

MODIFICAÇÃO NA ANÁLISE DA VARIÂNCIA DE ENSAIOS DE PASTEJO COM BOVINOS, CONSIDERANDO OS BLOCOS DE ANIMAIS¹

FREDERICO PIMENTEL-GOMES², SALADINO GONÇALVES NUNES³,
MARLI DE BEM GOMES⁴ e JOÃO BATISTA ESMELA CURVO³

RESUMO - Novo método de análise da variância é proposto para experimentos de pastejo bovino. Em um ensaio com 18 parcelas, foram usados seis blocos de 18 animais (chamados Grupos), sendo um animal para cada parcela. A consideração dos blocos de parcelas de pastagem e dos grupos de animais, à semelhança das linhas e colunas nos ensaios em quadrado latino, permite aumentar o número de graus de liberdade do resíduo de oito para 93, com considerável acréscimo na precisão do experimento. Por outro lado, o novo método traz a possibilidade de redução do custo dos experimentos de pastejo, através da redução do número de parcelas experimentais.

Termos para indexação: delineamento de experimentos, análise da variância, ensaios de pastejo.

A NEW TYPE OF ANALYSIS OF VARIANCE FOR GRAZING EXPERIMENTS WITH BOVINES, TAKING IN ACCOUNT GROUPS OF ANIMALS

ABSTRACT - A new type of analysis of variance is suggested for grazing experiments with bovines. In an experiment with 18 plots, six blocks of 18 steers (called Groups) were used, one steer for each plot. The consideration of Groups of animals and Blocks of pasture plots, similarly to rows and columns in Latin square experiments, increases the number of degrees of freedom for error from 8 to 93, in the example discussed, with a corresponding increase in the precision of the experiment. Another consequence of the method is the possibility of reduction of the cost of grazing experiments, through the decrease of the number of plots.

Index terms: design of experiments, analysis of variance, grazing experiments.

INTRODUÇÃO

Os ensaios de pastejo com bovinos são muito caros, por exigirem grandes áreas, de dezenas de hectares, e grande número de animais. Como conseqüência, o número de repetições é quase sempre insuficiente, pequeno o número de graus de liberdade do resíduo, e escassa a precisão do experimento. No entanto, a prática usual de distribuir os animais pelas parcelas em ordem crescente de peso inicial corresponde a formar blocos de animais, que se cruzam com os blocos demarcados na pastagem. A consideração desses blocos de animais, que chamaremos grupos, poderia talvez melhorar

a estimação do Quadrado Médio do Resíduo, base indispensável para toda a análise estatística do experimento. Essa foi a hipótese de trabalho que conduziu à pesquisa descrita neste artigo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados se referem a um experimento de pastejo, do CNPGC, fatorial de 3 tipos de forrageira (*Braquiaria humidicola*, *B. ruziziensis* e *B. decumbens*) x 3 cargas animais (0,9; 1,2 e 1,5 U.A./ha), em dois blocos casualizados. Cada parcela recebeu 6 novilhos. Mas a distribuição dos novilhos (num total de 108) pelas parcelas foi feita, como é usual, a partir de seus pesos iniciais, da maneira a ser explicada. Para maior clareza, consideremos que fossem apenas 32 novilhos (em vez de 108), a serem repartidos pelas 8 parcelas (em vez de 18), em 2 blocos de 4 parcelas.

Note-se que a ordem crescente no primeiro grupo e no terceiro é da esquerda para a direita, no segundo e no quarto é da direita para a esquerda. Com este artifício, os pesos vivos totais iniciais dos animais em todas as parcelas são muito semelhantes, como se vê pelos dados da tabela.

¹ Aceito para publicação em 27 de abril de 1987.

² Eng. - Agr., Dr., Prof.-Catedrático, ESALQ/USP (aposentado), Consultor da EMBRAPA. Rua do Vergueiro, 514, Apto. 51, CEP 13400 Piracicaba, SP.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Caixa Postal 154, CEP 79100 Campo Grande, MS.

⁴ Enga. - Agra., Dra. Profa.-Assistente, ESALQ/USP.

Os pesos iniciais (em kg) foram distribuídos como a seguir, em ordem crescente:

	Primeiro bloco				Segundo bloco				
	Primeira parc.	Segunda parc.	Terceira parc.	Quarta parc.	Primeira parc.	Segunda parc.	Terceira parc.	Quarta parc.	
Primeiro grupo	151	152	153	153	154	157	162	166	1248
Segundo grupo	177	177	173	172	170	168	168	167	1372
Terceiro grupo	178	180	181	182	187	191	195	196	1490
Quarto grupo	207	206	204	204	202	201	200	198	1622
	713	715	711	711	713	717	725	727	5732

Mas com isso os animais ficam repartidos em 4 blocos de um novo tipo, que denominaremos Grupos. Teríamos, pois, dois tipos de blocos: os 2 relativos à pastagem, com 4 parcelas (16 novilhos) cada um, e os 4 relativos aos novilhos, cada um deles com 8 novilhos. É uma situação semelhante à dos quadrados latinos, em que há dois tipos de blocos (linhas e colunas), que se cruzam, de tal sorte que cada linha inclui todas as colunas, e cada coluna inclui todas as linhas.

No experimento que vamos discutir havia, pois, seis grupos de animais. Mas num deles foi perdido um animal. Para evitar o problema da parcela perdida, esse grupo foi eliminado, tendo restado 5.

Na análise tradicional (Kalil 1974), considera-se para cada parcela apenas o total relativo aos 5 animais nela contidos, nos termos do esquema seguinte.

Causa de variação	G.L.
Tratamentos (T)	8
Blocos (B)	1
Interação T x B = Resíduo	8

O Resíduo tem apenas 8 graus de liberdade, o que é pouco. Mas a consideração dos Grupos de animais nos leva ao seguinte esquema para a análise de variância.

Causa de variação	G.L.
Tratamentos (T)	8
Blocos (B)	1
Grupos (G)	4
Interação T x B	8
Interação T x G	32
Interação B x G	4
Interação B x T x G	32
Total	89

Em princípio, todas as interações com Blocos ou com Grupos devem dar Quadrados Médios utilizáveis como resíduo. Mas não se sabe se os dados concordam com essa hipótese.

Os dados utilizados constam da Tabela 1.

Comprovação do método

A análise da variância dos dados dos 5 primeiros grupos deu os resultados da Tabela 2. Ela nos mostra que realmente os quadrados médios relativos a todas as interações são bastante semelhantes. O maior deles é $QM G \times B = 919,05$, com 4 G.L., e o menor é $QM T \times G = 590,70$. Seu quociente nos dá $F(4,32) = 1,56$, que está muito longe de ser significativo. Nestas condições, é lícito recomendar o uso de um único Resíduo, com 76 G.L., para o qual teríamos:

$$QM Res. = s^2 = \frac{52.106,00}{76} = 685,61.$$

Como a média geral é $\bar{m} = 339,6$ kg, o coeficiente de variação será:

$$CV = \frac{100 \sqrt{685,81}}{339,6} = \frac{100 \times 26,18}{339,6} = 7,7\%.$$

A análise tradicional nos daria os resultados da Tabela 3. Mas esses dados não são diretamente comparáveis aos da Tabela 2, por não levarem em conta o número de novilhos por parcela (5). Se este número for considerado, teremos:

$$SQ Total^* = \frac{1}{5} \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{90},$$

em vez de:

$$SQ Total = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{18},$$

e similarmente para as outras Somas de Quadrados, isto é, cada uma delas deve ser dividida por 5. Isto nos leva à Tabela 4, cujos dados são diretamente comparáveis aos da Tabela 2. Note-se que as Somas de Quadrados e Quadrados Médios da Tabela 4 se repetem exatamente com os mesmos valores na Tabela 2, como não poderia deixar de ser.

TABELA 1. Pesos finais de novilhos de um experimento fatorial 3 x 3 de pastejo do CNPGC, com dois blocos casualizados e 6 grupos de novilhos, classificados de acordo com seu peso inicial.

1º Bloco	Tratamentos								
	BH	BR	BD	MH	MR	MD	AH	AR	AD
Grupo 1	312	312	294	282	311	288	268	265	310
Grupo 2	350	345	360	320	351	321	355	345	288
Grupo 3	341	381	368	323	324	342	343	319	334
Grupo 4	380	340	400	360	367	354	333	407	335
Grupo 5	413	362	415	387	392	356	358	357	331
Grupo 6	400	430	418	388	400	378	385	373	Y

2º Bloco	Tratamentos								
	BH	BR	BD	MH	MR	MD	AH	AR	AD
Grupo 1	316	266	340	312	303	321	318	234	300
Grupo 2	325	370	363	314	332	250	247	341	347
Grupo 3	341	396	357	360	383	330	285	362	350
Grupo 4	364	377	390	287	360	312	295	349	338
Grupo 5	362	393	397	332	365	364	390	342	381
Grupo 6	378	370	426	380	415	385	340	333	401

B = carga baixa (0,9 U A/ha)

H = *B. humidicola*

M = carga média (1,2 U A/ha)

R = *B. ruziziensis*

A = carga alta (1,5 U A/ha)

D = *B. decumbens*

TABELA 2. Análise de variância dos pesos finais de 90 novilhos, distribuídos em 2 blocos de 9 parcelas e em 5 grupos homogêneos quanto ao peso inicial, nos quais não houve perda de parcela.

Causa de variação		G.L.	S.Q.	Q.M.
Tratamentos	(T)	8	21.747,70	2.718,46
Grupos	(G)	4	57.055,30	14.263,82
Blocos	(B)	1	629,40	629,40
Interação	T x G	32	18.902,40	590,70
Interação	T x B	8	4.997,60	624,70
Interação	G x B	4	3.676,20	919,05
Interação	T x G x B	32	24.529,80	766,56
Total		89	131.538,22	

QM Resíduo = QM Interações = 685,61, com 76 G.L.

Estimação da parcela perdida

As fórmulas que se usam para estimar o dado correspondente a uma parcela perdida têm por base a minimização da Soma de Quadrados do Resíduo. Daí decorre, evidentemente, que, quando se alteram os graus de liber-

dade incluídos no Resíduo, muda a fórmula que nos dá a parcela perdida. No caso da nova análise que ora propomos, o valor Y relativo à parcela perdida é dado pela fórmula:

$$Y = \frac{tT + bB + gG - 2W}{bgt - b - g - t + 2}$$

onde:

T = total dos dados disponíveis para o tratamento referente à parcela perdida;

B = total dos dados disponíveis no bloco em que se perdeu a parcela;

G = total dos dados disponíveis no grupo em que se perdeu a parcela;

W = total de todos os dados disponíveis;

b = número de blocos;

g = número de grupos;

t = número de tratamentos.

No caso do experimento relativo à Tabela 1, temos:

T = 3.715 B = 18.571; G = 6.600; W = 37.160;
t = 9; b = 2; g = 6,

logo $Y = 386$. Colocando este valor no lugar do dado perdido, faz-se a análise da maneira indicada, com perda de um G.L. para o Resíduo, que passa a ter 92 G.L. em vez de 93 (Tabela 5).

No caso de haver duas ou mais parcelas perdidas, pode-se usar o método iterativo, que consiste no seguinte: Consideremos duas parcelas perdidas, Y_1 e Y_2 . Damos a Y_2 um valor arbitrário (geralmente próximo da média dos dados disponíveis do tratamento relativo a Y_2) e calculamos Y_1 pela fórmula já conhecida. A seguir, toma-se esse valor calculado como correto, e calcula-se Y_2 . Com o novo valor de Y_2 , calcula-se novamente Y_1 . E assim se continua, até que valores consecutivos de Y_1 e de Y_2 sejam bem similares. A convergência, em geral, se dá rapidamente. E se usarmos, então, na análise, os últimos valores obtidos para Y_1 e Y_2 .

Outras possibilidades

No delineamento que vimos na Introdução, as Parcelas e Grupos do ensaio se cruzam, de tal sorte que cada parcela inclui todos os grupos e cada grupo abrange todas as parcelas: dar-lhe-emos o nome de Delineamento Zootécnico. Mas outra possibilidade interessante consistiria em usar esse esquema separadamente para cada bloco. Neste caso, cada bloco teria g grupos, e estes grupos se cruzariam apenas com as parcelas de seu bloco respectivo. Se isto ocorresse com os dados dos grupos da Tabela 1, teríamos o seguinte esquema para a análise da variância.

Causa de variação	G.L.
Tratamentos (T)	8
Blocos (B)	1
Grupos d. Blocos (GdB)	10
Interação T x B	8
Interação T x GdB	80
Total	107

Neste caso, o Resíduo, que reúne todas as interações, teria 88 G.L., em vez de 93. A fórmula para a parcela perdida seria, neste caso,

$$Y = \frac{tT + bgG - W}{(bg-1)(t-1)},$$

onde as letras têm os mesmos significados expostos anteriormente.

Se adotarmos este tipo de análise, os dados da Tabela 1 nos dão:

TABELA 3. Análise tradicional dos dados dos mesmos 90 novilhos estudados na Tabela 2, feita com os totais dos pesos finais de 5 novilhos por parcela.

Causa de variação		G.L.	S.Q.	Q.M.
Tratamentos	(T)	8	108.740	13.592,50
Blocos	(B)	1	3.147	3.147,00
Resíduo = Interação	T x B	8	24.988	3.123,50
Total		17	136.875	

TABELA 4. Análise tradicional dos dados dos mesmos 90 novilhos estudados na Tabela 2, feita com os pesos finais de 5 novilhos por parcela, e tendo como unidade o novilho, e não a parcela.

Causa de variação		G.L.	S.Q.	Q.M.
Tratamentos	(T)	8	21.748,00	2.718,50
Blocos	(B)	1	629,40	629,40
Resíduo = Interação	T x B	8	4.997,60	624,70
Total		17	27.375,00	

T = 3.715, G = 3.172, W = 37.160, b = 2, g = 6, t = 9,

$$Y = \frac{9 \times 3.715 + 2 \times 6 \times 3.172 - 37.160}{(2 \times 6 - 1)(9 - 1)} = 390,2 \approx 390.$$

A nova análise da variância é dada na Tabela 6.

Outra possibilidade seria fazer o ensaio com um bloco só, o que nos levaria à análise seguinte.

Causa de variação	G.L.
Tratamentos (T)	8
Grupos (G)	5
Resíduo = Interação T x G	40
Total	53

Esta saída é mais satisfatória quando, como no caso em discussão, se trata de um ensaio fatorial completo, que, implicitamente, tem repetições internas (Pimentel-Gomes 1984). Neste caso, a fórmula da parcela perdida é idêntica à que se usa para ensaios em blocos casualizados:

$$Y = \frac{tT + gG - W}{(g-1)(t-1)}$$

Vantagem do novo método de análise

No caso da análise tradicional do ensaio (com 6 grupos), sem parcela perdida, a diferença mínima significativa, pelo método de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, daria

$$\Delta = q \frac{s}{\sqrt{r}} = 5,77 \frac{s}{\sqrt{12}} = 1,67 s,$$

onde tomamos q correspondente a 9 tratamentos (desprezando o esquema fatorial) e 8 G.L. para o resíduo.

Adotado o novo método, teríamos, não havendo parcela perdida, q = 4,51, para 9 tratamentos e 93 G.L. do Resíduo; logo,

$$\Delta_1 = 4,51 \frac{s}{\sqrt{12}} = 1,30 s,$$

isto é, obtemos um valor 22% menor.

Levada em conta a perda de um novilho, esses valores passam a ser:

$$\Delta = 6,00 \frac{s}{\sqrt{12}} = 1,73 s,$$

$$\Delta_1 = 4,51 \frac{s}{\sqrt{12}} = 1,30 s,$$

isto é, a redução sobe para 25%.

Considerada a estrutura fatorial, outros testes serão aplicados, mas sempre com maior eficiência para o novo método, devido ao aumento do número de G.L. do Resíduo.

TABELA 5. Análise de variância da totalidade dos dados da Tabela 1, após estimação da parcela perdida no Grupo 6.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	8	26.779,80	3.347,48	5,32
Blocos	1	1.253,93	1.253,93	1,99
Grupos	5	92.419,85	18.483,97	29,37
Resíduo	92	57.907,05	629,42	
Total	106	178.360,63		

TABELA 6. Análise da variância da totalidade dos dados da Tabela 1, considerando 6 Grupos de animais em cada bloco, e com estimação da parcela perdida no 6º Grupo do 1º Bloco.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	8	26.733,80	3.341,72	5,39
Blocos	1	1.281,34	1.281,34	2,07
Grupos d. Blocos	10	96.766,18	9.676,62	15,62
Resíduo	87	53.901,98	619,56	
Total	106	178.683,30		

REFERÊNCIAS

- KALIL, E.B. Princípios de técnica experimental com animais. Piracicaba, ESALQ, 1974.
- PIMENTEL-GOMES, F. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1984.