

# CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO PARA A CULTURA DA SOJA (*Glycine max*) EM UM LATOSOL ROXO DISTRÓFICO<sup>1</sup>

ELEMAR VOLL<sup>2</sup> e IRINEU A. BAYS\*

**SINOPSE.**— Em experimento instalado sobre solo Latosol Roxo Distrófico, unidade de mapeamento Erexim, em Chapecó, SC, em 1970, foram determinados os efeitos da correção do solo e da adubação sobre o rendimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill, var. Bienville. Foi constatado não haver efeitos significativos com a adição de nitrogênio, ou potássio, sobre o rendimento da soja. Doses de calcário dolomítico, ou  $P_2O_5$ , aplicadas isoladamente diferiram significativamente dos melhores rendimentos obtidos com as combinações de ambos. O nível crítico técnico de fósforo no solo foi estimado em 10,0 ppm de P, ao qual correspondem a aplicação de 246 kg/ha de  $P_2O_5$  e o rendimento de soja de 3.098 kg/ha, ao nível de correção do solo de 6,6 t/ha de calcário dolomítico (1/2 SMP pH 6,5). Estimou-se o nível crítico econômico de fósforo em 6,4 ppm de P, ao qual correspondem a aplicação de 116 kg/ha de  $P_2O_5$  e o rendimento de soja de 2.750 kg/ha. As percentagens médias de aparecimento de ppm de P e K no solo, determinadas pelo método de análise de Carolina do Norte, foram de 12,8% e de 42,2%, respectivamente.

**Termos de indexação:** Soja, *Glycine max*, correção do solo, adubação, Latosol roxo distrófico.

## INTRODUÇÃO

Segundo observações feitas anteriormente pelas Estações de Pesquisas do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS) da EMBRAPA, no Estado de Santa Catarina, sabe-se que os principais problemas de fertilidade dos solos locais residem no elevado grau de acidez e nos baixos níveis de fósforo neles existentes. Este aspecto, aliado a cultivos sucessivos, ressaltou a necessidade de um estudo sobre a restauração da fertilidade do solo Erexim, a fim de mantê-lo sempre em bom nível produtivo através da correção do pH, por meio da calagem, e da incorporação de elementos nutritivos, por meio de adubos.

Lemos *et al.* (1970) fizeram levantamento em que estudaram 81 perfis de solo da unidade de mapeamento Erexim, representando aproximadamente 20% da área, ou 500 mil hectares de terra, da Zona Oeste e Rio do Peixe. Os valores médios encontrados nas análises químicas foram: pH, 4,8; pH SMP, 5,3; P, 4,6 ppm; K, 142 ppm; Al, 1,5 meq%; Ca + Mg, 7,4 meq%, e matéria orgânica, 3,5%. Destes solos, 40% apresentam necessidade de calagem com 13,2 t/ha, ou mais, para atingir pH 6,5, de acordo com a tabela elaborada pelo Laboratório de Análises de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FA/UFRGS 1969).

Os efeitos do pH do solo sobre a disponibilidade de nutrientes são muito importantes tanto sob o ponto de vista de deficiência como sob o de toxicidade. Corey e Scholten (1962) citam o efeito do pH na solubilidade das várias formas de P. Considerando os fosfatos de Fe e Al, estes são muito pouco solúveis em pH 4,0 e aumentam a solubilidade quando o pH aumenta. Os fosfatos de Ca, por outro lado, muito pouco solúveis em pH 8,5, aumentam a solubilidade à medida em que o pH baixa. Resulta, daí, que os fosfatos de Ca são está-

veis em solos alcalinos e, os fosfatos de Fe e Al, estáveis em solos ácidos.

Juntamente com a correção da acidez do solo, tornam-se necessários estudos sobre a adição de elementos nutritivos para corrigir, principalmente, as deficiências de fósforo. Pode-se utilizar para isto o método da calibração, através do qual se relacionam as determinações químicas do solo dos tratamentos com as produções. Os dados obtidos por meios matemáticos indicam, para os elementos nutritivos, níveis críticos que servem como base às recomendações de fertilizantes para a cultura, depois de feitas as análises químicas de solos semelhantes.

Grimm (1970) preconiza a calibração pelo método da máxima eficiência econômica (MEE), cujas indicações de nutrientes para a cultura se enquadram dentro de um padrão técnico e econômico de determinada situação, de modo a proporcionar lucro líquido máximo ao agricultor. Hunter e Fitts (1969) citam o método de Cate & Nelson. Este, sugerido para regiões pioneiras, onde há urgência na obtenção de resultados preliminares sobre calibração, visando à recomendação de fertilizantes, tem o inconveniente de ser bastante impreciso. O nível crítico não está relacionado com um certo nível de produtividade, mas apenas com a probabilidade de resposta à adubação.

O objetivo do presente estudo foi o de determinar os efeitos de diferentes doses de calagem e de adubação do solo sobre o rendimento da soja, definindo as consequentes modificações do pH e do teor de alumínio e também os níveis críticos de elementos nutritivos no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Condução do experimento

O experimento foi instalado em 1970 na Estação Experimental de Chapecó, SC, sobre solo da unidade de mapeamento Erexim, que possui um horizonte B latossó-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 24 de outubro de 1975.

<sup>2</sup> Eng.º Agrônomo da Estação Experimental de Chapecó (EEC), do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS/EMBRAPA), Cx. Postal 151, CEP 89.800, Chapecó, SC.

lico (Latossolo Roxo Distrófico). Seu material de origem é o basalto.

As análises químicas iniciais do solo apresentaram os seguintes resultados: pH, 4,4; P, 3,6 ppm; K, 98 ppm; Al, 4,4 meq%; Ca + Mg, 2,4 meq%; M.O., 3,6 e necessidade de calagem a pH SMP 6,5 de 13,2 t/ha.

A análise física do solo acusou os seguintes resultados: areia grossa, 1,2%; areia fina, 3,5%; silte, 51,9%; argila, 43,4%; argila natural, 9,0%; grau de floculação, 79; silte/argila, 1,2; umidade, 6,85; fator de correção, 1,073. A textura do solo é argilosa.

Utilizou-se delineamento experimental em blocos ao acaso, com 14 tratamentos e quatro repetições, sendo a área útil das parcelas de 30, 24 e 5,4 m<sup>2</sup>, respectivamente, na sucessão dos anos.

O preparo do solo consistiu em lavração e gradagens.

A necessidade de calcário para levar o pH do solo a 6,5 foi determinada pelo método SMP, com base na tabela elaborada pelo Laboratório de Análise de Solos da FA/UFGRS (1969). Aplicou-se o calcário a lanço em agosto de 1970, utilizando-se as doses de zero, 1/4, 1/2 e 1 SMP (Ca 0, 1, 2 e 3, respectivamente). Sua incorporação foi feita com enxada rotativa, a 15 cm de profundidade.

As adubações foram feitas no dia do plantio da soja. A adubação fosfatada constou de quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sob a forma de superfosfato triplo: zero, 100, 200 e 300 kg/ha (P 0, 1, 2 e 3, respectivamente). A adubação potássica incluiu três doses de K<sub>2</sub>O, sob a forma de cloreto de potássio: zero, 50 e 100 kg/ha (K 0, 1 e 2, respectivamente). A adubação nitrogenada de um dos tratamentos constou da aplicação de 20 kg/ha de N, sob a forma de sulfato de amônio. Os adubos foram distribuídos a lanço e incorporados ao solo através de enxada rotativa.

As combinações-padrões de elementos usadas para comparar doses de calcário, fósforo e potássio foram: Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>, Ca<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub> e Ca<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub>, respectivamente. Ca<sub>2</sub> corresponde à indicação de pH de 1/2 SMP, equivalente a 6,6 t/ha de calcário dolomítico; P<sub>2</sub> corresponde à dose máxima de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>, igual a 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Comparou-se o efeito do nitrogênio na presença das doses máximas dos nutrientes, aplicado apenas no 1.º ano.

Fez-se o plantio em 5.11.70, usando-se semente da variedade Bienville, de ciclo médio, plantada manualmente, em sulcos distanciados de 60 cm. Ficaram 20 plantas por metro de sulco, posteriormente, com o desbaste. A semente foi inoculada com produto específico para a soja.

Os tratos culturais incluíram capinas e a aplicação do inseticida Carbaryl 7,5% pó, contra lagartas e percevejos.

Ao chegar a maturação da soja, colheu-se a área útil das parcelas, fazendo-se a trilha e a pesagem, em gramas, por parcela. A colheita foi manual, colhendo-se toda a planta.

Para comparar, entre si, as médias dos tratamentos, usou-se o teste de Duncan, a 5%.

As coletas de amostras de solo das parcelas, para análise química, tiveram lugar após uma passagem da enxada rotativa e antes da seguinte fase de reinstalação do experimento. Cada amostra de solo constou de oito subamostras por parcela.

Os elementos fósforo e potássio foram determinados através das análises químicas, segundo o método Carolina do Norte (FA/UFGRS 1969).

O experimento continuou por três anos e, a partir do segundo, as parcelas foram divididas em residual e de manutenção. Constatou, esta, do acréscimo de 30 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 20 kg/ha de K<sub>2</sub>O no segundo ano, e de 100 e 50 kg/ha, respectivamente, no último, a lanço, incorporados com enxada rotativa.

Nesta seqüência de anos foram computados os dados de produção e coletadas as respectivas amostras de solo nos tratamentos, para análises químicas.

#### *Determinação dos níveis críticos para P e K — Método Cate & Nelson*

Cate & Nelson, segundo Hunter e Fitts (1969) preconizam o seguinte método: organiza-se o diagrama de dispersão de pontos num sistema de eixos cartesianos, cuja abscissa corresponde aos valores da análise do solo e a ordenada, ao rendimento relativo; desloca-se sobre o gráfico uma folha transparente, dividida em quadrantes, procurando localizar o maior número possível de pontos nos quadrantes positivos; adota-se como nível crítico o ponto em que a linha vertical das linhas que dividem os quadrantes intercepta a abscissa do gráfico.

Segundo os mesmos autores, os solos que tenham um valor de análise menor do que o nível crítico reúnem alta probabilidade de obter grande resposta de produção desde que recebam quantidades adequadas do elemento essencial. Para solos com valor de análise maior do que o nível crítico, há a pequena probabilidade de se obter grande resposta de produção, através da adição de elemento essencial.

#### *Método da máxima eficiência econômica (MEE) e da máxima eficiência técnica (MET).*

Grimm (1970) utiliza o seguinte procedimento: obtidos os dados de rendimento (kg/ha), faz-se a análise da variância e o F-teste da regressão para verificar o grau do polinômio que melhor exprime, nas condições do experimento, a dependência das produções de soja das quantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O. O cálculo das somas dos quadrados para regressão é efetuado através do método dos coeficientes ortogonais.

No ajustamento da função de produção  $Y = a + b_1X + b_2X^2$  usa-se o método dos mínimos quadrados.

Obtém-se o cálculo estimativo da dose, considerando no caso P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha), que maximiza o lucro líquido por unidade de área no local, através da fórmula:

$$X_{OR} = \frac{b_1}{-2/b_2} - \frac{F_1}{2V/b_2}$$

em que  $X_{OR}$  = dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha), que maximiza o lucro líquido por unidade de área adubada no local;  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes de regressão da função de produção ajustada;  $F_1$  = custo do quilograma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;  $V$  = preço do quilograma da soja.

No cálculo do lucro líquido usa-se a fórmula  $L = VY - F_0 - F_1X$ , onde surgem os dois novos valores seguintes:  $F_0$  = custos fixos;  $X$  = dose de adubo empregada.

A dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha) estimada ( $X_{OR}$ ), que proporciona a MEE, transforma-se após em ppm-P do solo. Seu aparecimento nas análises de solo é estimado atra-

vés de sua percentagem de recuperação média nas análises. Soma-se o nível obtido ao existente no solo do local. Fica, deste modo, determinado o nível crítico econômico (NCE) de ppm-P no solo (fator de conversão de  $P_2O_5$  kg/ha em ppm-P = 0,218).

Juntamente com os cálculos estimativos da dose de  $P_2O_5$  (kg/ha) que maximiza o lucro líquido por unidade de área adubada no local é, ao mesmo tempo, importante saber-se a dose de  $P_2O_5$  (kg/ha) que maximiza o rendimento da soja (kg/ha) no local. Isto é possível através de procedimento similar ao então sugerido e no qual (denominado método da máxima eficiência técnica - MET) também se calcula um nível crítico correspondente. Deste modo, a dose de  $P_2O_5$  (kg/ha) que proporciona a MET é calculada através da fórmula anterior, subtraída a parte que considera os preços de custo do quilograma de  $P_2O_5$  e da venda do quilograma da soja. Esta dose, transformada em ppm-P e considerada com a percentagem de recuperação média nas análises de solo do local, indica, juntamente com o nível existente no solo, o seu nível crítico.

A percentagem de recuperação média de ppm-P do local (ou de pp-K) é aferida através da seguinte fórmula, usada para as diferentes doses de  $P_2O_5$ :

$$\text{Recuperação \%} = \frac{P \text{ análise} - P \text{ Testemunha}}{P \text{ aplicação}} \times 100.$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Observações gerais

Os dados de rendimento da soja, variedade Bienville, obtidos nos tratamentos do presente trabalho, são apresentados no Quadro 1. Comparando-se as médias dos rendimentos do período 70/71 pelo teste Duncan, a 5%, observa-se que os tratamentos com calcário e fósforo em suas combinações apresentaram rendimentos significativamente superiores aos que não os possuem. O ren-

dimento da soja ficou aquém dos resultados máximos com a aplicação isolada da maior dose de calcário dolomítico de 13,2 t/ha (1 SMP) (B), ou de fósforo, de 300 kg/ha de  $P_2O_5$  (C). Segundo as combinações de elementos utilizadas, a dose mínima de 3,3 t/ha de calcário dolomítico (F), em relação à dose zero (E), apresentou diferenças significativas para os rendimentos de soja. Não ocorreu o mesmo entre as doses maiores (F, G, H) diferentes de zero. De modo semelhante, a dose mínima de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  (J), em relação à dose zero (I), mostrou diferenças significativas para os rendimentos de soja, fato que não ocorreu entre as doses maiores (J, K, L) diferentes de zero. A adubação nitrogenada de 20 kg/ha de N, usada no tratamento N, em relação ao tratamento H, não apresentou efeitos significativos sobre o rendimento da soja. A aplicação de diferentes doses de potássio (tratamentos L, M, G), também não apresentou efeitos significativos sobre o rendimento da soja. O coeficiente de variação obtido para os resultados deste período inicial foi de 12%.

Através da análise conjunta dos dados de três anos, observa-se que, em seu final, as diferenças entre as médias dos tratamentos se acentuaram, como se observa pelo teste de Duncan, a 5%. Isto favoreceu os melhores tratamentos considerados inicialmente. As médias anuais dos tratamentos, sem considerar a parte da adubação de manutenção, também apresentam diferenças significativas entre si, sendo menor o rendimento médio obtido no período de 72/73, ano com condições meteorológicas desfavoráveis ao desenvolvimento e à colheita da soja. A adubação de manutenção feita, neste período, em uma das metades da parcela, elevou significativamente a média dos tratamentos quanto à adubação residual, o que representou 20% a mais no rendimento da soja. A adubação de manutenção 0 - 30 - 20, feita no segundo ano, não mostrou efeitos significativos sobre a produção.

No Quadro 2 aparecem os dados de rendimento da soja e os respectivos níveis de fósforo e de potássio do solo, obtidos após cada ano de plantio. Neste Quadro podem-se relacionar os níveis de ppm de P e de K

QUADRO 1. Dados de rendimento da soja var. Bienville, obtidos no ensaio CaNPK, instalado nos anos de 1970/71, 1971/72 e 1972/73, sobre solo da unidade de mapeamento Erexim, em Chapecó, SC

Tratamentos		Rendimento da soja (kg/ha) <sup>a</sup>				
Designação	Combinações (CaNPK)	70/71	71/72	72/73		Médias <sup>b</sup>
				Ad. res. <sup>b</sup>	Com. ad. <sup>c</sup>	
A	0000	1220 c	680	410	960	770 g
B	3000	2000 b	1770	1580	2240	1780 ef
C	0030	2260 b	2100	1370	1850	1910 de
D	0002	1180 c	860	410	1130	820 <sup>d</sup> g
E	0032	2240 b	2650	1610	1850	2160 <sup>d</sup> ed
F	1032	2920 a	2880	2880	2280	2550 <sup>d</sup> ab
G	2032	3040 a	2080	2080	2220	2700 <sup>d</sup> ab
H	3032	2850 a	2960	2020	2540	2610 <sup>d</sup> ab
I	2002	1850 b	1560	1130	2130	1510 <sup>f</sup>
J	2012	2700 a	2540	1630	2370	2290 <sup>b</sup> c
K	2022	3010 a	2060	1940	2560	2640 <sup>d</sup> ab
L	2030	2790 a	2420	1980	2370	2400 <sup>b</sup> c
M	2031	2770 a	2900	1930	2280	2530 <sup>b</sup>
N	3132	2950 a	3160	2650	2620	2920 <sup>a</sup>
Médias		2410	2320	1620 b	2100 a	

<sup>a</sup> Médias acompanhadas de letras iguais não apresentam diferenças significativas entre si, pelo teste de Duncan, a 5%.

<sup>b</sup> Médias: excluídos os rendimentos de 1972/73\*\* da adubação de manutenção.

<sup>c</sup> Somente adubação residual.

<sup>d</sup> Com a adubação de manutenção 0 - 100 - 50 de NPK.

com os rendimentos obtidos, que só deram resultados significativos, analisados anteriormente, para o fósforo. Observa-se que rendimentos significativos de soja surgiram a partir de 6 ppm de P no solo, considerando-se os dados do período 70/71. Tais diferenças em relação à dose zero de fósforo permaneceram até o final do terceiro ano, em que se aplicou a respectiva dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ . No ano 72/73 verifica-se que os rendimentos de soja, no tratamento residual (a), para os diferentes níveis de P e K, são menores do que nos períodos anteriores. Esta situação de inferioridade também ocorre para a adubação de manutenção (b), onde os níveis de fósforo para o cultivo seguinte, responsáveis pelos aumentos significativos, aproximam-se do nível crítico de 10,0 ppm de P de máximo rendimento, estimado mais adiante. Como já foi referido, atribuem-se as reduções nos rendimentos, em grande parte, aos fatores meteorológicos desfavoráveis do período.

As modificações químicas ocorridas no solo, e devidas às diferentes doses de calcário, podem ser observadas, no Quadro 3, através das análises químicas dos respectivos tratamentos, determinadas no final de cada período de cultivo da soja. Observa-se, primeiramente, ter-se elevado o pH do solo segundo as doses de calcário aplicadas. Atingiu o pH 6,5, com a correção do solo a pH

1 SMP e com 13,2 t/ha de calcário dolomítico, no período 70/71; e baixou a pH 6,0 no final do terceiro plantio. Com a correção do solo a pH 1/2 SMP, o pH atingiu ao valor de 5,9, no primeiro ano, baixando a pH 5,4 posteriormente. A literatura cita o pH ideal de 6,0 a 6,5 para a cultura da soja. Este intervalo de pH enquadra o P em um bom nível de solubilidade no solo, segundo Corey e Scholtem (1962). Por outro lado, a presença de P e de K, de modo geral, ficou reduzida com maiores doses de calcário. Semelhante redução dos elementos observa-se também no Quadro 4, comparando-se, entre si, os tratamentos A e B, nos quais não foram aplicados fósforo nem potássio, e dos quais o primeiro possui maiores níveis dos elementos, reduzidos no segundo pelo calcário aplicado ao solo. Comparando-se os tratamentos C e L, observa-se novamente o fato. Segundo os resultados obtidos por Vidor e Freire (1971), em experimentos instalados em Santo Augusto, Carazinho e Ibirubá, também ocorre o fenômeno da fixação de P e também de K, especialmente no experimento de Ubirubá (solo Passo Fundo). No experimento de Santo Augusto (solo Santo Ângelo) observa-se, de modo geral, liberação do elemento P no solo. A incorporação do calcário, nesses experimentos, foi feita seis meses antes da semeadura. No presente experimento, incorporou-se o

QUADRO 2. Dados de rendimento de grãos e respectivos níveis médios de ppm-P e ppm-K do solo, obtidos em solo da unidade de mapeamento Erexim, em Chapecó, SC, nos anos de 1970/71, 1971/72 e 1972/73

Tratamentos			Rendimento de grãos								
Designação	Combinações (CaNPK)	Doses (kg/ha)	70/71		71/72		72/73				
			kg/ha	ppm	kg/ha	ppm	kg/ha <sup>a</sup>	ppm	kg/ha <sup>b</sup>	ppm	
$P_2O_5$											
I	2002	0	1850	3,2	1560	4,6	1130	3,8	2130	7,0	
J	2012	100	2700	6,0	2540	7,6	1630	5,6	2370	10,1	
K	2022	200	3010	9,3	2960	11,5	1940	6,2	2560	9,7	
G	2032	300	3040	10,0	2980	11,8	2080	8,2	2220	9,4	
$K_2O$											
L	2030	0	2790	42	2420	45	1980	29	2370	35	
M	2031	50	2770	50	2900	68	1930	43	2280	49	
G	2032	100	3040	61	2980	73	2080	37	2220	45	

\* Adubação residual.

<sup>b</sup> Dados obtidos com a adubação de manutenção de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  e de 50 kg/ha de  $K_2O$ .

QUADRO 3. Dados de análises químicas de solo, obtidos nos tratamentos com diferentes níveis de calagem, em solo da unidade de mapeamento Erexim, em Chapecó, SC, nos anos de 1970/71, 1971/72 e 1972/73

Reação e componentes pesquisados	Resultados das análises químicas do solo											
	70/71				71/72				72/73			
	Ca0	Ca1	Ca2	Ca3	Ca0	Ca1	Ca2	Ca3	Ca0	Ca1	Ca2	Ca3
pH	4,7	5,4	5,9	6,5	4,4	4,8	5,4	5,9	4,4	5,0	5,4	6,0
P ppm	14,4	12,4	10,9	11,7	14,3	13,3	11,8	10,2	0,4	8,8	8,2	7,4
K ppm	75	87	61	56	80	79	78	63	50	49	37	40
Al (meq%)	3,3	0,6	0,0	0,0	4,3	1,7	0,5	0,4	4,2	2,0	0,9	0,5
Ca+Mg (meq%)	3,1	7,1	10,0	14,3	4,2	8,0	11,5	15,9	3,5	5,7	8,6	14,2
M.O. (%)	4,1	4,4	4,2	4,3	2,3	2,5	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2

Tratamento padrão: Ca. $P_3K_2$ .

calcário com pouco mais de dois meses de antecedência, o que certamente pouco ou nada influiu nos resultados obtidos, segundo os dados do tratamento B em relação a A, já referidos anteriormente. Voltando ao Quadro 3, observa-se que os teores de alumínio, tidos como possível fator tóxico, ficaram reduzidos a zero com as doses de calagem de 1/2 e 1 SMP, ressurgindo em pequenas

quantidades nos anos seguintes, segundo as doses aplicadas. Os teores de Ca + Mg elevaram-se com as doses crescentes de calcário dolomítico aplicadas e a percentagem de matéria orgânica não sofreu variações devidas às suas diferentes doses. As demais análises químicas, relativas aos tratamentos e obtidas após cada período de cultivo, podem ser observadas no Quadro 4.

QUADRO 4. Dados médios de análises químicas de solo, dos tratamentos aplicados sobre a unidade de mapeamento de solo Erexim e os respectivos rendimentos da soja var. Bienville, nos anos 1970/71, 1971/72 e 1972/73, em Chapecó, SC

Ano	Tratamentos (CaNPK)	pH	SMP	P (ppm)	K (ppm)	M.O. (%)	Al (meq%)	Ca + Mg (meq%)	Rend. (kg/ha)
70/71	A = 0000	4,6	—	4,7	58	4,0	3,8	2,6	1220
	B = 3000	6,7	—	3,2	48	4,3	0,0	13,7	2000
	C = 0030	4,8	—	15,2	70	4,5	4,1	4,6	2260
	D = 0002	4,5	—	3,7	66	4,3	4,1	3,8	1180
	E = 0032	4,7	—	14,4	75	4,1	3,3	3,1	2240
	F = 1032	5,4	—	12,4	87	4,4	0,6	7,1	2920
	G = 2032	5,9	—	10,9	61	4,2	0,0	10,9	3040
	H = 3032	6,5	—	11,7	56	4,3	0,0	14,3	2850
	I = 2002	6,1	—	3,2	68	4,3	0,0	10,0	1850
	J = 2012	5,8	—	6,0	69	4,3	0,0	9,4	2700
	K = 2022	5,7	—	9,3	62	4,8	0,2	9,7	3010
	L = 2030	5,8	—	11,6	42	4,3	0,0	9,6	2790
	M = 2031	5,9	—	10,1	50	4,1	0,1	10,2	2770
	N = 3132	6,4	—	11,2	71	4,6	0,0	14,2	2950
71/72	A = 0000	4,3	5,0	6,0	57	2,5	4,6	4,4	680
	B = 3000	6,2	6,6	5,4	49	2,4	0,3	16,0	1770
	C = 0030	4,4	5,1	15,0	53	2,7	3,9	5,6	2100
	D = 0002	4,2	4,9	5,5	56	2,5	5,1	3,4	860
	E = 0032	4,4	5,1	14,3	80	2,3	4,3	4,2	2650
	F = 1032	4,8	5,6	13,3	79	2,5	1,7	8,0	2880
	G = 2032	5,4	6,0	11,8	78	2,6	0,5	11,5	2980
	H = 3032	5,9	6,5	10,2	63	2,4	0,4	15,9	2960
	I = 2002	5,5	6,0	4,6	82	2,4	0,8	10,3	1580
	J = 2012	5,3	6,0	7,8	82	2,7	0,8	10,4	2540
	K = 2022	5,4	6,0	11,5	79	2,7	0,7	10,2	2960
	L = 2030	5,4	6,1	12,0	65	2,5	0,8	11,6	2420
	M = 2031	5,4	5,9	11,5	62	2,6	0,9	10,6	2900
	N = 3132	5,9	6,4	10,0	75	2,4	0,4	15,4	3160
72/73	A = 0000	4,4	5,0	3,9	36	2,3	4,4	3,8	410
	B = 3000	6,4	6,7	3,6	34	2,0	0,2	13,0	1580
	C = 0030	4,5	5,2	8,5	36	2,4	3,6	4,3	1370
	D = 0002	4,3	5,0	3,8	46	2,2	4,4	3,6	410
	E = 0032	4,4	5,0	9,4	50	2,3	4,2	3,5	1610
	F = 1032	5,0	5,7	8,6	49	2,2	2,0	5,7	1860
	G = 2032	5,4	6,0	8,2	37	2,2	0,9	8,6	2080
	H = 3032	6,0	6,6	7,4	40	2,2	0,5	14,2	2020
	I = 2002	5,4	6,0	3,8	51	2,0	0,9	8,2	1130
	J = 2012	5,2	5,9	5,6	44	2,1	1,5	7,5	1630
	K = 2022	5,2	6,1	6,2	50	2,4	0,8	8,8	1940
	L = 2030	5,5	6,0	8,5	29	2,4	0,8	8,6	1980
	M = 2031	5,4	6,0	8,0	43	2,3	1,1	8,2	1930
	N = 3132	6,2	6,7	7,6	61	2,1	0,4	13,6	2650
72/73*	A = 0000	4,6	5,4	7,2	54	2,2	3,7	3,9	960
	B = 3000	5,8	6,3	7,4	42	2,0	0,5	10,4	2240
	C = 0030	4,6	5,3	11,6	42	2,2	3,4	5,2	1850
	D = 0002	4,4	5,0	8,1	62	2,4	4,2	4,2	1130
	E = 0032	4,4	5,4	12,8	54	2,3	4,1	4,3	1850
	F = 1032	4,9	5,6	12,2	54	2,4	2,1	6,0	2280
	G = 2032	5,0	5,5	9,4	45	2,2	2,1	6,5	2220
	H = 3032	5,6	6,4	10,9	50	2,2	0,5	12,6	2540
	I = 2002	5,2	5,8	7,0	75	2,2	1,2	7,0	2130
	J = 3013	5,1	5,8	10,1	52	2,2	1,6	7,8	2370
	K = 2022	5,2	6,0	9,7	56	2,2	1,2	8,1	2560
	L = 2030	5,3	6,0	11,2	35	2,2	1,2	8,0	2370
	M = 2031	5,2	5,8	11,2	49	2,3	1,4	7,7	2280
	N = 3132	5,8	6,3	11,9	62	2,2	0,6	9,6	2620

\* Subparcelas com adubação de manutenção de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mais 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Textura do solo: I (argiloso)

## Calibração para fósforo

Na Fig. 1 é apresentada a determinação gráfica do nível crítico aproximado de ppm-P no solo, segundo o método de Cate & Nelson. O nível crítico determinado por ele corresponde a 7,0 ppm de P neste solo, da unidade de mapeamento Erexim.

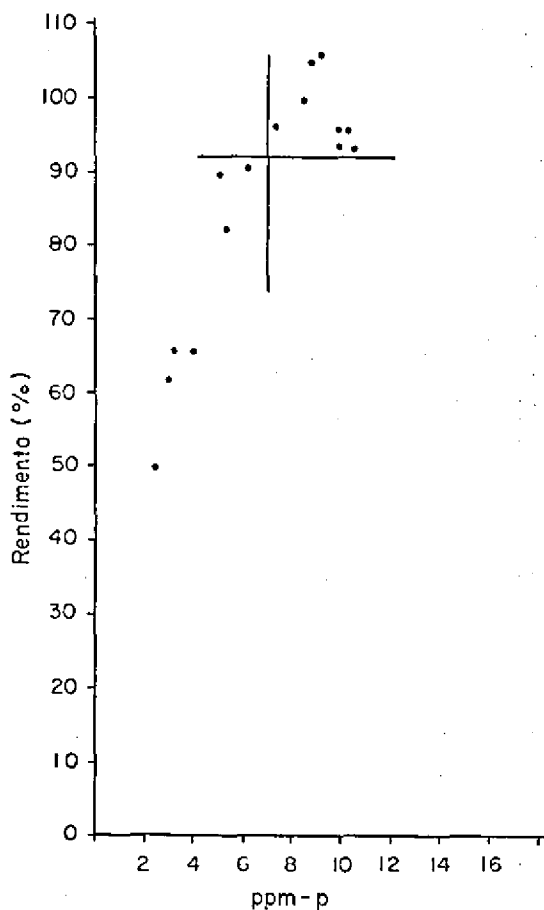


Fig. 1. Determinação do nível crítico aproximado de ppm-P no solo, para a cultura da soja, pelo método Cate & Nelson, em solo da unidade de mapeamento Erexim, em Chapecó, SC, no ano 70/71.

A análise da variância para os dados de rendimento de grãos, que permitiu determinar posteriormente os níveis críticos do elemento P no solo pelos métodos da máxima eficiência econômica (MEE) e da máxima eficiência técnica (MET), é apresentada no Quadro 5. Constatou-se que a regressão quadrática é a que melhor expressa a dependência das produções de soja das quantidades de  $P_2O_5$ . A função ajustada foi:

$$\hat{Y} = 1862,0 + 10,04 P - 0,0204 P^2$$

em que  $\hat{Y}$  representa o rendimento estimado de grãos (kg/ha) e P é a quantidade de  $P_2O_5$  aplicada (kg/ha).

QUADRO 5. Análise da variância do rendimento de grãos (kg/ha), na cultura da soja, para efeito do fósforo, no solo Erexim, em 1970/71

Causas da variação	G.L.	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F-teste
Repetições	3	166.032		
Efeito do fósforo	3	3.706.496		
Regressão linear	1	3.015.536	3.015.536	89,3**
Regressão quadrática	1	677.328	677.328	20,0**
Regressão cúbica	1	13.632	13.632	0,4n.s.
Erro experimental	9	303.824	33.760	

Esta equação forneceu os coeficientes que permitiram determinar a dose de  $P_2O_5$ , a qual, substituída na mesma, estima o rendimento que proporciona a máxima eficiência técnica (MET). A dose calculada de 246 kg/ha de  $P_2O_5$  estima um rendimento de soja de 3.098 kg/ha, ao nível de correção do solo de 1/2 SMP.

As percentagens de recuperação de ppm-P no solo foram de 12,7; de 14,1 e 11,7% para 100, 200 e 300 kg/ha de  $P_2O_5$ , respectivamente, sendo a recuperação média de 12,8%.

Através da percentagem de recuperação média de P do local de 12,8%, ficou determinado o nível crítico de 10,0 ppm de P, obtido com o acréscimo de 246 kg/ha de  $P_2O_5$ .

A dose de  $P_2O_5$  (kg/ha) que maximiza o lucro líquido por unidade de área adubada no local, calculada através do método da MEE, foi estimada em 116 kg/ha de  $P_2O_5$ ; o nível crítico econômico (NCE) diz respeito a 6,4 ppm de P no solo. O rendimento da soja corresponde a 2.750 kg/ha. Estas estimativas consideraram que o custo do quilograma de  $P_2O_5$ , anterior ao plantio da safra 74/75, era de Cr\$ 5,30 e, o preço mínimo de venda do quilograma de soja, de Cr\$ 1,00.

Na estimativa do lucro líquido por hectare devem-se considerar os custos fixos de uma lavoura e as perdas na colheita mecanizada, que atingem 10%, em média, segundo as observações feitas, podendo aumentar com a imperfeita regulagem da colhedeira, com o atraso no plantio e com as variedades de ciclo curto.

## Calibração para potássio

A análise da variância para os dados de rendimento de grãos é apresentada no Quadro 6. Não houve significância estatística para regressão e para os dados de produção em função das doses de potássio aplicadas, o que não permitiu a determinação de níveis críticos do elemento K no solo, pelos métodos da MEE e MET.

QUADRO 6. Análise da variância do rendimento de grãos (kg/ha), na cultura da soja, para efeito do potássio, no solo Erexim, em 1970/71

Causas da variação	G.L.	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F-teste
Repetições	3	52.104		
Efeito do potássio	2	174.717		
Regressão linear	1	117.607	117.607	1,6n.s.
Desvios de regressão	1	57.110		
Erro experimental	6	444.102	74.017	

O nível de ppm-K no solo, acima do qual não se observaram aumentos significativos no rendimento da cultura, corresponde a 42 ppm de K no solo.

As percentagens de recuperação de ppm-K no solo foram de 38,6 e 45,8% para 50 e 100 kg/ha de  $K_2O$ , respectivamente.

### CONCLUSÕES

O rendimento da soja ficou aquém dos resultados máximos com a aplicação isolada das doses de calcário dolomítico, de 13,2 t/ha, ou de fósforo, de 300 kg/ha de  $P_2O_5$  para pH SMP 6,5.

Combinações de doses a partir de 6,6 t/ha de calcário (1/2 SMP) e de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  produziram aumentos significativos no rendimento da soja, mantidos até o final dos três anos de seu cultivo.

O nível crítico técnico, que proporciona a MET no local, corresponde a 10,0 ppm de P no solo, sendo a respectiva dose de  $P_2O_5$  a aplicar de 246 kg/ha. A produção de soja estimada para tal adubação é de 3.098 kg/ha, ao nível de correção do solo de 6,6 t/ha de calcário dolomítico (1/2 SMP).

O nível crítico econômico, que proporciona a MEE no local, foi calculado em 6,4 ppm de P no solo, com a respectiva dose de  $P_2O_5$  a aplicar, de 116 kg/ha. A produção de soja estimada para tal adubação é de 2.750 kg/ha, ao nível de correção do solo de 6,6 t/ha de calcário dolomítico (1/2 SMP).

O nível crítico de ppm-P no solo, pelo método Cate & Nelson, corresponde a 7,0 ppm.

A percentagem média de aparecimento de ppm-P no solo do local foi de 12,8%, e para os ppm-K, de 42,2%.

A aplicação de diferentes doses de  $K_2O$  no solo, quando as ppm-K variaram de 42 a 64, não teve efeito significativo sobre o rendimento da soja.

O nitrogênio não produziu aumentos significativos sobre o mesmo rendimento.

A dose máxima de 300 kg/ha de  $P_2O_5$ , ao final de três anos, apresenta um nível de fósforo, no solo, inferior ao nível crítico de 10,0 ppm de P.

A adubação de manutenção de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , mais 50 kg/ha de  $K_2O$ , feita no terceiro ano de cultivo

da soja, elevou o rendimento em 20%, em média, em relação à adubação residual, aproximando o nível de fósforo do solo, para o próximo cultivo, do nível crítico de 10,0 ppm de P.

O pH do solo atingiu ao valor de 6,5 no final do primeiro ano de cultivo da soja, com 13,2 t/ha de calcário dolomítico, baixando a pH 6,0 no final do terceiro ano; a dose de 1/2 SMP, de 6,6 t/ha, elevou o pH do solo a 5,9 no primeiro ano, baixando a pH 5,4 posteriormente.

O alumínio foi eliminado do solo com calagem para pH SMP 1/2 e 1, reaparecendo nas quantidades de 0,9 e 0,5 meq%, respectivamente, no final do terceiro ano de cultivo da soja.

### AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Análises de Solos e Minerais da Secretaria da Agricultura de Santa Catarina, ao Laboratório de Análises de Solos do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS), pelas análises físicas e químicas de solo realizadas, e às demais pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho, os agradecimentos dos autores.

### REFERÊNCIAS

- Corey R.B. & Scholtem A.C. 1962. "Agronomy Abstracts". Am. Soc. Agronomy, Madison, Wis.
- Faculdade de Agronomia - UFRGS 1969. Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. Bolm téc. n.º 2, Fac. Agron., Univ. Fed. Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Grimm S.S. 1970. Aspectos econômico da adubação. Bolm téc. n.º 6, Fac. Agron. UFRGS, Porto Alegre.
- Hunter A.H. & Fitts J.W. 1969. Estudos de interpretação de teste de solo: ensaios de campo; trad. de Mário Braga. Bolm téc. 5, Proj. Int. Avaliação e Melhoramento Fertil. Solo, Est. Exp. Univ. Est. Carolina do Norte, p. 29-42.
- Lemos R.C., Uberti A.A., Vizzoto W.J., Santos J.L. & Silva A.L.L. 1970. Levantamento de reconhecimento do solo do Estado de Santa Catarina - Primeira etapa: Zona Oeste e Rio do Peixe. 94 p. (Mimeo.)
- Vidor C. & Freire J.R.J. 1971. Calibração de análises de solo para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 7(1):63-72.

ABSTRACT.- Voll, E.; Bays, I.A. [Liming and fertilizing on Erexim soil for soybean]. Correção e adubação do solo para a cultura da soja (*Glycine max*) em um Latosol Roxo Distrófico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1976) 11, 93-99 [Pt, en] Est. Exp. Chapecó, EMBRAPA, Cx. Postal 151, Chapecó, SC, Brazil.

A field experiment was conducted on Erexim soil at Chapecó, Santa Catarina, Brazil, in 1970, to study the effects of liming and fertilizers on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). No significance was registered for nitrogen, or potassium, in soybean yield. Doses of dolomitic calcareous, or  $P_2O_5$ , applied separately, gave significantly response than when both were applied in combination. The technic critical level of phosphorus in soil was estimated at 10.0 ppm of P, obtained by applying 246 kg/ha as  $P_2O_5$ . This fertilizer P applied in combination with 6.6 t/ha liming correction (1/2 SMP) produced 3,098 kg/ha of soybean. The economic critical level was estimated at 6.4 ppm of P, obtained by applying 116 kg/ha of  $P_2O_5$ , producing 2,750 kg/ha of soybean. The average percentage of the applied phosphorus remaining available in soil after P fertilization was 12.8%, where as for K was 42.2%, measured by the North Caroline method.

*Index terms:* Soybean, *Glycine max*, liming, fertilizing, Erexim soil.