

COMPARAÇÃO DE ESQUEMAS EXPERIMENTAIS EM EXPERIMENTOS DE ADUBAÇÃO MINERAL DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)¹

PAULO AUGUSTO DA EIRA², GILBERTO GASTIM PESSANHA³, DIRCE P. P. DE SOUZA BRITTO⁴,
e ALFIO RIVERA CARBAJÁL⁵

SINOPSE.- Experimento com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) conduzido em campo, em solo aluvial, no Estado do Rio de Janeiro, usando um fatorial completo 5² com cinco doses de nitrogênio e cinco de fósforo, teve seus resultados analisados como: a) fatorial completo 5²; b) central composto; c) central composto mais extremos; d) pequeno fatorial 3 × 3 e, e) grande fatorial 3 × 3.

O feijoeiro, no solo em questão, reagiu favoravelmente à adubação fosfatada, ocorrendo efeito significativo, linear e quadrático, do fósforo, em todas as análises, com exceção do pequeno fatorial 3 × 3. Para o nitrogênio, em nenhuma das análises se verificou significância. Observando-se os dados, nota-se que a produção decresce, ao ser aumentado o nível deste elemento. Na época da floração não foram encontrados nódulos, o que indica ser satisfatório o teor de N no solo, para a cultura.

Doses de P₂O₅ nos diferentes esquemas de tratamento, calculadas através de equações em função dos dois elementos e somente em função do elemento que apresentou significância (fósforo), bem como as produções a elas correspondentes, são apresentadas.

A partir das equações em função do fósforo, e levando em consideração os preços do adubo fosfatado e do feijão, calcularam-se os níveis econômicos de P₂O₅ e as produções a eles correspondentes, nos cinco esquemas.

Em vista dos resultados alcançados, conclui-se que podem ser usados em substituição ao fatorial completo (25 tratamentos), o grande fatorial 3 × 3 (9), o central composto mais extremos (13) ou o central composto (9), sem prejuízo da precisão das conclusões.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), leguminosa nativa do novo continente, é uma das culturas básicas para a alimentação do povo brasileiro. Apesar da existência de um grande número de cultivares de feijão, e de termos alguns razoavelmente adaptados às nossas condições, as produções médias por hectare ainda deixam muito a desejar. Os fatores responsáveis por esta baixa produtividade são, entre outros, as práticas culturais inadequadas, a ausência de adubação, a ocorrência de pragas e doenças e a falta de sementes selecionadas em quantidade suficiente para atender à lavoura.

O Brasil ocupa o 2.^o lugar no mundo, em área cultivada (3.663.324 ha), mas sua produtividade (660 kg/ha) está muito aquém da de vários países que, sabidamente, não são grandes consumidores do produto, como os Estados Unidos da América e a Bélgica, por exemplo (F.A.O. 1969). Segundo esta mesma fonte, o Estado do Rio de Janeiro possui uma área de 12.481 ha plantada com feijão e apresenta a produção média de 547 kg/ha.

Encontram-se alguns trabalhos, conduzidos em diferentes regiões do Brasil, que apresentam resultados compensadores com o uso de fertilizantes. Assim é que, em Minas Gerais, Vieira e Gomes (1961), em duas localidades, e Fontes *et al.* (1965), em seis, obtiveram resposta do feijoeiro à adubação fosfatada, havendo, em uma destas localidades, resposta também ao calcário. Em São Paulo, trabalhos realizados em diferentes solos, indicam resposta a fósforo (Miyasaka *et al.* 1966b), fósforo e nitrogênio (Miyasaka *et al.* 1966a), fósforo e potássio (Miyasaka *et al.* 1967), bem como a enxofre e micronutrientes (Miyasaka *et al.* 1966c).

Em dois experimentos, no Estado do Espírito Santo, Rocha (1971), obteve resposta ao fósforo e ao nitrogênio, com o nitrogênio apresentando efeito negativo. No Estado do Rio de Janeiro não encontramos resultados experimentais de adubação em feijoeiro.

Procura-se no presente trabalho comparar os resultados encontrados na análise com fatorial completo 5², que foi o esquema usado, com os obtidos nas análises

¹ Aceito para publicação em 27 mar. 1972.

Trabalho executado com recursos provenientes do PL 480 e apresentado no XIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Vitória, julho de 1971.

² Eng.^o Agrônomo do Setor de Solos do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26, e Pesquisador Assistente, bolsista, do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) (Proc. 8008/68).

³ Eng.^o Agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, Auxiliar de Ensino do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

⁴ Eng.^o Agrônomo, Pesquisador em Agricultura, Chefe do Setor de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS, Professor Adjunto da UFRRJ, e Chefe de Pesquisa, bolsista, do CNPq (Proc. 10727/68).

⁵ Eng.^o Agrônomo, Estagiário no Setor de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS.

feitas em quatro esquemas de tratamentos que visam a redução do número de tratamentos em experimentos deste tipo, além de estudar o feito provocado pela adubação de nitrogênio e fósforo na produção do feijoeiro, plantado na época das chuvas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área da Casa de Saúde Dr. Eiras, no município de Paracambi, Estado do Rio de Janeiro, na época das chuvas, no ano de 1968.

O solo onde foi instalado o experimento em questão é um aluvial (AL), apresentando uma topografia plana e as seguintes características químicas: 4 ppm de P; 124 ppm de K; 7,2 mE de Ca + Mg/100 cm³; 1,5 mE de Al/100 cm³; 2,52% de C; 0,24% de N e pH 4,6. Os métodos usados na análise química são os preconizados pelo Programa Nacional de Análises Rápidas do Solo (PNARS), sendo o carbono determinado por combustão via úmida e o nitrogênio pelo método de Kjeldahl modificado por Braun e Velloso (1965).

O esquema de tratamento empregado foi o fatorial completo 5², com cinco níveis de N e cinco de P₂O₅ combinados, dando um total de 25 tratamentos que foram dispostos no campo, no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Os níveis de N foram 0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha e os de P₂O₅, 0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha. O potássio foi aplicado numa dose constante, 20 kg de K₂O/ha, em todas as parcelas, dose esta preconizada pelo PNARS para a cultura do feijão, em solo com teor de potássio médio alto, como no presente caso.

As fontes de nitrogênio, fósforo e potássio foram, respectivamente, sulfato de amônio (20% N), superfosfato simples (20% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O). A distribuição dos adubos fosfatado e potássico foi feita nos sulcos, na época do plantio, juntamente com 1/3 da adubação nitrogenada. Os 2/3 restantes desta última foram aplicados em cobertura 40 dias após o plantio.

O cultivar de feijão utilizado foi o "Rico 23", de semente preta, e o espaçamento adotado foi o de 0,70 m entre fileiras e 0,25 m entre covas, cada uma destas com duas plantas após o desbaste. Cada parcela era formada por quatro fileiras com 5 m de comprimento, dando uma área bruta de 14 m² e área útil de 6,30 m². Foi feita a colheita somente das duas fileiras da área útil, abandonando-se uma cova em cada uma das extremidades.

As análises estatísticas foram feitas em cinco esquemas de tratamentos: a) fatorial completo 5², 25 tratamentos; b) central composto, 9 tratamentos; c) central composto mais extremos, 13 tratamentos; d) pequeno fatorial 3 × 3, 9 tratamentos e, e) grande fatorial 3 × 3, 9 tratamentos.

RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Encontram-se no Quadro 1, os resultados do peso de grãos em g/parcela (6,30 m²) e as produções correspondentes em kg/ha, ambos em médias das três repetições. A menor produção se verificou no tratamento N₀P₀ (291 kg/ha) e a maior, no tratamento N₄P₁₂₀ (1.193 kg/ha). Apesar do teor de alumínio apresentado pela análise do solo e de não ter sido feita calagem, não

houve nenhum problema de toxidez ou carência de elementos, durante todo o desenvolvimento das plantas e as produções foram muito boas.

O Quadro 2 apresenta os 25 tratamentos do fatorial completo 5², assinalados os correspondentes a cada um dos esquemas reduzidos usados na análise dos dados: central composto, central composto mais extremos, pequeno fatorial 3 × 3 e grande fatorial 3 × 3. O esquema central composto foi desenvolvido por Box e Wilson (1951) e usado, entre outros, por Hader *et al.* (1957), Moore *et al.* (1957), Baird e Mason (1959), Kirsch *et al.* (1960) e Youngberg e Dyrness (1965). No Brasil, foi usado por Miranda (1966) que, em 18 experimentos com milho, usando os 15 tratamentos do central composto derivado do fatorial completo 5², concluiu, pelo gráfico das superfícies de resposta, que as doses usadas estavam excelentemente calibradas para as condições do Estado de São Paulo. Também Bauwin *et al.* (1967) utilizaram este esquema, bem como o central composto mais extremos, em experimentos com milho em potes com solo podzólico vermelho-amarelo, Série Itaguaí, obtendo resultados comparáveis ao do fatorial completo 5².

QUADRO 1. Resultados do peso de grãos por parcela (6,30 m²) e da produção em kg/ha (médias de 3 repetições)

Tratamentos	Peso grãos (g/6,30m ²)	Produção (kg/ha)
N ₀ P ₀	369	586
N ₀ P ₁	583	925
N ₀ P ₂	679	1.078
N ₀ P ₃	649	1.029
N ₀ P ₄	690	1.095
N ₁ P ₀	237	376
N ₁ P ₁	546	866
N ₁ P ₂	561	890
N ₁ P ₃	567	900
N ₁ P ₄	539	951
N ₂ P ₀	266	422
N ₂ P ₁	549	871
N ₂ P ₂	520	826
N ₂ P ₃	752	1.193
N ₂ P ₄	547	868
N ₃ P ₀	183	291
N ₃ P ₁	500	793
N ₃ P ₂	610	968
N ₃ P ₃	650	1.041
N ₃ P ₄	656	1.041
N ₄ P ₀	312	495
N ₄ P ₁	441	700
N ₄ P ₂	569	901
N ₄ P ₃	649	1.030
N ₄ P ₄	519	824

* Níveis de N: 0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha; níveis de P₂O₅: 0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha.

QUADRO 2. Tratamentos do fatorial completo 5², assinalados os correspondentes aos demais esquemas*

Níveis de N	Níveis de P				
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
N ₀	bd		abd		bd
N ₁		abc	c	abc	
N ₂	abd	c	abcd	e	abd
N ₃		abc	c	abo	
N ₄	bd		abd		bd

* a = central composto, b = central composto mais extremos, c = pequeno fatorial, d = grande fatorial.

Os valores dos quadrados médios, com as significâncias indicadas pelo teste F, das componentes lineares e quadráticas de N e P e da interação linear NP, nas cinco análises, bem como os resíduos, encontram-se no Quadro 3. Todas as análises, com exceção da feita no pequeno fatorial 3 x 3, mostram significância para as componentes linear e quadrática do fósforo, indicando que foi atingido um máximo para, após, haver uma queda na produção. Na análise do pequeno fatorial 3 x 3, estatisticamente não se encontrou significância para o fósforo, mas se verificou que houve uma tendência de aumento na produção com o aumento das doses deste elemento.

Em todos os casos estudados, não houve significância para o nitrogênio, mas nota-se, ao se observar os dados (Quadro 1), que este elemento provocou pequenos decréscimos nas produções, à medida que sua quantidade crescia, e que até certo ponto prejudicou a ação do fósforo. É preciso mencionar que, por ocasião do início da floração, foram retiradas plantas da bordadura em alguns tratamentos, para verificação da nodulação e não foram encontrados nódulos. Por outro lado, em experimento onde procurava observar o efeito de diferentes estirpes de *Rhizobium* em diversos cultivares de feijão, entre os quais o Rico 23 por nós usado, em área contígua ao do presente experimento, Franco (dados não publicados) observou que nenhuma das estirpes provocou nodulação satisfatória em nenhum dos cultivares. Isto indica como satisfatória a disponibilidade do nitrogênio no referido solo, o que é confirmado pelo

teor de N (0,24%) revelado pela análise. Rocha (1971), em dois solos do Espírito Santo, obteve efeito negativo e significativo para a adubação nitrogenada e positivo significativo para a fosfatada.

Estes resultados concordam com os de Fontes *et al.* (1965) que, em seis localidades no Estado de Minas Gerais, encontraram resposta somente para o fósforo; com os de Vieira e Gomes (1961), com resposta apenas ao fósforo em duas das três localidades em que realizaram seus ensaios; e com os de Miyasaka *et al.* (1967), em terra roxa misturada (dois locais) e em terra roxa legítima, com resposta só ao fósforo. Também concordam, em parte, com os resultados obtidos em sete experimentos em terra roxa misturada, nos quais Miyasaka *et al.* (1966a) observaram resposta ao fósforo, havendo em cinco deles resposta também ao nitrogênio.

Calculando-se as equações de produção em função somente do elemento significativo, fósforo, ter-se-ão os resultados que constam do Quadro 4. As doses ótimas indicadas pelas equações calculadas somente em função do fósforo, nas diferentes análises, foram 116, 106, 115 e 120 kg de P₂O₅/ha, respectivamente no fatorial completo 5², central composto, central composto mais extremos e grande fatorial 3 x 3. As produções a elas correspondentes foram, respectivamente, 1.028, 991, 994 e 992 kg de grãos/ha. O pequeno fatorial 3 x 3 apresenta resultado discordante: 406 kg de P₂O₅/ha e produção correspondente de 334 kg de grãos/ha.

QUADRO 3. Resultados das análises estatísticas nos cinco esquemas de tratamento: valores do quadrado médio e significância pelo teste F*

Fontes de variação	Fat. completo 5 ²		Central composto		C. composto+extr.		Pequeno fat. 3x3		Grande fat. 3x3	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
Regressão linear N	1	44.824,33	1	7.950,69	1	43.202,68	1	4.170,96	1	57.347,46
Regressão linear P	1	932.361,84**	1	138.530,25*	1	345.473,44**	1	72.326,70	1	327.240,54**
Regressão quadrática N	1	12.328,00	1	1.392,02	1	6.866,24	1	6.845,85	1	36.816,67
Regressão quadrática P	1	388.978,30**	1	144.518,30*	1	174.977,83**	1	5.911,37	1	115.648,77**
Regressão linear NP	1	10.195,99	1	13.668,75	1	4.508,24	1	13.668,75	1	9.690,12
Resíduo	48	18.846,58	16	24.743,80	24	22.155,73	16	32.293,02	16	14.291,82

* = significativo a 5%, ** = significativo a 1%.

QUADRO 4. Equações de regressão em função somente do fósforo, níveis ótimos e econômicos de P₂O₅ e produções correspondentes

Análises	Equações de regressão	Doses ótimas de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Produção (kg/ha)	Doses econômicas de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Produção (kg/ha)
Fatorial completo 5 ²	y = 451,610 + 9,960 P - 0,043 P ²	116	1.028	100	1.018
Central composto	y = 443,640 + 10,356 P - 0,049 P ²	106	991	91	980
C. composto+extremos	y = 517,950 + 8,285 P - 0,036 P ²	115	994	96	981
Pequeno fatorial 3x3	y = 802,000 - 2,437 P + 0,003 P ²	406	334	173	530
Grande fatorial 3x3	y = 501,000 + 8,175 P - 0,034 P ²	120	992	100	978

QUADRO 5. Equações de regressão considerando os dois elementos: níveis de N e P₂O₅ encontrados e produções correspondentes

Análises	Equações de regressão	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	Produção (kg/ha)
Fatorial completo 5 ²	$y = 341,926 - 2,582N + 6,182P + 0,019N^2 - 0,027P^2 + 0,002NP$	117	60	906
Central composto	$y = 529,722 - 7,643N + 3,518P + 0,044N^2 - 0,023P^2 + 0,042NP$	109	35	934
C. composto + extremos	$y = 372,553 - 3,700N + 5,750P + 0,038N^2 - 0,024P^2 - 0,006NP$	111	57	923
Pequeno fatorial 3x3	$y = 554,296 + 4,142N - 3,242P - 0,084N^2 + 0,020P^2 + 0,042NP$	44	36	556
Grande fatorial 3x3	$y = 369,805 - 4,617N + 5,511P + 0,049N^2 - 0,022P^2 - 0,009NP$	115	58	880

Apesar da não significância para o nitrogênio, resolveu-se calcular as equações de produção em função dos dois elementos, nas cinco análises. Estas equações, bem como os níveis de N e P₂O₅ obtidos e as produções a eles correspondentes, encontram-se no Quadro 5.

Obtiveram-se para o P₂O₅ os níveis de 117, 109, 111 e 115 kg/ha, e para o nitrogênio 60, 35, 57 e 58 kg de N/ha, respectivamente, no fatorial completo 5², central composto, central composto mais extremos e grande fatorial 3 x 3. Na análise do pequeno fatorial 3 x 3 os níveis foram de 44 kg de P₂O₅ e 36kg de N/ha.

Transformando as matrizes obtidas das equações do Quadro 5 em matrizes diagonais por meio de congruência, verificamos a ocorrência de ponto de sela em todos os esquemas usados, com exceção do central composto que indicou pontos de máximo.

O problema que surge neste caso é saber se se deve calcular a equação em função dos dois elementos ou somente em função do que foi significativo. Alguns autores só mantêm na equação os parâmetros significativos. Outros mantêm todos os parâmetros, sejam eles significativos ou não, acreditando que seja extremamente improvável que o coeficiente não significativo seja zero, e que a melhor estimativa ainda é aquela obtida dos dados (Box 1954, Hader *et al.* 1957).

Comparando-se as doses de P₂O₅ indicadas pelas equações em função somente do fósforo e em função dos dois elementos, vê-se que os resultados são semelhantes, com exceção, naturalmente, do pequeno fatorial 3 x 3.

Nos Quadros 6 e 7, apresentam-se os coeficientes de variação, de determinação e de correlação, nas cinco análises, bem como as produções obtidas nos diferentes níveis de fósforo e as produções esperadas para estes níveis, calculadas através das equações de produção em função somente do elemento significativo (fósforo), em cada um dos esquemas.

Vê-se que as produções esperadas, calculadas através das equações de produção, nos esquemas de tratamento fatorial completo, central composto, central composto mais extremos e grande fatorial 3 x 3 apresentam valores um pouco superiores aos observados no experimento, nos níveis P₀ e P₁ (0 e 80 kg de P₂O₅/ha, respectivamente). Apresentam nos demais, P₁, P₂ e P₃ (40, 120 e 160 kg de P₂O₅/ha), valores um pouco abaixo dos observados. As diferenças entre os quatro não são muito grandes. As produções esperadas no pequeno fatorial 3 x 3 são bem diferentes das observadas, com valor bem superior no nível P₀ e bem inferiores, nos demais.

Quanto ao coeficiente de determinação, que expressa a percentagem de variação de tratamentos explicada pelo modelo usado, observa-se que, em primeiro lugar, se situa o grande fatorial 3 x 3, seguido do central composto mais extremos, central composto, fatorial completo 5² e finalmente pequeno fatorial 3 x 3.

Aplicando-se um teste de significância para comparar os valores de R encontrados nos cinco esquemas, concluiu-se que o grande fatorial 3 x 3 não diferiu do central composto mais extremos e do central composto, diferindo, porém, do fatorial 5² e do pequeno fatorial 3 x 3. A diferença entre os quatro últimos não foi significativa.

Através das equações em função somente do elemento significativo, fósforo, e considerando o preço do kg de superfosfato simples como Cr\$ 0,28 e o preço do kg de feijão como Cr\$ 1,00, calcularam-se os níveis econômicos de P₂O₅ e as produções econômicas e eles correspondentes, nos cinco esquemas (Quadro 4). Os níveis de P₂O₅ nos esquemas fatorial completo, central composto, central composto mais extremos e grande fatorial 3 x 3 foram 100, 91, 96 e 100 kg/ha, correspondendo às produções de 1.018, 980, 981 e 978 kg de

QUADRO 6. Coeficientes de variação, determinação e correlação, nos cinco esquemas

Coeficientes	Produções esperadas (kg/ha)				
	Fatorial completo	Central composto	C. composto + extremos	Pequeno fatorial	Grande fatorial
Varição (%)	26	29	29	31	24
Determinação (R ²)	0,8612	0,9104	0,9143	0,7057	0,9960
Correlação (R)	0,9277	0,9541	0,9562	0,8401	0,9980

QUADRO 7. Produções obtidas comparadas com as esperadas, calculadas através das equações em função somente do fósforo

Níveis de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Produções obtidas (kg/ha)	Produções esperadas (kg/ha)				
		Fatorial completo	Central composto	C. composto + extremos	Pequeno fatorial	Grande fatorial
P ₀	434	452	443	518	892	501
P ₄₀	831	782	780	791	799	774
P ₈₀	933	975	961	949	716	937
P ₁₂₀	1.039	1.032	988	991	642	992
P ₁₆₀	856	952	856	917	578	939

feijão/ha, respectivamente. Para o pequeno fatorial 3×3 encontrou-se o nível de 173 kg de P_2O_5 /ha correspondendo a uma produção de 530 kg de feijão/ha.

Tomando por base todos estes fatores, vê-se que os mais concordantes com o fatorial completo 5^2 são os esquemas grande fatorial 3×3 , central composto mais extremos e central composto. Ter-se-ia, usando qualquer dos três, redução do número de tratamentos, com as conseqüentes reduções de área, mão-de-obra, tempo, material, etc., sem prejuízo da precisão das conclusões. A redução seria de 25 tratamentos no fatorial completo 5^2 para 9 no grande fatorial 3×3 e central composto e para 13 no central composto mais extremos. No caso de se usar o grande fatorial 3×3 , deve-se atentar bem para o problema das doses dos nutrientes, que, como se viu, devem ser bem espaçadas. O caso do pequeno fatorial 3×3 exemplifica isto; nele as doses são menos espaçadas, não constando ainda as doses extremas.

REFERÊNCIAS

- Baird, B.L. & Mason, D.D. 1959. Corn yield fertility response surfaces and their agronomic and economic interpretation. *Agron. J.* 51:152-159.
- Bauwin, G.R., Miller, S.F., Ruschel, A.P., Eira, P.A. da & Almeida, D.L. de 1967. Interpretação agrônômica e econômica da resposta de superfície. I. Efeito do nitrogênio e fósforo na produção vegetativa do milho. *Anais XI Congr. Bras. Ciên. Solo, Brasília*, p. 50-51.
- Box, G.E.P. 1954. The exploration and exploitation of response surfaces. *Biometrics* 10:16-60.
- Box, G.E.P. & Wilson, K.B. 1951. On the experimental attainment of optimum conditions. *J. Roy. Stat. Soc., Series B*, 13(1):1-45.
- Braun, W.A.G. & Velloso, A.C.X. 1965. Um novo método para a determinação do nitrogênio total em solo, por nesslerização. *Anais X Congr. Bras. Ciên. Solo, Piracicaba, S. Paulo*, p. 19-20.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1969. *Production yearbook*. Vol. 23. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Fontes, L.A.N., Gomes, F.R. & Vieira, C. 1965. Resposta do feijoeiro à aplicação de N, P, K e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. *Ceres, Minas Gerais*, 12:265-285.
- Hader, R.J., Harward, M.E., Mason, D.D. & Moore, D.P. 1957. An investigation of some of the relationships between copper, iron and molybdenum in the growth and nutrition of lettuce. I. Experimental design and statistical methods for characterizing the response surface. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21:59-64.
- Kirsch, R.K., Harward, M.E. & Petersen, R.G. 1960. Interrelationships among iron, manganese and molybdenum in the growth and nutrition of tomatoes grown in culture solution. *Pl. Soil* 12(3):259-275.
- Miranda, L.T. de 1966. Resultados de experimentos de adubação e sugestões para a interpretação baseada na análise química do solo, p. 451-472. *In* Cultura e adubação do milho, Inst. Bras. Potassa, São Paulo.
- Miyasaka, S., Freire, E.S., Igue, T. & Campana, M. 1966a. Adubação mineral do feijoeiro. II. Efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em terra roxa misturada. *Bragantia* 25:145-160.
- Miyasaka, S., Freire, E.S., Igue, T., Schmidt, N.C. & Leite, N. 1966b. Adubação mineral do feijoeiro. V. Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes, em dois solos do Vale do Paraíba. *Bragantia* 25:307-316.
- Miyasaka, S., Freire, E.S., Mascarenhas, H.A.A. & Alcover, M. 1966c. Adubação mineral do feijoeiro. VII. Efeitos de N, P, K, S, da calagem e de uma mistura de micronutrientes, no sul do planalto paulista. *Bragantia* 25:385-392.
- Miyasaka, S., Freire, E.S., Mascarenhas, H.A.A., Igue, T. & Paranhos, S.B. 1967. Adubação mineral do feijoeiro. X. Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes, em terra-roxa-legítima e terra-roxa-misturada. *Bragantia* 26:287-302.
- Moore, D.P., Harward, M.E., Mason, D.D., Hader, R.J., Lott, W.L. & Jackson, W.A. 1957. An investigation of some of the relationships of copper, iron and molybdenum in the growth and nutrition of lettuce. II. Response surface of growth and accumulation of Cu and Fe. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21:65-74.
- Rocha, A.C. de M. 1971. Comunicação pessoal.
- Vieira, C. & Gomes, F.R. 1961. Ensaio de adubação química do feijoeiro. *Ceres, Minas Gerais*, 11(65):253-264.
- Youngberg, C.T. & Dyrness, C.T. 1965. Biological assay of pumice soil fertility. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26:182-187.

ABSTRACT.- Eira, P.A. da; Pessanha, G.G.; Britto, D.P.P. de S.; Carbajál, A.R. [*Comparison of experimental design in a field trial on fertilization of black beans (Phaseolus vulgaris) with mineral nitrogen and phosphorus.*]. Comparação de esquemas experimentais em experimento de adubação mineral de nitrogênio e fósforo na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1973) 8, 121-125 [Pt, en] IPEACS, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil.

A field experiment with black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) was carried out on an alluvial soil in Rio de Janeiro State, with five levels of nitrogen and phosphorus. The results were analysed as a complete factorial 5^2 , and compared with analyses as central composite, central composite plus extremes, small 3×3 factorial, and large 3×3 factorial.

All analyses showed significant linear and quadratic responses to phosphorus except the small 3×3 factorial. There was no response to nitrogen fertilizer but rather a tendency of yields to decrease. Phosphorus levels were calculated based on the equations obtained from both elements and also in function of phosphorus only. Economic levels of phosphorus were calculated from the 5 experimental designs, based on fertilizer and bean prices.

It was concluded that the traditional complete factorial 5^2 design can be substituted either by the large 3×3 factorial, the central composite plus extremes or the central composite, without loss of precision in conclusions. Using these designs the number of treatments can be reduced to 13 or even 9.