

DIAGRAMAS EXPERIMENTAIS DE QUADRADOS LATINOS APLICADOS EM ZOOTECNIA¹

C.R. de M. GODOI²

RESUMO - Este trabalho aborda a variação dos diagramas experimentais no caso de experimentos com confundimento. Como exemplo, cita-se o caso de quadrados latinos. São deduzidas as fontes de variação, os graus de liberdade e as esperanças matemáticas de quadrados médios de um experimento envolvendo animais, períodos, tipos de manejo, estações do ano e rações. São obtidos alguns testes de significância, exemplificando os casos aproximados.

Termos para indexação: experimentos com confundimento, fontes de variação, graus de liberdade, esperanças matemáticas.

LATIN SQUARES EXPERIMENTAL DIAGRAMS APPLIED IN ANIMAL SCIENCE

ABSTRACT - In this paper experimental diagrams are treated in confounded experiments like latin squares. As an example, an experiment with cows, periods, foods, seasons and types of management is taken. Sources of variation, degrees of freedom and mean squares expected values are obtained in a mixed model. Examples of tests of significance including approximate ones are also treated.

Index terms: confounded experiments, sources of variation, degrees of freedom, expected values.

INTRODUÇÃO

Kemphorne & Folks (1971) apresentam os diagramas experimentais aplicados a experimentos balanceados de classificação cruzada combinada com classificação hierárquica. Giesbrecht (1975) mostrou a variação desses diagramas no caso de quadrados latinos, abrindo caminho para sua extensão para outros tipos de confundimento.

Silva (1977) indica alguns casos de aplicação desses diagramas a algumas situações reais da experimentação agrônômica e casos encontrados na literatura expondo as várias regras de obtenção da análise da variância completa, em especial, as parcelas subdivididas.

Os experimentos com confundimento, em especial aqueles que confundem interações duplas com efeitos principais, como os quadrados latinos, não permitem uma aplicação direta dos diagramas experimentais.

Entretanto, através de uma variação das regras, pode-se ainda utilizar esses diagramas para a dedução das fontes de variação adequadas e sua completa análise.

MATERIAL E MÉTODOS

Considerem-se como linhas a animais (A); como colunas p períodos sucessivos (P); como tratamentos r tipos de

composição para ração (R). Admita-se que esses três fatores estejam delineados como um quadrado latino ($f = r = p$).

Repita-se esse experimento em m diferentes condições de manejo (M) e efetue-se esse experimento em e estações do ano (E).

Restrições à inferência

Considerem-se os animais amostrados de uma população de maior interesse, em outras palavras, os efeitos causados por animais serão considerados aleatórios, amostrados ou sorteados.

Os períodos serão considerados pela sua natureza fixos. As composições para ração e as condições de manejo serão fixas, as estações do ano, aleatória (Faria 1982).

Diagrama experimental

Um diagrama será elaborado a fim de refletir, de um modo inequívoco, a maneira como o experimento foi executado.

Conforme a Fig. 1, o diagrama é lido assim: animais, períodos, manejos e estações são fatores cruzados e rações se confundem com a interação A x P.

Fontes de variação

A única regra adicional presente nesses casos é o desdobramento de toda fonte de variação contendo AP em dois componentes: um devido a rações e outro, à interação pura (AP). Com essa adição e conforme, por exemplo, Silva (1977), obtêm-se as fontes de variação e respectivos graus de liberdade, expostos na Tabela 1.

As fontes de variação são as obtidas de maneira usual, conforme Silva (1977). As demais são desdobramentos das fontes que contêm a interação AP e constituem uma variação do método.

Esperança matemática dos quadrados médios

1. A cada fonte de variação corresponderá uma variância.

¹ Aceito para publicação em 12 de abril de 1984.

² Eng^o - Agr^o, Dr. Prof. Livre-docente USP/ESALQ/Dep. de Matemática e Estatística, CEP 13400 Piracicaba, SP.

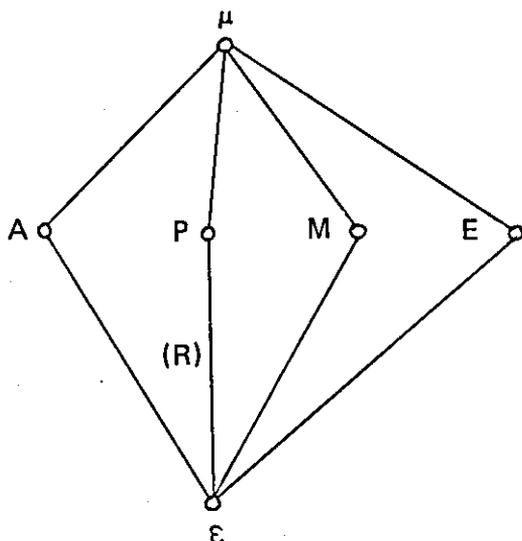


FIG. 1. Diagrama experimental.

2. A variância cujos índices contiverem todos os índices da fonte de variação, aparecerá na esperança do quadrado médio correspondente à mesma fonte de variação.

3. A fonte confundida R terá a representação dual (AP); desse modo R : μ será subconjunto de (MAP), pois (AP) o é. Do mesmo modo ER : μ é subconjunto de (EMAP):

4. As fontes que incluem (AP) serão consideradas como tais, para a regra descrita em 2.

As fontes contendo AP (sem parênteses) não são incluídas, por serem totais; servem apenas para a obtenção dos graus de liberdade e somas de quadrados das fontes contendo (AP), por diferença.

As regras descritas acima referem-se ao modelo aleatório, isto é, aplicam-se nos casos em que a inferência é extensiva às populações das quais os efeitos são apenas uma amostra. Se for limitada, como é o caso presente, a inferência, será adotado o modelo misto, que possui um quadro de esperanças de quadrados médios mais simplificado, segundo as regras seguintes: considere-se apenas o lado esquerdo de ":", e fixe-se a atenção numa fonte de variação e seu índice. Apaguem-se dos índices das variâncias encontradas na esperança, as letras aparecendo no índice da fonte de variação em questão. Se, e somente se, sobrar efeito fixo, a variância se anula.

Segundo essas regras, obtêm-se as esperanças dos quadrados médios mencionados na Tabela 2.

Testes de significância

Pelo quadro das esperanças dos quadrados médios pode-se deduzir os vários testes F para as hipóteses de nulidade das várias fontes de variação. Alguns exemplos típicos:

TABELA 1. Fontes de variação e graus de liberdade.

Fonte	G.L.
A : μ	a-1
P : μ	p-1
R : μ	r-1
(AP) : μ	(a-1)(p-1)-(r-1)
AP : μ	(a-1)(p-1)
M : μ	m-1
MA : μ	(m-1)(a-1)
MP : μ	(m-1)(p-1)
MR : μ	(m-1)(r-1)
(MAP) : μ	(m-1)(a-1)(p-1)-(m-1)(r-1)
MAP : μ	(m-1)(a-1)(p-1)
E : μ	e-1
EA : μ	(e-1)(a-1)
EP : μ	(e-1)(p-1)
ER : μ	(e-1)(r-1)
(EAP) : μ	(e-1)(a-1)(p-1)-(e-1)(r-1)
EAP : μ	(e-1)(a-1)(p-1)
EM : μ	(e-1)(m-1)
EMA : μ	(e-1)(m-1)(a-1)
EMP : μ	(e-1)(m-1)(p-1)
EMR : μ	(e-1)(m-1)(r-1)
(EMAP) : μ	(e-1)(m-1)(a-1)(p-1)-(e-1)(m-1)(r-1)
EMAP : μ	(e-1)(m-1)(a-1)(p-1)

$$a) \sigma_{A:\mu}^2 = 0 : F = \frac{QM(A:\mu)}{QM(EA:\mu)} \text{ com } (a-1) \text{ e } (e-1)(a-1) \text{ g.l.}$$

$$b) \sigma_{E:\mu}^2 = 0 : F = \frac{QM(E:\mu)}{QM(EA:\mu)} \text{ com } (e-1) \text{ e } (e-1)(a-1) \text{ g.l.}$$

$$c) \text{ Não existe teste para } \sigma_{EA:\mu}^2 = 0$$

$$d) \sigma_{EP:\mu}^2 = 0 : F = \frac{QM(EP:\mu)}{QM(EAP:\mu)} \text{ com } (e-1)(p-1) \text{ e } (e-1)(a-1)(p-1) \text{ g.l.}$$

TABELA 2. Coeficientes das variâncias na esperança dos quadrados médios.

		E(QM)																		
		σ^2																		
		(EMAP)	EMR	EMP	EMA	EM	(EAP)	ER	EP	EA	E	(MAP)	MR	MP	MA	M	(AP)	R	P	A
A : μ	(1)*				(p)		(m)			mp		(e)		(ea)	(ep)		(em)			emp
P : μ	(1)		(r)	(a)		m	m	ma				(e)					em			ema
R : μ	(1)					m	m	mr				(e)	(er)				em			emr
(AP) : μ	(1)					m						(e)					em			
M : μ	(1)		(r)	(a)	p	ap						(e)	(er)	(ea)	ep	eap				
MA : μ	(1)			a	p							(e)		ea	ep					
MP : μ	1											e								
MR : μ	1		r									e	er							
(MAP) : μ	1											e								
E : μ	(1)		(r)	(a)	(p)	(ap)	(m)	(mr)	(ma)	mp	map									
EA : μ	(1)				(p)		(m)			mp										
EP : μ	(1)			(a)			(m)		ma											
ER : μ	(1)		(r)			m	m	mr												
(EAP) : μ	(1)		(r)	(a)	p	ap	m													
EM : μ	(1)		(r)	(a)	p		m													
(EMAP) : μ	1			a	p		m													
EMR : μ	1		r																	
(EMAP) : μ	1																			

() * desaparece se E,A : aleatórios

P, M, R : fixos

Algumas fontes de variação não permitem testes de hipóteses exatos, baseados na estatística F. Nesses casos, entretanto, pode-se obter um teste aproximado (Satterthwaite 1946), por exemplo:

$$\sigma_{P:\mu}^2 = 0 : F = \frac{QM(P:\mu)}{QM(AP:\mu) + QM(EP:\mu) - QM(EAP:\mu)}$$

com $(p-1)$ e n' g.l. onde n' é o maior inteiro menor igual a n' e

$$n' = \frac{QM(AP:\mu) + QM(EP:\mu) - QM(EAP:\mu)^2}{\frac{QM(AP:\mu)^2}{(a-1)(p-1)} + \frac{QM(EP:\mu)^2}{(e-1)(p-1)} + \frac{QM(EAP:\mu)^2}{(e-1)(a-1)(p-1)}}$$

CONCLUSÕES

1. A apresentação do diagrama experimental pelo pesquisador dá a possibilidade ao estatístico de chegar inequivocamente à análise da variância mais adequada.

2. No caso de efeitos principais confundidos com interação dupla, existe uma pequena modificação que não altera muito o método geral de obtenção das fontes de variação.

REFERÊNCIAS

- FARIA, V.P. de. Efeitos de níveis de energia e de proteína sobre a fermentação do rúmen, a digestibilidade de princípios nutrientes e o desaparecimento de matéria seca de forragens na fermentação *in vitro* e em sacos suspensos no rúmen. Piracicaba, ESALQ/USP, 1982. Tese de Livre-Docência.
- GIESBRECHT, A. Notes on variance components. North Carolina, EUA, NCSU Press, 1975.
- KEMPTHORNE, O. & FOLKS, L. Probability, statistics and data analysis. Iowa, EUA, ISU Press, 1971.
- SATTERTHWAITE, F.E. An approximate distribution of estimates of variance components. Biometrics, 2:110-4, 1946.
- SILVA, J.G.C. da. A estrutura do delineamento e seu uso na especificação do esquema da análise da variação. Brasília, EMBRAPA-DMQ, 1977.