28	4,55	11,4	3,24	0,40
NK+P ₁ fosf. Alvorada	4,80	7,5	3,26	0,56	4,50	10,5	2,47	0,36
NK+P ₂ fosf. Alvorada	5,30	7,8	3,42	1,12	4,60	10,3	3,24	0,40

QUADRO 2. — (continuação)

Tratamentos	Trigo			Soja				
	pH	H ⁺ + Al ³⁺ e. mg(°)	Ca ⁺⁺ e. mg(°)	PO ₄ ⁻³ e. mg(°)	pH	H ⁺ + Al ³⁺ e. mg(°)	Ca ⁺⁺ e. mg(°)	PO ₄ ⁻³ e. mg(°)
COM 2 DOSES DE CALCÁRIO								
Testemunha relativa	6,30	3,1	5,10	0,03	6,20	3,6	5,05	0,03
NK	5,30	6,3	4,30	0,03	5,10	9,5	3,44	0,04
NK+P ₁ superf. simples	5,40	5,5	6,72	0,56	4,75	9,1	3,34	0,20
NK+P ₂ superf. simples	5,90	5,9	6,64	1,28	4,60	10,5	4,66	0,52
NK+P ₁ superf. triplo	5,30	5,3	6,84	1,20	4,60	9,9	2,98	0,12
NK+P ₂ superf. triplo	5,60	5,7	8,37	0,80	4,65	9,4	3,38	0,48
NK+P ₁ fosf. de Olinda	5,30	7,1	5,91	1,12	5,00	9,0	4,53	0,96
NK+P ₂ fosf. de Olinda	5,80	8,6	6,57	1,28	4,80	8,4	5,77	0,60
NK+P ₁ apat. de Araxá	5,20	7,2	4,46	0,40	4,80	8,8	3,89	0,34
NK+P ₂ apat. de Araxá	5,80	5,8	7,49	1,44	4,90	9,0	4,90	0,80
NK+P ₁ fosf. Alvorada	5,50	5,9	5,61	1,88	4,80	9,0	4,66	0,52
NK+P ₂ fosf. Alvorada	5,80	5,9	6,60	1,76	4,60	8,3	4,90	0,88

(°) Média de 3 determinações. (°) Por 100 g de solo seco ao ar. (°) Por 100 g de solo seco ao ar, extraído com H₂SO₄ 0,05 N.

boletim 69 do Instituto Agrônômico (3), alcançou os níveis desejados apenas nos tratamentos sem adubação. A adubação NK, provavelmente pelo uso de sulfato de amônio, neutralizou, em parte, a ação do calcário na correção da acidez do solo, não permitindo, com isso, que os tratamentos com os fertilizantes fosfatados chegassem aos níveis de pH previamente fixados, chegando mesmo, em presença da dose 1 do corretivo, a índices de pH inferiores ao valor original.

O calcário provocou, além de aumento no pH do solo, abaixamento nos valores da acidez nociva ($H^+ + Al^{3+}$), chegando, com o uso de duas doses, ao nível de 3,1 e.mg para a testemunha relativa, sem adubo. O sulfato de amônio também prejudicou a ação do calcário na neutralização da acidez nociva. Por outro lado, o simples emprêgo de calcário não provocou aumentos de disponibilidade de PO_4^{-3} no solo, o que pode ser perfeitamente verificado pelas análises das testemunhas relativas e nos tratamentos NK, com as doses 1 e 2 de calcário, quando comparados com os tratamentos análogos, sem corretivo.

As quantidades de fósforo no solo aumentaram com o uso dos adubos fosfatados. Os níveis encontrados após a segunda colheita são, ainda, bastante altos para permitir novas produções, caso seja corrigida a acidez excessiva. Essa, sem dúvida, foi agravada no segundo plantio, como pode ser visto pelos valores de pH e $H^+ + Al^{3+}$ no quadro 4, pelas aplicações de sulfato de amônio, requeridas para o desenvolvimento da soja.

4 — DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O efeito marcante do fósforo na produção do trigo, de acôrdo com os resultados, veio em confirmação ao esperado. A supremacia dos superfosfatos sôbre os fosfatos naturais, no primeiro plantio, também, de certa forma, não trouxe informação nova no campo da competição dos adubos fosfatados.

O fato dêsses adubos se terem comportado diferentemente em presença da calagem, leva a procurar estabelecer uma correlação entre reação do fósforo dos adubos fosfatados e acidez do solo.

Tomando, por exemplo, o caso do superfosfato simples, nas três diferentes condições de acidez do solo, isto é, sem, com uma e duas doses de calcário, verifica-se, pelo quadro 1, que a dose simples do

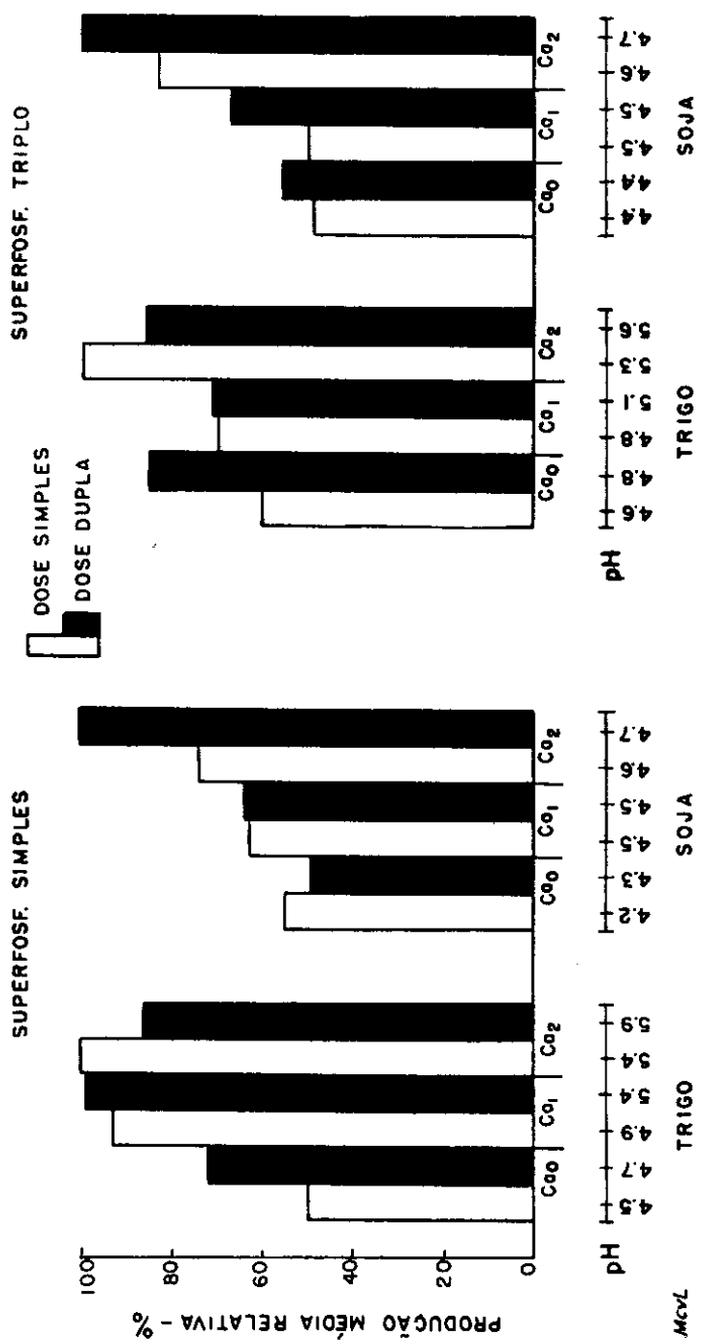


FIGURA 2. — Comportamento dos fosfatos solúveis em função do pH do solo, avaliado pelas produções relativas de trigo e soja sobre as mais altas produções.

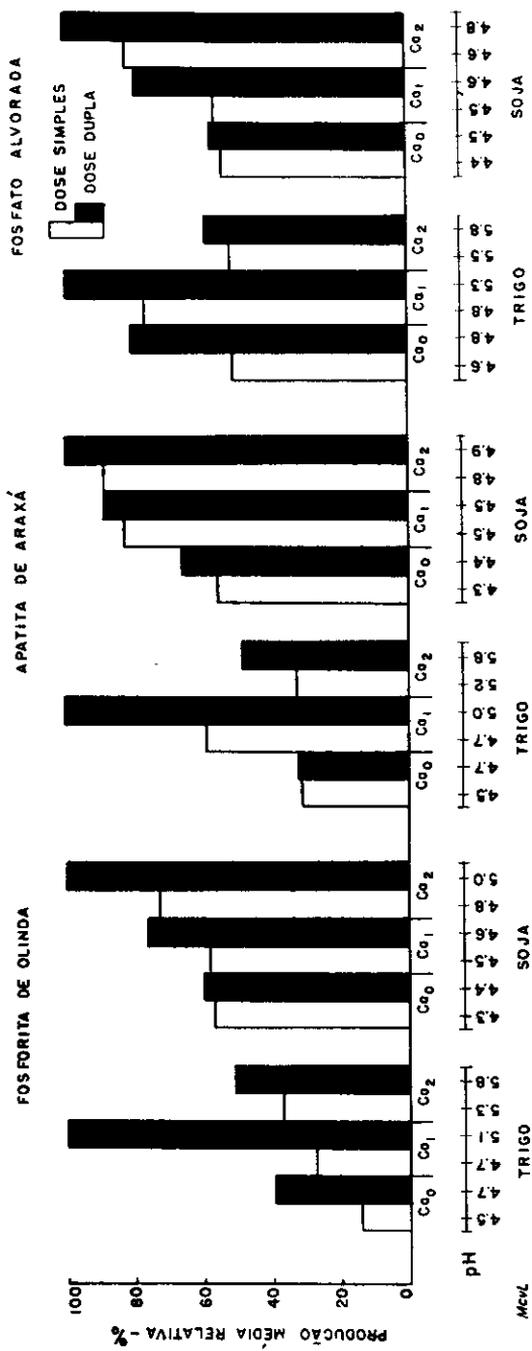


FIGURA 3. — Comportamento dos fosfatos naturais em função do pH do solo, avaliado pelas produções relativas de trigo e soja sobre as mais altas produções.

adubo produziu, em dados médios, 12,0, 22,5 e 24,0 g/tratamento, respectivamente. A dose dupla do superfosfato simples imprimiu as seguintes produções médias: 17,4, 23,9 e 20,4 g/vaso, respectivamente, para as mesmas situações de calagem.

Se fôr dado o valor 100 à maior dessas produções e estabelecida correlação com o pH do solo analisado, tem-se a situação mostrada na figura 2. A dose 1 do superfosfato simples apresentou aumentos de produção de 50 para 93%, até alcançar 100%, à medida que o pH passou, respectivamente, de 4,5 para 4,9 e, finalmente, para 5,4.

Seguindo, na mesma figura, o comportamento da dose 2 do superfosfato simples, verifica-se que foi também em pH 5,4 que o adubo apresentou a melhor reação, caindo a produção quando houve aumento do pH para 5,9. É interessante ressaltar que em pH 5,4 uma dose de superfosfato provocou produção idêntica à de duas doses do adubo. Estabelecido o mesmo critério para o efeito residual, verifica-se que a produção aumentou com o pH. Como, nesse caso, a acidez foi aumentada pelas adições de sulfato de amônio, como já foi explicado, apenas o início da curva anterior é confirmado, mostrando que até pH 4,7, como aconteceu para o trigo, as produções tiveram aumentos para as mesmas quantidades de superfosfato simples. O que explica, ter a análise estatística da produção da soja demonstrado haver melhor reação para a dosagem 2 de calcário, quando para o trigo a análise acusou que as produções caíram da dose 1 para a dose 2.

Estabelecendo valores relativos de produção, de maneira análoga, teremos ainda, na figura 2, o comportamento do superfosfato triplo. A melhor reação desse adubo se deu em pH 5,3, mostrando que apenas uma dose do adubo apresentou melhor rendimento que duas doses, em presença de pH igual a 5,6.

Para os fosfatos naturais, a figura 3 mostra que a fosforita de Olinda apresentou melhores reações nos pH 5,1 e 5,3. A curva é bastante nítida para permitir dizer que, abaixo e acima desses valores, o adubo deverá ter seu aproveitamento prejudicado. O histograma para o efeito residual confirma esses dados. A melhor disponibilidade da apatita de Araxá parece se dar em faixa de pH ligeiramente mais baixa que a de fosforita de Olinda. O limite inferior dessa faixa deve ser em torno de pH 4,7 e o superior não deve ultrapassar a 5,2. Em presença de pH igual a 4,8 e 4,9 ocorreram os melhores resultados para a apatita

de Araxá no plantio de soja, o que vem corroborar os resultados encontrados para o trigo.

O valor de pH para a melhor reação do fosfato Alvorada foi 5,3. Quando esse valor foi aumentado para 5,8 ou abaixado para 4,6, as produções foram prejudicadas. A mesma relação, aplicada para o efeito residual do adubo, confirma que até pH 4,8 as produções tenderam a crescer.

Isso leva a considerar que, em um programa de correção da acidez natural dos solos de campo da região sul do Estado de São Paulo, deve-se ter em mente o tipo de fertilizante fosfatado a ser empregado posteriormente na adubação NPK, e que o nível de pH do solo não deverá estar muito acima de pH 5,5, sob o risco de haver mau aproveitamento dos adubos fosfatados.

A falta de diferenças na produção entre os fertilizantes fosfatados, no segundo plantio, apesar da análise estatística ter apresentado um nível de confiança bastante bom nos resultados, talvez seja explicada pelo baixo pH de todos os tratamentos, igualando a disponibilidade do fósforo de todos os adubos. Em condições em que a ação do corretivo não seja prejudicada pela ação dos adubos (neste caso, o sulfato de amônio), talvez ainda haja diferenças no efeito residual dos fertilizantes fosfatados.

5 — CONCLUSÕES

Para as condições em que foi realizado este estudo, podem-se tirar as seguintes conclusões:

- 1 — Dentre os cinco fertilizantes fosfatados estudados, os superfosfatos simples e triplo superaram os fosfatos naturais, para o trigo, sendo as diferenças altamente significativas. No efeito residual para soja essas diferenças desapareceram.
- 2 — Entre os fosfatos naturais, tanto para o trigo quanto para a soja, o fosfato Alvorada superou a produção da fosforita de Olinda e apatita de Araxá.
- 3 — As melhores reações ao superfosfato simples ocorreram em pH 5,4; o superfosfato triplo reagiu melhor em pH 5,3. Dos fosfatos naturais, a fosforita de Olinda apresentou melhor reação na

faixa de pH 5,1 a 5,3; a apatita de Araxá, na faixa que vai de 4,7 a 5,0, e o fosfato Alvorada, na de pH 4,8 a 5,3. Níveis de pH acima desses valores, prejudicaram o aproveitamento dos adubos fosfatados, diminuindo a produção.

- 4 — O uso de calcário para o trigo, no solo estudado, apresentou melhores resultados quando em dose moderada. Dosagens elevadas de corretivo que imprimiram aumentos de pH acima de 5,5, prejudicaram o aproveitamento dos adubos fosfatados e, por conseguinte, a produção.

BEHAVIOR OF PHOSPHOROUS FERTILIZERS IN DIFFERENT
CONDITIONS OF SOIL ACIDITY, APPLIED TO WHEAT, WITH
SPECIAL CONSIDERATION AS TO RESIDUAL
EFFECT FOR SOYBEANS.

SUMMARY

A study was accomplished in Mitscherlich pots about the behavior of phosphorous fertilizers, in two levels of total P_2O_5 and three conditions of pH of the soil, with regard to wheat and soybeans, the latter being planted in order to test residual effect of the fertilizers.

Of the five phosphates studied, simple and triple superphosphates were superior to the natural phosphates, as far as wheat is concerned. As for soybeans, the differences between them disappeared. In the two crops, fosfato Alvorada exceeded the average of production of fosforita Olinda and apatita Araxá.

The phosphorous fertilizers reacted differently in the presence of lime. The simple and the triple superphosphates reacted better in pH equal to 5.4 and 5.3 respectively. The best strains of pH for the natural phosphates were 5.1 up to 5.3, 4.7 up to 5.0 and 4.8 up to 5.3 respectively, for Olinda fosforita, Araxá apatita and Alvorada fosfato.

The productions of wheat fell from dose 1 of lime to dose 2, and the production curve had its upmost point between these two levels. The effect of lime, for soybeans, was linear and highly significant, an increase of 62% being noticed from dose 0 to dose 2.

A correlation between reaction to phosphorus and soil pH was established so that the behavior of the phosphorous fertilizers could be explained.

LITERATURA CITADA

1. BLANCO, H. GARCIA, VENTURINI, W. R., GARGANTINI, H. & CUIABANO, N. Adubação mineral para o trigo no sul do Estado de São Paulo. *Bragantia* (Em preparo).

2. ———, IGUE, K., GARGANTINI, H. & WUTKE, A. C. P. Competição de fertilizantes fosfatados para o trigo. *Bragantia* 21: [867-874]. 1962.
3. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicação gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1955. 28p. (Boletim 69).
4. Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Carta dos Solos do Estado de São Paulo. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Ministério da Agricultura, 1960. 634 p. (Boletim n.º 12).
5. PAIVA, J. E. de (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. (e outros). Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11: [227-253]. 1951.