

ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA SOBRE VARIEDADES DE SOJÁ (1)

H. VAZ DE ARRUDA

Engenheiro agrônomo, Secção de Técnica Experimental e Cálculo, Instituto Agronômico de Campinas

1 - INTRODUÇÃO

A experiência analisada no presente trabalho, visa avaliar a resistência de 22 variedades de soja aos nematóides das galhas das raízes. Com o objetivo de estimar a variação de infestação de nematóides no solo, responsáveis pelas galhas das raízes de soja, foi colocada, em cada canteiro, além da variedade a ser testada, uma outra como testemunha, tendo sido esta a variedade Abura.

A descrição da experiência não será aqui apresentada, por já ter sido citada em artigo sobre o assunto neste número de *Bragantia* (1). Será lembrado apenas que as variedades a serem investigadas, bem como a testemunha, receberam pontos numa escala de 0 a 5, segundo o grau de ocorrência do ataque, sendo dado o ponto 0 às que não se apresentaram atacadas, e 5 às que se apresentaram com grau máximo de infestação de nematóides.

Utilizou-se o método de covariância para a análise desta experiência.

A análise de covariância foi empregada primeiramente por Fisher. É aplicada quando, ao lado dos dados da experiência, se tomam outros dados complementares, que podem estar correlacionados com os que vão ser estudados.

Com o auxílio da técnica conhecida como análise da covariância, pode-se estimar a influência que tem a variação nos dados complementares (testemunha) sobre os dados experimentais (variedades). Essa porção da variação dos dados experimentais, que está correlacionada com a variação dos dados complementares, é eliminada na estimativa do erro experimental, proporcionando, frequentemente, maior eficiência à experiência. As médias dos tratamentos são corrigidas para o efeito dessa variação correlacionada das duas séries de dados, com auxílio de um fator de ajustamento. Esse fator é um coeficiente de regressão que corresponde a uma média ponderada dos coeficientes de regressão determinados dentro de cada tratamento.

Cochran e Cox (2) analisaram, pelo processo da covariância, uma experiência de determinação da eficiência de inseticidas no controle dos nematóides. Esse trabalho orientou a execução da presente análise.

Pela análise de covariância aplicada a esta experiência, pôde-se aproveitar a indicação dada pela variedade testemunha, eliminando-se da varia-

(1) A experiência de resistência de variedades de soja foi executada pelos engenheiros agrônomos J. Gomes da Silva, L. G. Lordello e Shiro Miyasaka.

ção dos dados experimentais, a porção que está correlacionada com a variação da testemunha.

Na análise da variância dos resultados finais, o efeito devido à maior ou menor infestação de nematóides verificada em cada bloco foi eliminado das estimativas dos efeitos de variedades, dando estimativas mais precisas para êsses efeitos. Além disso, a diferença na infestação dos canteiros dentro de cada bloco não foi controlada pela experiência e contribuiu para aumentar o erro experimental. Como foi colocada uma testemunha para cada canteiro, em cada bloco, a análise da covariância mostrou como utilizar êsses dados complementares para reduzir o erro experimental.

2 - MÉTODO DE ANÁLISE

A análise foi resumida em três partes principais, a saber :

- a) determinação do coeficiente de regressão para ajustar as médias de variedades;
- b) obtenção de uma estimativa do erro experimental, livre do efeito da regressão das variedades sobre a testemunha;
- c) realização de testes para verificar a significância entre médias ajustadas de variedades.

2.1 - DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE REGRESSÃO

No quadro 1 acham-se apresentados os resultados da experiência, sendo y os pontos dados às variedades e x os das testemunhas correspondentes.

Para determinar-se o coeficiente de regressão foi preciso efetuar as análises das somas de quadrados e produtos, respectivamente para x , y e xy .

Devemos considerar as variáveis y como pontos dados às variedades e as variáveis x como pontos dados à testemunha correspondente. As variáveis, produtos xy foram fornecidas pelos pontos das variedades e testemunha de cada canteiro. A variável y deve ser considerada função linear da variável x , dada pela equação.

$$y = b x$$

onde b é o coeficiente de regressão que precisamos estimar.

Os cálculos necessários para a análise de soma dos quadrados são bastante conhecidos. A análise da soma dos produtos das diversas componentes seguiu idênticas operações, exceto ter sido cada quadrado substituído pelo produto correspondente.

No quadro 2 é apresentada a análise das somas de quadrado e produtos, baseada nos dados do quadro 1.

O fator de ajustamento ou coeficiente de regressão, é dado por

$$b = \frac{Sxy}{Sxx} = \frac{11,92}{37,06} = 0,322$$

sendo Sxy e Sxx obtidas do componente erro.

QUADRO 1.—Médias de pontos, dados em duas observações, numa escala de 0 a 5, segundo a ocorrência de nematóides nas raízes. A primeira observação foi feita aos 60 dias e a segunda aos 90 dias após a germinação

Variedades	Blocos										Médias corrigidas das variedades	
	I		II		III		IV		Totais			Médias das variedades
	Abura	Variedade considerada	Abura	Variedade considerada	Abura	Variedade considerada	Abura	Variedade considerada	Abura	Variedade considerada		
455 -----	3,00	2,50	3,75	3,00	3,50	3,00	1,75	1,25	12,00	9,75	2,44	2,53
455 -----	3,50	2,25	4,00	3,00	4,00	3,00	2,00	2,25	13,50	10,50	2,62	2,60
455 -----	3,00	2,50	2,50	2,00	5,00	2,00	3,25	2,50	13,75	9,00	2,25	2,20
Chosen -----	4,00	3,50	3,75	3,25	2,00	2,00	3,50	2,50	13,25	11,25	2,81	2,80
Otootan -----	4,00	1,00	4,00	1,50	3,50	1,50	3,75	0,25	15,25	4,25	1,06	0,89
M. Yellow -----	3,00	1,25	4,00	1,75	3,25	3,50	2,75	2,00	13,00	8,50	2,12	2,13
482 -----	3,00	3,00	4,00	3,00	2,50	2,75	2,00	1,75	11,50	10,50	2,62	2,75
Palmeto -----	4,50	0,50	3,50	0	2,00	0,25	3,50	0,25	13,50	1,00	0,25	0,23
Arksoy -----	4,25	0,50	3,00	2,25	4,50	2,50	2,50	2,75	14,25	8,00	2,00	1,91
Georgian -----	3,00	3,75	3,75	3,75	4,25	5,00	2,50	4,50	13,50	17,00	4,25	4,23
Morro Agudo -----	3,25	2,00	3,00	2,00	4,50	2,00	2,50	1,00	13,25	7,00	1,75	1,74
Avaré -----	2,25	2,50	4,00	2,75	3,00	1,25	2,75	2,75	12,00	9,25	2,31	2,40
P. Barretos -----	3,00	3,50	4,50	4,50	2,75	4,00	3,00	3,25	13,25	15,25	3,81	3,80
Acadian -----	3,00	1,00	3,25	2,50	4,50	3,00	3,25	3,00	14,00	9,50	2,37	2,29
La 41-1219 -----	3,50	0,50	3,50	0,50	3,50	0,75	2,25	0	12,75	1,75	0,44	0,47
La 41-1219 -----	4,00	0,25	3,50	0	2,50	0	2,00	0	12,00	0,25	0,06	0,15
Manloxi -----	3,50	3,00	2,25	1,75	3,50	3,50	2,75	0,75	12,00	9,00	2,25	2,34
581 -----	3,00	1,75	3,25	1,50	4,00	2,75	3,00	1,25	13,25	7,25	1,81	1,80
R. Grande -----	4,00	2,50	3,25	2,00	3,50	2,75	3,50	1,75	13,50	9,00	2,25	2,23
N 45-3799 -----	4,25	0,50	3,50	0,50	2,00	0	3,50	0	13,25	1,00	0,25	0,24
675 -----	3,50	2,50	1,50	1,50	3,25	2,00	4,00	2,50	12,25	8,50	2,12	2,19
29 -----	3,00	0,50	4,00	1,75	4,25	2,75	3,75	1,25	15,00	6,25	1,56	1,41
Totais -----	75,50	41,25	75,75	44,75	75,75	50,25	63,00	37,50	290,00	173,75	-----	-----

QUADRO 2.—Análise das somas de quadrados e produtos

Fonte de variação	G. L.	Soma de quadrados		Soma de produtos <i>Sxy</i>
		<i>Sxx</i>	<i>Syy</i>	
Total	87	47,44	125,63	14,17
Entre blocos	3	5,47	4,00	3,47
Entre variedades	21	4,91	95,64	-1,22
Erro	63	37,06	25,99	11,92

Esse coeficiente de regressão representa uma média ponderada dos coeficientes de regressão y sobre x dentro de cada variedade, depois da eliminação da variação existente entre os blocos. O peso para cada coeficiente de regressão é dado por Sxx , correspondente a cada variedade.

Tendo-se o coeficiente de regressão $b=0,322$ puderam ser feitas as correções nos pontos médios das variedades, pela fórmula :

$$\bar{y}_c = \bar{y} - b(\bar{x} - \bar{\bar{x}})$$

onde

\bar{y}_c é o ponto médio corrigido de uma variedade.

\bar{y} é o ponto médio observado da mesma variedade.

b é o coeficiente de regressão de y sobre x .

\bar{x} é o ponto médio da testemunha correspondente.

$\bar{\bar{x}}$ é o ponto médio da testemunha, baseado em tôdas as observações.

Os pontos médios de variedades corrigidos para o efeito da regressão são dados na última coluna do quadro 1.

2.2 - ESTIMATIVA RESIDUAL DO ÊRRO

Na componente erro da análise de Syy foi incluído o efeito da regressão de y sobre x .

Eliminou-se essa parte da variação devida à regressão, subtraindo a quantidade :

$$b Sxy = \frac{(Sxy)^2}{Sxx} = \frac{(11,92)^2}{37,06} = 3,83$$

E a soma de quadrados residual do erro é dada por :

$$Syy(\text{erro}) - b Sxy = 25,99 - 3,83 = 22,16$$

com 62 graus de liberdade.

A soma de quadrados residual ficou com 62 graus de liberdade, devido à inclusão de mais um parâmetro β , cuja estimativa é dada por b .

Notou-se uma redução no erro de 13%, quando se eliminou a porção da variação devida à regressão.

2.3 - TESTE DE SIGNIFICÂNCIA

Os testes de significância ficaram mais complexos na análise da covariância, devido à correção feita nas médias das variedades para o efeito da regressão. O valor b usado para a referida correção é uma estimativa do parâmetro β e, por conseguinte, sujeito a erros de amostragem. Em vista disso, foi preciso levar em conta a variância de b nos testes a serem feitos.

2.3.1. - TESTE DE T

A estimativa da diferença entre duas médias corrigidas é dada por :

$$\begin{aligned}\bar{y}_{1c} - \bar{y}_{2c} &= [\bar{y}_1 - b(\bar{x}_1 - \bar{x})] - [\bar{y}_2 - b(\bar{x}_2 - \bar{x})] \\ \bar{y}_{1c} - \bar{y}_{2c} &= \bar{y}_1 - \bar{y}_2 - b(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)\end{aligned}$$

E a estimativa da variância dessa diferença é dada por :

$$\begin{aligned}V(\bar{y}_{1c} - \bar{y}_{2c}) &= V\bar{y}_1 + V\bar{y}_2 + (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2 V(b) \\ V(\bar{y}_{1c} - \bar{y}_{2c}) &= s_r^2 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) + (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2 \frac{s_r^2}{S_{xx}} \\ V(\bar{y}_{1c} - \bar{y}_{2c}) &= s_r^2 \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{S_{xx}} \right]\end{aligned}$$

A quantidade " t ", cuja distribuição é conhecida, é dada por :

$$t = \frac{\bar{Y}_{1c} - \bar{Y}_{2c}}{\sqrt{\left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{S_{xx}} \right] S_r^2}}$$

onde

$\bar{y}_{1c} - \bar{y}_{2c}$: são duas médias corrigidas quaisquer de variedades.

s_r^2 : quadrado médio residual do erro (igual a 0,36).

\bar{x}_1 e \bar{x}_2 : são médias da testemunha correspondente às variedades.

S_{xx} : soma de quadrado de x da componente erro (igual a 37,06).

r_1 e r_2 : número de canteiros que contribuem para cada média.

Na análise em questão, pode-se desprezar a quantidade debaixo do radical $\frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{S_{xx}}$, correspondente à variância de b , por ser muito pequena

e não alterar a estimativa do desvio padrão da diferença entre duas médias corrigidas.

Vê-se que a diferença para ser significativa, deve satisfazer a condição :

$$\bar{y}_{1c} - \bar{y}_{2c} \geq t \sqrt{(1/r_1 + 1/r_2)s_r^2}$$

sendo o valor de "t" igual a 2,00 para o nível de probabilidade de 5%, correspondente aos 62 graus de liberdade do erro.

No presente trabalho, duas variedades, de números 15 e 3, estão repetidas, oito e doze vêzes, respectivamente, e as demais, quatro vêzes. Neste caso, é mais conveniente verificar a significância entre as médias, usando-se os respectivos intervalos de confiança.

Tem-se, assim :

$$\mu = \bar{x} \pm t s_{\bar{x}}$$

onde μ é um parâmetro (média da população), do qual \bar{x} é uma estimativa, obtida a partir dos dados da experiência ; o valor de t (1,289) é encontrado na tabela correspondendo a P=0,20 e 62 graus de liberdade (3).

Para determinar os intervalos de confiança, multiplica-se o desvio padrão de cada média

$$\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right) \text{ pelo valor de } t (1,289)$$

Os limites da média são dados somando e subtraindo essa quantidade das médias corrigidas.

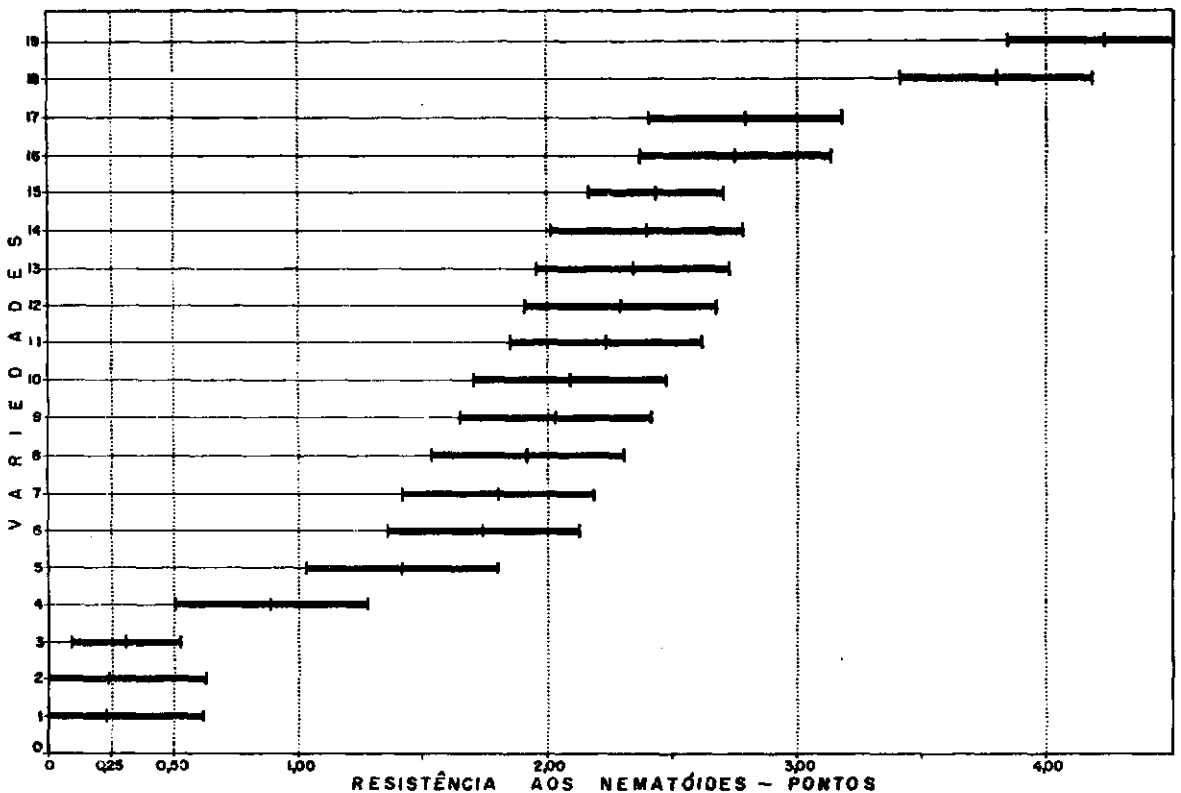


FIGURA I. — Média dos pontos segundo a resistência das variedades de soja aos nematóides das galhas e respectivos intervalos de confiança.

Os intervalos são representados gráficamente na figura 1. Aproximadamente, pode-se dizer que a probabilidade é de 80% de que o valor verdadeiro esteja dentro do intervalo indicado e que, quando dois intervalos se superpõem, as duas variedades correspondentes não são significativamente diferentes.

Os pontos médios dados a cada variedade podem ser reunidos na ordem decrescente de acôrdo com a seguinte relação :

VARIETADE	Valores médios dos pontos
1 — Palmeto	0,23
2 — N 45 — 3799	0,24
3 — La 41-1219	0,31
4 — Oototan	0,89
5 — 29	1,41
6 — Morro Agudo	1,74
7 — 581	1,80
8 — Arksoy	1,91
9 — M. Yellow	2,13
10 — 675	2,19
11 — R. Grande	2,23
12 — Acadian	2,29
13 — Manloxi	2,34
14 — Avaré	2,40
15 — 455	2,44
16 — 482	2,75
17 — Chosen	2,80
18 — P. Barreto	3,80
19 — Georgian	4,23

Na figura 1 as diferenças podem ser interpretadas mais facilmente.

2.3.3 - TESTE F

Este teste também foi modificado na análise da covariância e é dado pelo quociente de duas variâncias corrigidas para o efeito da regressão.

O teste foi feito eliminando-se da variação total a componente entre blocos. Considerou-se um novo total, dado pela soma (*variedades*+*erro*).

Eliminou-se a contribuição devida à regressão nas linhas (*variedades*+*erro*) e erro pela fórmula :

$$S.Q. \text{ regressão} = \frac{(Sxy)^2}{Sxx}$$

Obtiveram-se as estimativas, livres do efeito da regressão, perdendo em cada caso 1 grau de liberdade.

A soma de quadrado residual para variedade foi obtida por subtração do *total* — *erro* :

$$118,91 - 22,16 = 96,75$$

Esta soma de quadrados conserva o mesmo número de graus de liberdade.

No quadro 3 foram reunidas as variâncias corrigidas para o efeito da regressão.

QUADRO 3.—Análise da covariância ; variâncias corrigidas para o efeito da regressão

Fonte de variação	G. L.	Soma de quadrados		Soma de produtos S_{xy}	G. L.	Soma de quadrados residual	Quadrado médio residual
		S_{xx}	S_{yy}				
Entre variedades -----	21	4,91	95,64	-1,22	21	96,75	4,60
Êrro -----	63	37,06	25,99	11,92	62	22,16	0,36
Total (Variedades + Êrro) ..	84	41,97	121,63	10,70	83	118,91	-----

O teste F para os pontos médios corrigidos de variedades é dado pela razão dos dois quadrados médios.

$$F = \frac{4,60}{0,36} = 12,77$$

para 21 e 83 graus de liberdade:

O valor encontrado para F é altamente significativo.

3 - RESUMO E CONCLUSÕES

Apresenta-se, neste artigo, a análise estatística de uma experiência com 22 variedades de soja, instalada na Estação Experimental Central de Campinas, com o objetivo de determinar a resistência dessas variedades aos nematóides das galhas das raízes, e descrita no artigo anterior desta revista.

Em cada canteiro, foi plantada uma variedade testemunha (Abura), a fim de estimar o grau de infestação do solo por nematóides produtores de galhas das raízes.

A variedade e a testemunha de cada canteiro receberam pontos subjetivos numa escala de 0 a 5; 0 para ausência de infestação e 5 para infestação máxima encontrada.

Considerando y como o ponto da variedade e x como o ponto da testemunha, foi possível, utilizando-se a análise da covariância, eliminar da variação dos dados experimentais, a variação correlacionada com a da testemunha.

Com esta análise, o êrro experimental foi reduzido de 13%. A redução seria maior se dentro dos blocos houvesse maior diferença de infestação por nematóides, o que seria indicado pela variação da testemunha.

SUMMARY

This paper describes the statistical analysis of an experiment with 22 soybean varieties, carried out at the Campinas Central Experimental Station, in order to test their resistance to root knot nematodes.

The same check variety (Abura) was planted in each plot in order to estimate the infestation of the soil by nematodes.

Subjective scores have been ascribed to each plot and to the check variety from 0 to 5, a score 5 to the varieties with highest incidence of nematodes. Two observations were made at intervals of 60 and 90 days after germination. The averages of these scores were used for the statistical analysis.

Considering y as the variety score and x as the check variety score, it was possible by means of covariance analysis to eliminate from the experimental data the variation correlated with the variation of the check variety. With this analysis, the error variance was reduced by 13%.

LITERATURA CITADA

1. **Gomes da Silva, J., L. G. E. Lordello e Shiro Miyasaka.** Observações sobre a resistência de algumas variedades de soja ao nematóide das galhas. *Bragantia* 12: 59-64 — 1952.
2. **Cochran, W. G. e G. M. Cox.** *Em* Experimental designs, pág. 74-81. John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1950.
3. **Stevens, W. L.** Análise estatística do ensaio de variedade de café. *Bragantia* 9: 103-123. 1949.