

Análise Conjunta de Experimentos

Na experimentação agrícola é frequente a instalação de grupos de ensaios, todos com a mesma estrutura, porém em anos e/ou locais distintos, visando a obtenção de conclusões mais abrangentes.

Cada experimento nos permite tirar conclusões sobre o local onde foi instalado. Esses ensaios individuais devem ser o mais simples possível, procurando atender bem aos objetivos a que se destinam e, geralmente, são feitos nos delineamentos inteiramente casualizados ou em blocos casualizados. Todos os ensaios individuais devem apresentar os mesmos tratamentos e, sempre que possível, o mesmo número de repetições.

Exemplo, vamos supor que queremos fazer competição de cultivares de soja em diferentes locais, visando obter conclusões generalizadas para toda a região (por exemplo, região de Ribeirão Preto).

Os ensaios individuais podem utilizar um menor número de repetições.

Obtidos os dados experimentais, procedemos às análises individuais de cada experimento para tirarmos as conclusões locais.

A seguir, devemos agrupar esses experimentos, para proceder à análise conjunta. O agrupamento dos experimentos poderá ser feito adotando-se diversos critérios, dentre os quais, a título de exemplificação, citamos:

1 - fatores físicos, como tipo de solo, topografia e práticas agrícolas;

2 - ano agrícola: devem ser reunidos sempre ensaios realizados no mesmo ano agrícola, devido às diferenças climáticas de ano para ano;

3 - ordem de grandeza dos quadrados médios residuais das análises individuais: a esse respeito, é recomendado:

que sejam considerados em um mesmo grupo ensaios cujos quadrados médios residuais não ultrapassem uma relação aproximadamente 7: 1.

Satisfeitas essas condições, podemos passar às análises conjuntas. Sendo assim: Vamos supor que estamos com 10 ensaios individuais, cada um com 6 tratamentos e 4 repetições no delineamento em blocos casualizados. Se trabalharmos com os dados originais ou com os totais de tratamentos dos ensaios individuais, os esquemas de análise de variância serão:

Ensaio Individuais		Análise Conjunta	
Causas de Variação	GL	Causas de Variação	GL
Tratamentos	5	Blocos dentro Experimentos	30
Blocos	3	Tratamentos (T)	5
Resíduo	15	Experimentos (E)	9
Total	23	Interação Tx E	45
		Resíduo Médio	150
		Total	239

Normalmente, na análise conjunta não consideramos o componente Blocos dentro de Experimentos, que não apresenta interesse prático. Deste modo, o Total também não tem interesse e o número de graus de liberdade do Resíduo Médio é obtido pela soma dos graus de liberdade dos resíduos das análises individuais. No exemplo, o Resíduo Médio possui $10 \times 15 = 150$ graus de liberdade.

Procedimentos para análise dos dados

Num estudo sobre adubação nitrogenada em cana de açúcar, conduzido na Coordenadoria Regional Norte – CNOR (PLANALSUCAR), os dados coletados em 2009 são apresentados .

N	Blocos	USINAS			
		Estivas	Santa Tereza	União e Indústria	Santa Helena
0	1	109,30	87,45	95,60	68,00
	2	124,00	115,12	101,00	47,00
	3	100,00	93,10	98,50	78,00
45	1	118,00	112,30	115,00	104,00
	2	141,60	91,30	109,00	78,00
	3	117,70	125,65	97,50	87,00
90	1	117,70	108,00	83,00	128,00
	2	127,20	156,70	11,50	65,00
	3	116,50	93,10	114,00	84,00
135	1	122,50	108,00	111,00	89,00
	2	114,60	99,75	140,00	88,50
	3	129,00	135,40	83,50	60,00
180	1	126,60	103,20	130,00	74,00
	2	112,00	113,00	119,00	82,00
	3	123,60	158,50	87,50	67,00
Totais		1800,30	1700,57	1496,10	1199,50

QUADRO 1 - Análise de variância para a Usina Estivas

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	352,0573	88,0143	0,83 ^{NS}
Blocos	2	117,0760	58,5380	0,56 ^{NS}
Resíduo	8	843,5107	105,4388	-
Total	14	1.312,6440	-	-

QUADRO 2 - Análise de variância para a Usina Santa Te_{re}za.

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	1.203,8330	300,9583	0,49 ^{NS}
Blocos	2	777,7961	388,8981	0,63 ^{NS}
Resíduo	8	4.900,3245	612,5406	-
Total	14	6.881,9536	-	-

QUADRO 3 - Análise de variância para a Usina União e Indústria.

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	411,3227	102,8307	0,35 ^{NS}
Blocos	2	992,0013	496,0007	1,69 ^{NS}
Resíduo	8	2.343,6053	292,9507	-
Total	14	3.746,9293	-	-

QUADRO 4 - Análise de variância para a Usina Santa He_{le}na.

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	1.571,4000	392,8500	1,32 ^{NS}
Blocos	2	1.221,0333	610,5167	2,05 ^{NS}
Resíduo	8	2.380,8000	297,6000	-
Total	14	5.173,2333	-	-

Antes de proceder à análise conjunta, devemos examinar os quadrados médios residuais das análises individuais, para verificar se eles estão numa relação aproximada 7:1. No caso, temos:

QMR1	105,4388
QMR2	612,5406
QMR3	292,9507
QMR4	297,6000

Como não existe uma discrepância muito grande entre eles (a relação ultrapassa 5:1), podemos proceder à análise conjunta, do modo seguinte:

Uma forma mais precisa é o teste da homogeneidade das variâncias residuais, pois a análise conjunta será realizada apenas em ambientes cujas variâncias residuais sejam homogêneas. Sendo assim o teste, mais utilizado é o F máximo de Hartley (1950), dado por:

$$F_m = \frac{QMR_{(maior)}}{QMR_{(menor)}}$$

Aplicando-se o teste para k variâncias independentes, o valor obtido é comparado com o da tabela com k e n' graus de liberdade, sendo n' o número de graus de liberdade associados as variâncias residuais a serem comparadas. Para o exemplo em consideração obtêm-se:

$$F_m = \frac{612,5406}{105,4388} = 5,81$$

Como **Pvalue= 0,020839** não se rejeita a hipótese de que existe homogeneidade entre as variâncias residuais.

Como a hipótese nula foi aceita podemos agrupar os experimentos para analisar a existência de interação entre Níveis de N x Local.

Cálculo do Fator de correção

$$G = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{ijk} = 109,30 + 124,00 + \dots + 67,00$$
$$= 6.296,47$$

o índice k refere-se às usinas ou locais.

$$C = \frac{G^2}{IJK} = \frac{6.296,47^2}{5 \times 3 \times 4} = 660.758,9077$$

Cálculo da Soma de Quadrado Total

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{ijk}^2 = 109,30^2 + 124,00^2 + \dots + 67,00^2$$
$$= 691.738,3519$$

$$S.Q.Total = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{ijk}^2 - C = 30.979,4442$$

Para cálculo das outras Somas de Quadrado devemos organizar um quadro auxiliar que relaciona os tratamentos, locais ou usinas. Assim temos o seguinte quadro:

(3)	LOCAL 1	LOCAL 2	LOCAL 3	LOCAL 4	TOTAIS
N_0	333,30	295,67	295,10	193,00	1.117,07
N_1	377,30	329,25	321,50	269,00	1.297,05
N_2	361,40	357,80	308,50	277,00	1.304,70
N_3	366,10	343,15	334,50	237,50	1.281,25
N_4	362,20	374,70	336,50	223,00	1.296,40
TOTAIS	1.800,30	1.700,57	1.596,10	1.199,50	6.296,47

Deste Quadro Obtemos

$$\begin{aligned} \text{S.Q.Trat} &= \frac{1}{JK} \sum_{i=1}^I T_i^2 - C \\ &= \frac{1}{12} (1.117,07^2 + \dots + 1.296,40^2) - C \\ &= 2.131,1506 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.Q.Locais (Usinas)} &= \frac{1}{IJ} \sum_{k=1}^K L_k^2 - C \\ &= \frac{1}{15} (1.800,30^2 + \dots + 1.199,50^2) - C \\ &= 13.864,6840 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S.Q. T,L &= \frac{1}{J} \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K (T_i L_k)^2 - C \\
 &= \frac{1}{3} (333,30^2 + \dots + 223,00^2) - C \\
 &= 17.403,2970
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S.Q. T \times L &= S.Q. T,L - S.Q. Trat - S.Q. Locais \\
 &= 1.407,4624
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S.Q. Blocos d. Locais &= S.Q. B1 d. L_1 + S.Q. B1 d. L_2 + \\
 &\quad + S.Q. B1 d. L_3 + S.Q. B1 d. L_4 \\
 &= 117,0760 + 777,7960 + 992,0013 + 1.221,0333 \\
 &= 3.107,9066
 \end{aligned}$$

Outra forma para o cálculo da S.Q. Blocos dentro de Locais é:

$$S.Q. Blocos d. Locais = S.Q. Blocos - S.Q. Locais$$

$$\begin{aligned}
 S.Q. Res &= S.Q. R_1 + S.Q. R_2 + S.Q. R_3 + S.Q. R_4 \\
 &= 843,5107 + 4.900,3245 + 2.343,6053 + 2.380,8000 \\
 &= 10.468,2405
 \end{aligned}$$

Análise de variância conjunta dos experimento

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos d. Locais	8	3.107,9066	-	-
Tratamentos (T)	4	2.131,1506	532,7877	4,54*
Locais (L)	3	13.864,6840	4.621,5613	39,40**
Interação T×L	12	1.407,4624	117,2885	0,36 ^{NS}
Resíduo	32	10.468,2406	327,1325	-
Total	59	30.979,4442	-	-

Conclusões:

- Os níveis crescentes de nitrogênio interferem sobre a produção da cana de açúcar;
- Existe diferença de produção de uma usina para outra;
- O comportamento dos níveis de nitrogênio é o mesmo nas diferentes usinas.

Análises complementar

Decisão:

Como a interação não foi significativa devemos:

- Ajustar um modelo de regressão para os níveis de nitrogênio
- Teste de comparação múltipla para os locais (Usinas)