

BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

Vol. 35

Campinas, março de 1976

N.º 9

ADUBAÇÃO DO TRIGO

IX — INTERPRETAÇÃO ECONÔMICA DOS RESULTADOS OBTIDOS EM EXPERIMENTOS COM N, P, K E S, EM LATOSSOLO ROXO NO ESTADO DE SÃO PAULO (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2), *Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônômico*

SINOPSE

Foram realizados seis ensaios de adubação N, P, K e S com a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), nos anos de 1969 a 1973, em latossolo roxo da região do Vale do Paranapanema, no Estado de São Paulo.

Os dados obtidos mostraram grandes efeitos para fósforo, médios para potássio e pequeno para nitrogênio. Os solos estudados não reagiram à adubação com enxofre.

Foram determinadas para as condições do Vale do Paranapanema as quantidades de fósforo e potássio para a obtenção do maior lucro por área, para as relações de preços entre P_2O_5 e K_2O , 2:1 e 1:1, considerando-se fixas as doses de 0, 30 e 60 kg de N por hectare.

1 — INTRODUÇÃO

Camargo (2, 3, 4, 5, 6), estudando os resultados de adubação N, P, K e S com a cultura do trigo em latossolo vermelho-escuro, orto, da região Sul do Estado de São Paulo; em podzólico vermelho-amarelo, variação Laras; em podzólico vermelho-amarelo, orto; em solos de várzeas argilosa e orgânica, determinou as quantidades de nitrogênio e fósforo para a obtenção do maior lucro por área, para as relações de preços entre N e P, 1,5:1 e 1:1, considerando-se fixa a dose de 30 kg de K_2O por hectare.

(1) Recebido para publicação em 6 de setembro de 1975.

(2) Com bolsa de suplementação do C.N.Pq.

Ainda Camargo (1) concluiu que, em ensaios de adubação com a cultura do trigo, em latossolo roxo, no Vale do Paranapanema, houve grande efeito do fósforo em relação ao nitrogênio e pequena resposta à aplicação de potássio e enxofre. Os dados médios daqueles ensaios mostraram que o melhor tratamento foi quando se empregaram 60 kg de nitrogênio, 120 kg de P_2O_5 , 30 kg de K_2O e 40 kg de enxofre por hectare, porém, considerando-se os preços dos fertilizantes, o tratamento mais econômico foi aquele em que se empregaram 30 kg de nitrogênio, 90 kg de P_2O_5 , 15 kg de K_2O e 40 kg de enxofre, produzindo menos que o anteriormente citado, mas não diferindo estatisticamente.

Como a região do Vale do Paranapanema representa mais de 95% da triticultura paulista, julgou-se de grande importância a interpretação econômica dos resultados obtidos em seis experiências com N, P, K e S, conduzidas nessa região, com a cultura do trigo em rotação com a da soja.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na Região do Vale do Paranapanema, Estado de São Paulo, em latossolo roxo.

Foram retiradas amostras compostas dos solos dos locais estudados, cujos resultados analíticos (3) foram os seguintes:

Determinações	Assis	Maracáí	Cruzália
	1970	1970	1970
pH int.	5,60	5,60	6,00
C%	1,20	1,70	2,00
K ⁺ (4)	0,09	0,13	0,22
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (4)	1,60	2,60	4,40
PO ₄ ³⁻ (5)	0,03	0,02	0,04
Al ³⁺ (4)	—	—	—

Determinações	Cruzália	Cruzália	Cruzália
	1971	1972	1973
pH int.	6,00	6,00	6,00
C%	1,50	2,00	2,20
K ⁺ (4)	0,32	0,47	0,45
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (4)	4,00	2,40	5,47
PO ₄ ³⁻ (5)	0,05	0,08	0,08
Al ³⁺ (4)	—	—	—

(3) Análises efetuadas pela Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônômico.

(4) e.mg/100 g de solo. Teores trocáveis.

(5) e.mg/100 g de solo. Teor solúvel em H_2SO_4 0,05 N.

O delineamento estatístico empregado, fontes e modos de aplicação dos adubos, bem como detalhes das parcelas experimentais foram citados em outro trabalho (5).

Os tratamentos utilizados são os constantes do quadro 1.

O cultivar empregado foi o IRN-526-63, de origem mexicana.

O primeiro ensaio foi semeado no dia 21 de maio de 1970, na fazenda de propriedade do Sr. Sebastião Frederico de Paiva, localizada no município de Assis, e colhido no dia 14 de outubro do mesmo ano.

O segundo ensaio foi semeado no dia 22 de maio de 1970, na fazenda do Sr. Nicolau Omalshenko, localizada no município de Maracáí, e colhido no dia 15 de outubro do mesmo ano.

Todos os demais experimentos foram conduzidos na Fazenda São Giórgio I, de propriedade do Sr. Michele Di Raimo, localizada no município de Cruzália.

O terceiro ensaio foi semeado no dia 29 de abril de 1970 e colhido no dia 3 de setembro de 1970.

O quarto ensaio foi semeado no dia 26 de abril de 1971 e colhido no dia 24 de agosto de 1971.

O quinto ensaio foi semeado no dia 28 de abril de 1972 e colhido no dia 30 de agosto de 1972.

O sexto ensaio foi semeado no dia 23 de abril de 1973 e colhido no dia 22 de agosto de 1973.

A produção calculada é dada pela seguinte equação:

$$Y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3 + B_{11} x_1^2 + B_{22} x_2^2 + B_{33} x_3^2 + B_{12} x_1 x_2 + B_{23} x_2 x_3 + B_{13} x_1 x_3,$$

onde x_1 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 120, 90, 60, 30, 0 kg de N por hectare; x_2 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 120, 90, 60, 0 kg de P_2O_5 por hectare; x_3 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 60, 45, 30, 15, 0 kg de K_2O por hectare; B_0 é a produção calculada para a dose central, ou seja, $x_1 = 0$, $x_2 = 0$ e $x_3 = 0$. B_1 é o efeito linear de nitrogênio; B_2 é o efeito linear de P_2O_5 ; B_3 é o efeito linear de K_2O ; B_{12} é a interação N com P_2O_5 ; B_{23} é a interação P_2O_5 com K_2O ; B_{13} é a interação N com K_2O .

Foram calculadas as quantidades de P_2O_5 e K_2O necessárias para a obtenção do maior lucro por área, para as relações de preços entre P_2O_5 e K_2O , 2:1 e 1:1, considerando-se fixas as doses de 0, 30, 60 kg/ha de nitrogênio.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções médias de grãos de trigo, transformadas em kg/ha, das seis experiências com N, P, K e S, conduzidas na Região do Vale do Paranapanema, encontram-se no quadro 1.

No quadro 2 acham-se os resultados da análise estatística, na qual foram calculados os parâmetros da equação de cada uma das experiências bem como os parâmetros médios dos seis experimentos.

Considerando a equação média pode-se verificar que o efeito linear do nitrogênio foi de +8, porém no ensaio de Cruzália, em 1971, o seu efeito foi de +156, significativo ao nível de 1%; isto quer dizer que para cada 30 kg de nitrogênio aplicados houve um acréscimo na produção de 156 kg de trigo. Este valor pode ser explicado, pois o ano de 1971 foi anormal, com grandes precipitações pluviais durante o ciclo vegetativo da cultura.

O efeito linear médio do fósforo foi de +112, significativo ao nível de 1%; isto quer dizer que para cada 30 kg de P_2O_5 aplicados houve um acréscimo de 112 kg de trigo na produção. Esta grande resposta à adubação fosfatada pode ser atribuída aos baixos teores desse elemento na maioria dos solos estudados.

O efeito linear médio de K_2O foi de +43; isto indica que, para cada 15 quilos de K_2O aplicados, houve um acréscimo na produção de 43 quilos de trigo.

Os efeitos quadráticos médios de nitrogênio, fósforo e potássio foram negativos e não significativos estatisticamente.

A interação média nitrogênio com fósforo foi negativa, e as interações médias fósforo com potássio e nitrogênio com potássio, positivas, todas porém estatisticamente não significativas.

Considerando os tratamentos 9, 16, 17 e 18, foram calculados o efeito médio da adubação mineral, que foi de 190 kg/ha, significativo ao nível de 1%. O efeito linear médio do enxofre foi negativo, porém não significativo. O maior efeito favorável do enxofre na produção foi observado no ensaio de Cruzália, no ano de 1970, com um parâmetro de +132, o que significa que, quando são aplicados 40 kg de enxofre por hectare, há um acréscimo de 132 kg/ha de grãos de trigo.

No estudo econômico da adubação N, P, K para latossolo roxo, não foram considerados para cálculo os dados obtidos no ensaio plantado em Cruzália, no ano de 1971, devido ter sido esse ano muito chuvoso no inverno, causando grandes efeitos lineares para a adubação nitrogenada, o que dificultaria as interpretações de um modo conjunto.

As produções encontradas nas figuras apresentadas no presente trabalho foram calculadas através da equação citada no capítulo anterior.

QUADRO 1. — Produções médias de grãos de trigo transformadas em kg/ha, obtidas em seis experiências com N, P, K e S em latossolo roxo, no Vale do Paranapanema, Estado de São Paulo

N.º	TRATAMENTO				Assis	Maracá	CRUZALIA			Média		
	N	P	K	S			1970	1970	1971		1972	1973
1	30	30	15	40	685	1105	1269	2184	825	2225	1382	
2	30	30	45	40	797	685	1460	1594	641	2546	1287	
3	30	90	15	40	869	966	1700	3109	707	2779	1688	
4	30	90	45	40	871	1126	1811	2826	888	3017	1757	
5	90	30	15	40	727	1115	1152	2634	833	2396	1476	
6	90	30	45	40	717	1030	1417	2517	742	3092	1586	
7	90	90	15	40	648	1251	1626	2417	1060	1780	1464	
8	90	90	45	40	754	1174	1455	3043	770	2804	1667	
9	60	60	30	40	791	1175	1561	2701	692	2488	1568	
10	120	60	30	40	788	577	1547	3118	887	2483	1567	
11	0	60	30	40	893	1279	1521	2316	1049	2163	1537	
12	60	120	30	40	759	1037	1758	3234	1073	2734	1766	
13	60	0	30	40	552	885	1043	2417	603	2242	1290	
14	60	60	60	40	653	1164	1561	2734	725	2967	1637	
15	60	60	0	40	607	1295	1566	2784	623	1746	1437	
16	0	0	0	0	654	758	1026	1734	735	2354	1210	
17	0	0	0	40	774	762	1184	1776	720	1996	1202	
18	60	60	30	0	733	1087	1188	3042	1085	2571	1618	

FIGURA 2. — Parâmetros calculados pela análise estatística para os ensaios de adubação mineral N, P, K e S de trigo em latossolo roxo do Vale do Parapanema

ANAL.	Ano	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁₁	B ₂₂	B ₃₃	B ₁₂	B ₂₃	B ₁₃	SL	ML	SLML	CV	F
s	1970	817	- 37*	+ 39*	+ 19	+ 9	- 37	- 43	- 37	- 1	- 2	+ 22	+ 12	- 8	13,50%	1,70
acal	1970	1161	- 45	+ 55	- 43	- 60	- 52	+ 15	- 3	+ 73	+ 12	+ 23	+ 186**	+ 21	15,30%	3,61**
zália	1970	1533	- 34	+ 170**	+ 27	- 4	- 37	+ 7	- 34	- 65	- 13	+ 132	+ 135	+ 54	23,17%	1,04
zália	1971	2514	+ 156**	+ 256**	- 29	+ 27	+ 55	+ 38	- 231**	+ 131	+ 173*	- 75	+ 558**	- 96	12,05%	5,15**
zália	1972	706	+ 1	+ 83**	- 11	+ 67	+ 35	- 6	+ 16	+ 21	- 47	- 102	+ 81	- 95	27,38%	1,03
zália	1973	2635	+ 9	+ 69	+ 295**	- 60	- 18	- 51	- 241**	+ 31	+ 145*	- 110	+ 177*	+ 69	9,37%	5,90**
lia		1561	+ 8	+ 112**	+ 43	- 4	- 9	- 7	- 88	+ 32	+ 45	- 18	+ 192**	- 9		

Significativo ao nível de 5%

Significativo ao nível de 1%

— produção calculada pela análise estatística para a dose 60-60-30 respectivamente de N, P₂O₅ e K₂O

— efeito linear de nitrogênio

— efeito linear de P₂O₅

— efeito linear de K₂O

— efeito quadrático de nitrogênio

— efeito quadrático de P₂O₅

B₂₀ — efeito quadrático de K₂O

B₁₂ — interação N com P₂O₅

B₂₃ — interação P₂O₅ com K₂O

B₁₃ — interação N com K₂O

SL — efeito linear de S

ML — efeito linear de adubação mineral

SLML — interação de S com adubação mineral

Observando as figuras 1, 2 e 3 pode-se elaborar a tabela seguinte, determinando as quantidades de P_2O_5 e K_2O necessárias para a obtenção do maior lucro por área para as relações de preços entre P_2O_5 e K_2O , 2:1 e 1:1, considerando-se fixas as doses de 0, 30, 60 kg de N por hectare.

Valores relativos por quilo (1 kg de trigo = 1)				Quantidade a ser aplicada, em k/ha	
P_2O_5	K_2O	Trigo	N	P_2O_5	K_2O
3,00	1,50	1	0	144	44
3,50	1,75	1	0	132	40
4,00	2,00	1	0	119	36
1,50	1,50	1	0	179	51
1,75	1,75	1	0	172	48
2,00	2,00	1	0	165	45
0	0	1	0	219	68
3,00	1,50	1	30	104	45
3,50	1,75	1	30	92	42
4,00	2,00	1	30	79	37
1,50	1,50	1	30	138	52
1,75	1,75	1	30	131	49
2,00	2,00	1	30	125	46
0	0	1	30	179	71
3,00	1,50	1	60	64	47
3,50	1,75	1	60	51	43
4,00	2,00	1	60	39	39
1,50	1,50	1	60	98	54
1,75	1,75	1	60	91	50
2,00	2,00	1	60	85	48
0	0	1	60	219	68

Considerando-se constante a dose de 0 kg de nitrogênio por hectare, em anos de rotação com a cultura da soja, a tabela mostra que, quando são necessários 3,00 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 e 1,5 kg de trigo para pagar 1 kg de K_2O , a adubação que daria maior lucro por área seria de 144 kg de P_2O_5 mais 44 kg de K_2O por hectare; e assim por diante.

Para obter a máxima produção possível, sem considerar os preços dos adubos, seriam necessários 219 kg de P_2O_5 mais 68 kg de K_2O por hectare, fazendo-se constante 0 kg de N por hectare.

Considerando constante a dose de 30 kg de nitrogênio por hectare, a tabela mostra que: quando são necessários 3,00 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 e 1,50 kg de trigo para pagar 1 kg de K_2O , a adubação que daria maior lucro por área seria de 104 kg de P_2O_5 mais 45 kg de K_2O ; e assim por diante.

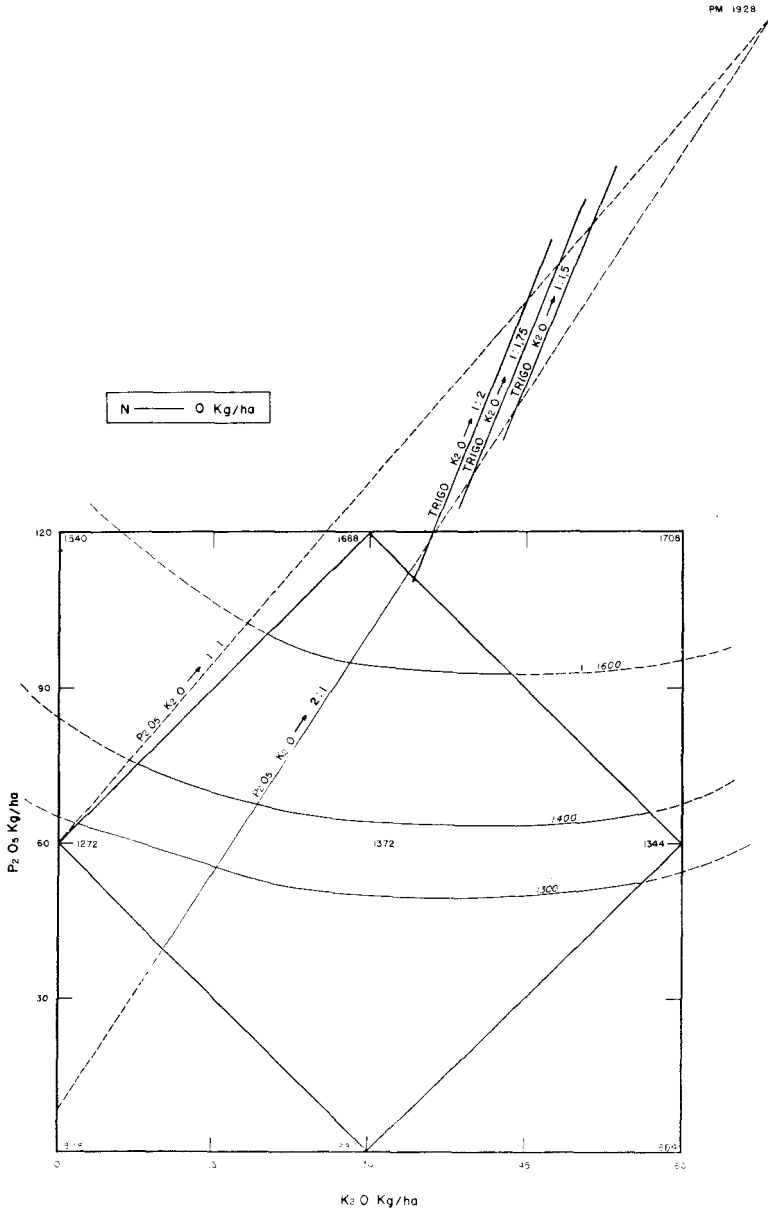


Figura 1. - Superfícies de resposta, (isoquanta = linhas de igual produção, e isóclinas = linhas que cortam as isoquanta em partes de igual inclinação), indicando para as relações de preços de $P_2O_5:K_2O = 2:1$ e $1:1$, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para a obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área, quando forem consideradas três relações de preços entre nutrientes ($P_2O_5 + K_2O$) e trigo, mantida constante a dose de 0 kg/ha de nitrogênio.

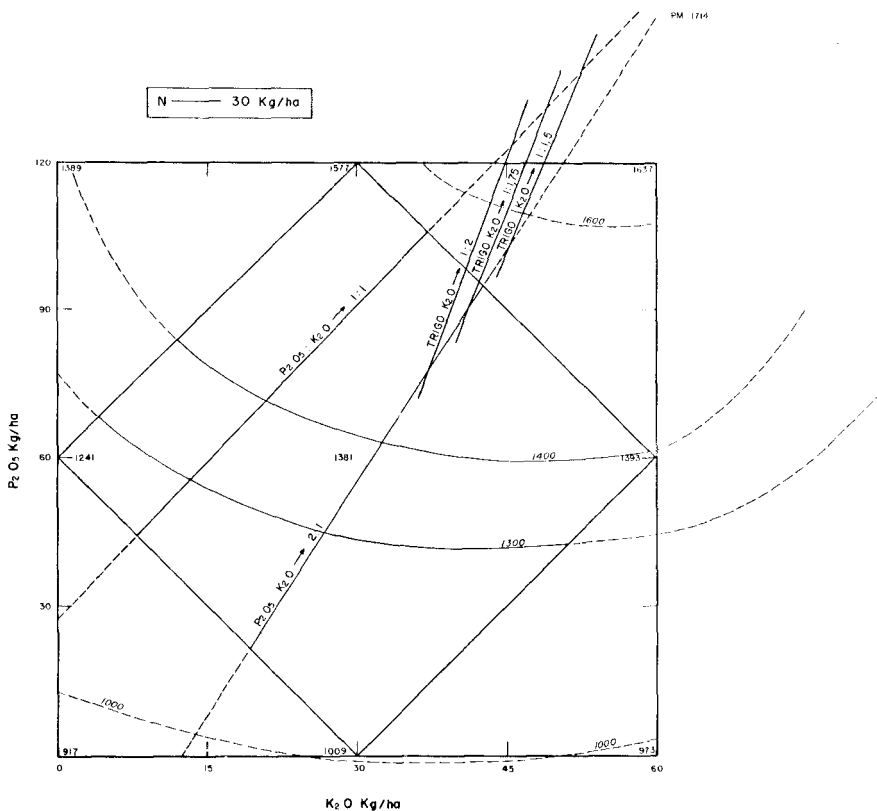


Figura 2. - Superfícies de resposta (isoquanta = linhas de igual produção, e isóclinas = linhas que cortam a isoquanta em partes de igual inclinação), indicando para as relações de preços de $P_2O_5:K_2O = 2:1$ e $1:1$, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para a obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área, quando forem consideradas três relações de preços entre nutrientes ($P_2O_5 + K_2O$) e trigo, mantida constante a dose de 30 kg/ha de nitrogênio.

Para obter a máxima produção possível, sem considerar os preços dos adubos, seriam necessários 179 kg de P_2O_5 mais 71 kg de K_2O por hectare, fazendo-se constante a dose de 30 kg de N por hectare.

Considerando constante a dose de 60 kg de nitrogênio por hectare, a tabela mostra que: quando são necessários 3,00 kg de trigo para comprar 1 kg de P_2O_5 e 1,50 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , a adubação que daria maior lucro por área seria de 64 kg de P_2O_5 mais 47 kg de K_2O ; e assim por diante.

Para obter a máxima produção possível sem considerar os preços dos adubos, seriam necessários 219 kg de P_2O_5 mais 68 kg de K_2O por hectare, fazendo-se constante a dose de 60 kg de N por hectare.

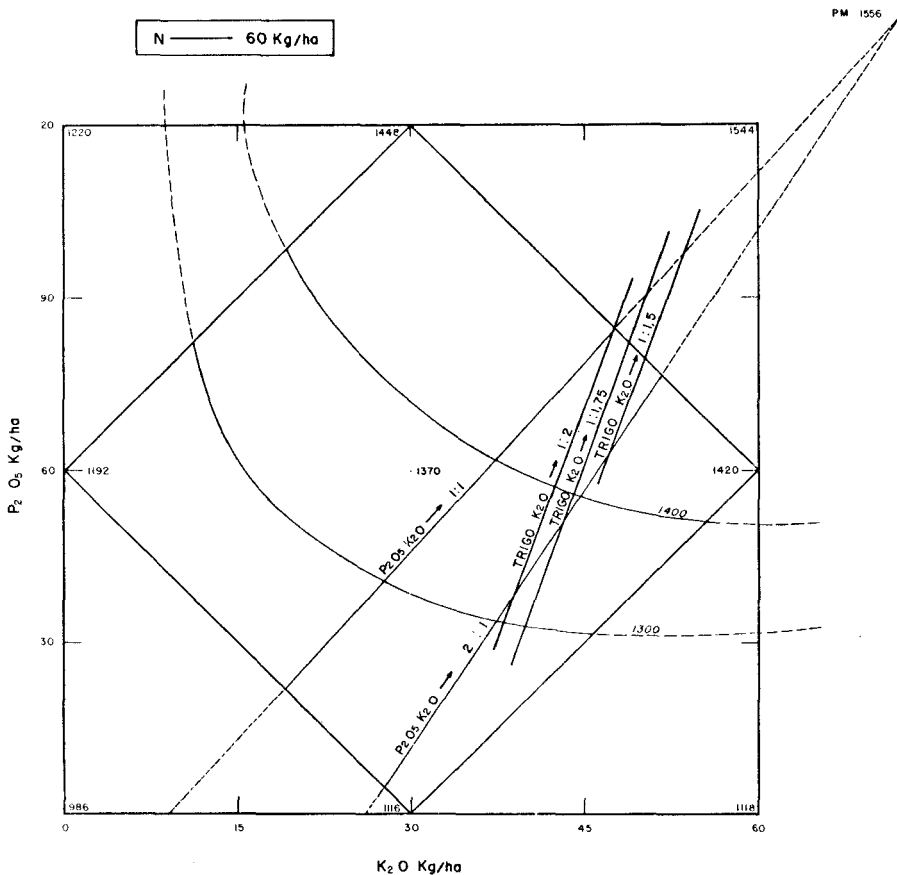


Figura 3. - Superfícies de resposta, (isoquanta = linhas de igual produção, e isóclinas = linhas que cortam as isoquanta em partes de igual inclinação), indicando para as relações de preços de $P_2O_5:K_2O = 2:1$ e $1:1$, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para a obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área, quando forem consideradas três relações de preços entre nutrientes ($P_2O_5 + K_2O$) e trigo, mantida constante a dose de 60 kg/ha de nitrogênio.

4 — CONCLUSÕES

a) Os efeitos lineares do nitrogênio e do potássio foram positivos, porém não significativos na média dos seis experimentos instalados em latossolo roxo, no Vale do Paranapanema.

b) O efeito linear do fósforo, na média dos experimentos, correspondeu a um aumento de 112 kg de trigo por hectare, para cada 30 kg de P_2O_5 aplicados. A grande resposta observada ao fósforo pode ser

atribuída aos baixos teores desse elemento existente na maioria dos solos estudados.

c) A média dos seis experimentos não mostrou efeito significativo para enxofre.

d) O efeito da adubação mineral completa foi altamente significativo a 1%, na média dos ensaios.

e) Considerando a relação atual de preços entre P_2O_5 e K_2O , de 2:1, as quantidades necessárias de P_2O_5 e K_2O por hectare para obter o maior lucro por área, fazendo-se constante a dose de 30 kg/ha de nitrogênio, seriam de 92 kg e 42 kg, respectivamente, e no caso em que a cultura do trigo fosse em rotação com a de soja, seriam de 132 kg e 40 kg, respectivamente.

FERTILIZER EXPERIMENTS ON WHEAT
IX — N, P, K, S MINERAL FERTILIZER ON LATOSSOLIC B
"TERRA ROXA" SOILS

SUMMARY

This paper presents the results of six N, P, K, S mineral fertilizer trials on wheat (*Triticum aestivum* L.).

They were carried out at the different areas of São Paulo state, on Latossolic B "Terra Roxa" soils, in 1969, 1970, 1971, 1972, and 1973.

The responses observed in these trials present little effects to nitrogen and potash and big effects to phosphorus.

Sulphur did not increase the production.

With the results of these trials, were computed quantities of N, P, K fertilizer to be applied, for several price relationships between wheat and fertilizer's nutrient.

LITERATURA CITADA

1. CAMARGO, C. E. O. Adubação do trigo. I — Experiência com N, P, K e S em latossolo roxo no Vale do Paranapanema. *Bragantia* 31:315-324, 1972.
2. ———. Adubação do trigo. II — Experiência com N, P, K e S em latossolo vermelho-escuro orto na região sul do Estado de São Paulo. *Bragantia* 31:325-335, 1972.
3. ——— & ALVES, S. Adubação do trigo. III — Experiências com N, P, K e S em solo de baixada tipo massapé da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. *Bragantia* 31:337-348, 1972.
4. ——— & ROCHA, T. R. Adubação do trigo. IV — Experiências com N, P, K e S em solo de várzeas do Estado de São Paulo. *Bragantia* 31:349-361, 1972.

5. ———; VEIGA, A. A.; PESSINI, A. L. & MONTEIRO, D. A. Adubação do trigo. VII — Experiências com N, P, K e S em diferentes tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 34:273-286, 1975.
6. ——— & LEITE, N. Adubação do trigo. VIII — Experiências com N, P, K e S em solos de várzea do Vale do Paraíba. *Bragantia* 35:87-94, 1976.
7. SCARSETH, G. D.; COOK, H. L.; KRANTZ, B. A. & OHLROGGE, A. J. How to fertilize corn effectively in Indiana. *Indiana Agric. Exp. Sta.*, 1944 39p. (Bull. 482)