

DISPOSIÇÃO SISTEMÁTICA DOS CANTEIROS

SUA INFLUÊNCIA SÔBRE A ESTIMATIVA DO ÊRRO EXPERIMENTAL

A. CONAGIN

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

1 - INTRODUÇÃO

Um dos métodos mais eficientes de disposição de canteiros na experimentação agrícola é a disposição em quadrados latinos, onde cada tratamento aparece uma só vez em cada linha ou coluna e onde o número de repetições é igual ao de tratamentos. Dêsse modo é possível eliminar as diferenças de fertilidade devidas às linhas e colunas, diminuindo o êrro experimental e, portanto, aumentando a eficiência do experimento.

Com o objetivo de eliminar a parte sistemática da variação do campo e também visando melhores distribuições dos tratamentos dentro do quadrado, de forma que tornasse mínimas as diferenças de solo entre os tratamentos, foram usados, há já algum tempo, certos casos especiais de quadrados latinos, o quadrado do tipo em "L" *knight's move*, e o quadrado no qual os tratamentos ocupavam as diagonais. Êste último foi considerado menos eficiente na compensação das manchas de fertilidade, não eliminadas pelas linhas e colunas.

Procurando conciliar o aumento de eficiência dessas disposições em quadrado com as condições teóricas requeridas para uma estimativa válida do êrro experimental, Fisher (1), em um estudo sôbre os vários tipos de disposições em quadrado, chegou à conclusão de que só se pode obter uma estimativa justa do êrro quando o delineamento em quadrado fôr obtido por sorteio, dentre todos os quadrados latinos possíveis.

Visando avaliar até que ponto as conclusões de Fisher se mantinham na prática, Tedin (2) efetuou um estudo comparativo entre algumas disposições sistemáticas, em "L" e em diagonal, com as obtidas por sorteio, utilizando vários ensaios de uniformidade. Nesses ensaios, cada campo foi plantado com uma única variedade de planta, e a heterogeneidade do solo foi avaliada a partir da colheita feita sob a forma de um grande número de pequenos canteiros. Suas investigações mostraram que o uso de planos sistemáticos introduz um vício (*bias*) na estimativa do êrro experimental. As disposições em "L" determinaram superestimativas, enquanto que as disposições em diagonal forneceram subestimativas do êrro experimental. Êsse autor chegou ainda à conclusão de que, de modo geral, o efeito de uma certa disposição é independente das condições do experimento.

A presente pesquisa foi efetuada com a finalidade de conhecer o comportamento das disposições sistemáticas e casuais em quadrado 5 x 5, em nossas condições. Verificadas as mesmas variações encontradas em outras regiões, onde pesquisas dessa natureza vêm sendo realizadas, tornar-se-ia possível também aplicar ao nosso meio os delineamentos utilizados com sucesso nessas regiões.

2 - MATERIAL E MÉTODO

Em 1947, foi instalado e colhido, na Estação Experimental Central do Instituto Agrônômico, um ensaio de uniformidade feito com trigo, sendo utilizada a variedade "Puza 4". A área do ensaio foi dividida em 3600 canteiros de 1,40 x 0,60 m, constando o campo de 60 x 60 canteiros.

Nesse estudo, as disposições em quadrado 5 x 5 foram as seguintes :

D — 1	D — 2	D — 3	D — 4
3 4 5 1 2	2 1 5 4 3	2 3 4 5 1	1 5 4 3 2
5 1 2 3 4	4 3 2 1 5	3 4 5 1 2	2 1 5 4 3
2 3 4 5 1	1 5 4 3 2	4 5 1 2 3	3 2 1 5 4
4 5 1 2 3	3 2 1 5 4	5 1 2 3 4	4 3 2 1 5
1 2 3 4 5	5 4 3 2 1	1 2 3 4 5	5 4 3 2 1
D — 5	D — 6	D — 7	D — 8
3 1 2 4 5	4 3 1 5 2	5 4 1 2 3	3 2 1 4 5
4 5 1 3 2	1 5 2 3 4	4 2 3 1 5	5 4 3 1 2
2 4 3 5 1	5 2 4 1 3	3 1 4 5 2	4 1 2 5 3
1 3 5 2 4	2 1 3 4 5	2 3 5 4 1	1 3 5 2 4
5 2 4 1 3	3 4 5 2 1	1 5 2 3 4	2 5 4 3 1
D — 9	D — 10	D — 11	D — 12
4 3 1 5 2	1 2 4 5 3	5 3 1 2 4	4 5 2 3 1
5 1 3 2 4	2 5 3 1 4	1 4 3 5 2	5 2 3 1 4
1 5 2 4 3	5 3 2 4 1	2 1 5 4 3	2 4 1 5 3
2 4 5 3 1	3 4 1 2 5	3 2 4 1 5	3 1 4 2 5
3 2 4 1 5	4 1 5 3 2	4 5 2 3 1	1 3 5 4 2

As disposições de números 1 e 2 são em "L", as de número 3 e 4, em diagonal, as sete seguintes, números 5 a 11, foram obtidas por sorteio e a de número 12 é uma disposição que apresenta uma característica especial, com a qual Tedin (2) efetuou outra parte do seu estudo e que não teve interesse no presente caso.

Para a análise dos dados dêste trabalho, o campo de trigo foi considerado como sendo formado de quatro partes e, em cada parte, foram sorteadas, ao acaso, dez regiões, nas quais foram superpostas as doze disposições de Tedin. Outras dez regiões foram também sorteadas, unicamente para as quatro primeiras disposições. Os canteiros adotados foram de dimensões 5,60 x 1,20 m.

Na análise da variância de um delineamento em quadrado latino 5 x 5, a decomposição da soma dos quadrados dos desvios deve ser feita segundo o quadro 1.

QUADRO 1.— Análise da variância de um delineamento em quadrado latino 5 x 5

Fontes da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade
Total	$\sum(x - \bar{x})^2$	24
Entre linhas	$5 \sum(\bar{x}_1 - \bar{x})^2$	4
Entre colunas	$5 \sum(\bar{x}_c - \bar{x})^2$	4
Entre tratamentos	$5 \sum(\bar{x}_t - \bar{x})^2$	4
Erro experimental		12

O estudo efetuado neste trabalho procurou avaliar a eficiência das disposições na eliminação da porção da heterogeneidade do solo, não eliminada pelas linhas e colunas. Para isso adotou-se o coeficiente “tratamento-erro”, que é justamente uma percentagem da soma dos quadrados dos tratamentos em relação à soma dos quadrados dos tratamentos, acrescida da soma dos quadrados do erro experimental. Essa estatística tem uma distribuição relacionada com a distribuição $e^{2z} = F$, sendo 25 o valor médio do coeficiente tratamento-erro.

3 - RESULTADOS OBTIDOS

Os valores dos coeficientes “tratamento-erro” obtidos, são apresentados no quadro 2. Êsses valores já se encontram classificados, constando essa classificação de dez classes, cada uma delas correspondendo a 10% da distribuição esperada.

QUADRO 2.— Classificação dos coeficientes “tratamento-erro” em classes, cada uma delas abrangendo 10% da distribuição esperada

Disposição	0	7,89	11,96	15,60	19,17	22,86	26,86	31,44	37,10	45,27
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	7,88	11,95	15,59	19,16	22,85	26,85	31,43	37,09	45,26	100,0
1	10	9	8	9	9	4	10	9	9	3
2	13	5	8	6	6	11	8	10	7	6
3	4	3	11	10	9	5	6	16	8	8
4	5	9	5	6	10	11	8	7	9	10
5	2	5	3	2	7	5	4	6	1	5
6	4	8	3	4	3	3	4	4	4	3
7	4	4	3	4	5	3	5	4	4	4
8	6	2	6	2	4	7	2	5	4	2
9	3	1	6	4	3	5	1	7	5	5
10	3	1	4	6	7	4	5	3	5	2
11	5	3	5	4	3	7	4	4	4	1
12	2	5	8	1	3	7	1	1	5	7
1+2	23	14	16	15	15	15	18	19	16	9
3+4	9	12	16	16	19	16	14	23	17	18
5+...+ 11	27	24	30	26	32	34	25	33	27	22

A análise da variância dos coeficientes “tratamento-erro” acha-se no quadro 3.

QUADRO 3.—Análise da variância dos coeficientes “tratamento-erro”

Fonte da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F
Total	125066,19	639		
Entre disposições	2140,42	11	194,58	0,99
Entre campos	503,47	3	167,82	0,86
Interação	6548,32	33	198,43	1,01
Resíduo	115873,98	592	195,73	

Os vários componentes, como um todo, não foram significativos.

Visando avaliar a natureza do vício apresentado pelos diferentes tipos de disposição, efetuaram-se testes de t da média das disposições 1+2, 3+4 e 5+6+7+8+9+10+11, em relação ao valor médio esperado, 25.

$$\bar{x}_{1+2} = 23,384 ; \bar{x}_{3+4} = 27,003 ; \bar{x}_{5+\dots+11} = 25,023$$

$$t = (23,384 - 25) / \sqrt{(195,733)/160} = -1,461 \quad (P=0,07)$$

$$t = (27,003 - 25) / \sqrt{(195,733)/160} = 1,811 \quad (P=0,04)$$

$$t = (25,023 - 25) / \sqrt{(195,733)/280} = 0,0275 \quad (P=0,80)$$

Torna-se evidente a existência de um vício para as disposições em “L” e em diagonal. Os dois primeiros testes foram feitos considerando-se somente uma das caudas da distribuição de t . Tais resultados concordam com os obtidos por Tedin.

Na relação seguinte, preparada por Tedin, pode-se ter idéia da extensão do vício dos diferentes valores médios dos coeficientes “tratamento-erro”. Nessa relação, para um certo valor médio do coeficiente “tratamento-erro” é dada a probabilidade exata correspondente ao nível de 5%.

COEFICIENTE “TRAT.-ERRO”	Probabilidade exata	COEFICIENTE “TRAT.-ERRO”	Probabilidade exata
20	0,030	26	0,057
21	0,034	27	0,064
22	0,039	28	0,070
23	0,043	29	0,076
24	0,047	30	0,083
25	0,050		

Admitindo-se o valor 23 para o valor médio da disposição em “L” e 27 para a disposição em diagonal, os erros cometidos seriam respectivamente de 0,007 e 0,014. Com a disposição em diagonal, a hipótese de nulidade seria rejeitada, em média, 1,4% mais vezes do que esperado habitualmente.

Para mostrar o grau de concordância entre os valores obtidos e os esperados, (10% do total para cada classe), apresenta-se, na parte inferior do quadro 2, um resumo das disposições. Com êstes dados se torna mais fácil efetuar os testes de χ^2 para as disposições em "L", diagonal, e as obtidas por sorteio.

$$\text{Para } 1+2 \quad \chi^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{\bar{x}} = 118/16 = 7,375 \quad (P=0,60)$$

$$\text{Para } 3+4 \quad \chi^2 = 132/16 = 8,250 \quad (P=0,55)$$

$$\text{Para } 5+\dots+11 \quad \chi^2 = 148/28 = 5,286 \quad (P=0,80)$$

Houve, portanto, boa concordância entre os valores observados e os esperados para as diferentes disposições.

4 - RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi efetuado com um ensaio de uniformidade de trigo, visando comparar os resultados obtidos nas nossas condições com os obtidos por Tedin.

Foi determinado o comportamento de vários delineamentos em quadrado 5 x 5 na análise da variância. Os resultados permitem tirar as seguintes conclusões :

- a) a concordância entre os valores esperados e os encontrados é muito boa nos delineamentos em quadrados latinos obtidos por sorteio ;
- b) verificou-se a existência de vício, quando são utilizados os delineamentos sistemáticos em "L" e em diagonal.

Os resultados mostram que, nas condições do nosso experimento, os quadrados sistemáticos sofrem as mesmas desvantagens já evidenciadas em outras regiões.

SUMMARY

This paper describes the results of superimposing certain types of 5 x 5 latin squares on a wheat uniformity trial.

The purpose was to investigate the bias in the estimate of error when certain systematic squares (knight's move and diagonal) are chosen and to compare the results under conditions in Brazil with those obtained by Tedin in a similar investigation.

The following conclusions are drawn :

- a) when latin squares are chosen by a random process, as recommended by Fisher, the observed distribution of the variance ratio of "treatments" compared with error is in agreement with that given by theory ;
- b) the estimation of error variance is biased when systematic squares are employed. In agreement with Tedin, we find that the knight's move square furnishes an overestimate, and the diagonal square an underestimate of error variance.

The results show that, under the conditions of our trial, the systematic squares suffer from the same disadvantages which have been noted elsewhere.

LITERATURA CITADA

1. Fisher, R. A. The arrangement of field experiments. Capítulo 17. *Em Contributions to Mathematical Statistics*, (pág. 503-513), John Wiley & Sons, New York, 1950.
2. Tedin, O. The influence of sistematic plot arrangement upon the estimate of error in field experiments. *Journal of Agricultural Science* 21 : 191-208. 1931.