

DELINEAMENTO EM BLOCOS CASUALIZADOS  
COMPLETOS AUMENTADOS\*

MARIA CRISTINA STOLF NOGUEIRA\*\*  
F. PIMENTEL GOMES \*\*\*

*RESUMO*

O objetivo do presente trabalho consistiu em apresentar uma metodologia mais simples para a realização da análise de variância de experimentos em blocos casualizados completos aumentados.

INTRODUÇÃO

Delineamento aumentado é um tipo de delineamento experimental formado a partir de qualquer delineamento, pelo acréscimo de parcelas nos blocos. Foi introduzido por FEDERER (1956), no Havaí, com o objetivo de solucionar problemas encontrados ao comparar plântulas ("seedlings") e "variedades" (que melhor se chamariam clones) de cana-de-açúcar,

---

\* Seminário apresentado durante o Curso de Pós-Graduação em Experimentação e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP. Entregue para publicação em 23.11.78.

\*\* Departamento de Matemática e Estatística, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

\*\*\* Departamento de Matemática e Estatística, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

abacaxi, etc., no decorrer do desenvolvimento de um programa de melhoramento. Basicamente, os delineamentos aumentados para blocos casualizados completos e quadrados latinos, apresentam um conjunto de tratamentos comuns, repetido  $b$  vezes, e um segundo grupo de tratamentos, denominados tratamentos regulares, que aparecem uma única vez. Este delineamento possui uma gama de aplicação muito ampla, podendo ser utilizado em todos os campos onde se desejam combinar, num mesmo experimento, cultivares novos já selecionados com cultivares promissores.

Uma análise intrabloco de um grupo de experimentos em blocos casualizados completos, onde alguns tratamentos são comuns para todos os grupos, foi proposta por PIMENTEL GOMES & GUIMARÃES (1958). Estes tratamentos foram considerados como tratamentos comuns, e os demais, específicos para cada grupo, foram denominados tratamentos regulares. A análise do delineamento estudado é um caso especial de blocos incompletos equilibrados intra e inter-grupos. O conjunto dos experimentos, considerado como um delineamento usual em blocos incompletos, foi analisado conjuntamente, admitindo-se que apresentassem variâncias semelhantes.

Comparando os trabalhos desenvolvidos por FEDERER (1956) e por PIMENTEL GOMES & GUIMARÃES (1958), observa-se que há uma certa semelhança entre eles, onde cada bloco do delineamento aumentado corresponde a um experimento em blocos casualizados completos, considerado sem repetição.

A finalidade deste trabalho, é apresentar uma metodologia mais simples para a realização da análise de variância de experimentos em blocos casualizados completos aumentados.

### - ESQUEMA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Suponhamos um experimento em blocos casualizados completos aumentados, com as seguintes características:

$$t = c + z,$$

sendo que:  $t$  = número total de tratamentos;

$c$  = número de tratamentos comuns -  $y_{ij}$   
 $(i = 1, \dots, c),$   
 $(j = 1, \dots, b);$

$z$  = número de tratamentos regulares -  $y_{jg}$   
 $(j = 1, \dots, b),$   
 $(g = 1, \dots, r_j).$

$b$  = número de blocos;

$r_j$  = número de tratamentos regulares por bloco, portanto,

$$\sum r_j = z;$$

$N_j$  = número de parcelas por bloco, portanto,

$$N_j = c + r_j;$$

$N$  = número total de parcelas, portanto,

$$N = b.c + z = b.c + \sum r_j$$

### - CASUALIZAÇÃO

Hã  $b$  blocos com  $N_j$  parcelas ( $j = 1, \dots, b$ ). A casualização é efetuada da seguinte maneira: em primeiro lugar, sorteiam-se os  $c$  tratamentos comuns entre as  $N_j$  parcelas de cada bloco, e, em seguida, sorteiam-se os  $z$  tratamentos regulares entre as parcelas restantes de cada bloco.

Tabela 1 - Representação simbólica dos dados em delineamento de blocos casualizados completos aumentados.

Tratamentos comuns	Blocos				Total	Média
	1	2	...	b		
1	$y_{11}$	$y_{12}$	...	$y_{1b}$	$y_{1.}$	$\bar{y}_1$
2	$y_{21}$	$y_{22}$	...	$y_{2b}$	$y_{2.}$	$\bar{y}_2$
.	...	...	...	...	...	...
.	...	...	...	...	...	...
.	...	...	...	...	...	...
c	$y_{c1}$	$y_{c2}$	...	$y_{cb}$	$y_{c.}$	$\bar{y}_c$
Total de Blocos com tratamentos comuns	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$	...	$Y_{.b}$	$Y_{..}$	
	$y_{11}$	$y_{21}$	...	$y_{b1}$		
	$y_{12}$	$y_{22}$	...	$y_{b2}$		
	...	...	...	...		
	...	...	...	...		
	...	...	...	...		
	$y_{1r_1}$	$y_{2r_2}$	...	$y_{br_b}$		
Total de Blocos	$B_1$	$B_2$	...	$B_b$	$G$	

A análise de variância será efetuada da seguinte maneira.

Tabela 2 - Análise de variância para experimentos em blocos casualizados completos aumentados

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Blocos	$(b - 1)$	SQ B	...	...
Tratamentos ajustados	$(t - 1)$	SQ Trat. aj.	QM Trat. aj.	QM Trat. aj. / QM R
Resíduo	$(b - 1)(c - 1)$	SQ R	QM R	
Total	$(N - 1)$	SQ Total		

O cálculo para o número de graus de liberdade e soma de quadrados para o resíduo é efetuado através dos tratamentos comuns, pois, ignorando os tratamentos regulares, observa-se que eles se encontram em blocos casualizados. Procedendo o cálculo das somas de quadrados de maneira usual, teremos que:

$$SQR = SQ \text{ Parcelas} - SQ \text{ Blocos}' - SQ \text{ Tratamentos comuns,}$$

onde:

$$SQ \text{ Parcelas} = \sum_i \sum_j y_{ij}^2 - C' \quad C' = \frac{(Y_{..})^2}{b \cdot c}$$

$$SQ \text{ Blocos}' = \frac{1}{c} \sum_j Y_{.j}^2 - C'$$

$$SQ \text{ Trat. comuns} = \frac{1}{b} \sum_i y_{i.}^2 - C'$$

Tabela 3 - Análise de variância, para o cálculo da SQ R e GL R

Causa de Variação	G. L.	S. Q.
Blocos	$(b - 1)$	SQ Blocos'
Tratamentos comuns	$(c - 1)$	SQ Trat. comuns
Resíduo	$(b - 1)(c - 1) = GL R$	SQ R
Parcelas	$[(c \cdot b) - 1]$	SQ Parcelas

Voltamos ao cálculo da análise de variância para o delineamento em estudo:

$$C = \frac{G^2}{N}$$

$$SQ \text{ Total} = \sum_i \sum_j y_{ij}^2 + \sum_j \sum_g y_{jg}^2 - C$$

$$SQ \text{ B} = \frac{1}{N_j} \sum_j B_j^2 - C$$

$$SQ \text{ Trat. aj.} = SQ \text{ Total} - SQ \text{ B} - SQ \text{ R}$$

Se houver interesse em obter a significância dos efeitos para os blocos, outra alternativa da análise de variância para este delineamento será a da Tabela 4.

Tabela 4 - Outra alternativa da Análise de Variância

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Blocos ajustados	$(b - 1)$	SQ B. aj.	QM B. aj.	$\frac{QM B. aj.}{QM R}$
Tratamentos	$(t - 1)$	SQ Trat.	...	...
Resíduo	$(b - 1)(c - 1)$	SQ R	QMR	
Total	$(N - 1)$	SQ Total		

A soma de quadrados para o total e para o resí-  
duo são as mesmas calculadas acima.

$$SQ \text{ Trat.} = \left[ \left( \frac{1}{b} \right) \sum_i y_i^2 + \sum_j \sum_g y_{jg}^2 \right] - C$$

$$SQ \text{ B aj.} = SQ \text{ Total} - SQ \text{ Tratamento} - SQ \text{ Resíduo} \\ = SQ \text{ Blocos'}$$

As comparações das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey segue as seguintes regras.

1. Entre dois tratamentos comuns:

$$\hat{V}(\bar{y}_i - \bar{y}_{i'}) = 2 \text{ QM } R/b, \quad \Delta = q \sqrt{(1/2) \hat{V}(\bar{y}_i - \bar{y}_{i'})} \\ q(t, N \text{ GL Res.})$$

2. Entre os tratamentos regulares, devem-se con-  
siderar dois casos:

a. Entre tratamentos regulares, dentro do  
mesmo bloco:

$$\hat{V}(y'_{jg} - y'_{jg'}) = 2 \text{ QM } R, \quad \Delta = q \sqrt{(1/2) \hat{V}(y'_{jg} - y'_{jg'})} \\ q(t, N \text{ GL Res.})$$

b. Entre tratamentos regulares, em blocos  
diferentes:

$$\hat{V}(y'_{jg} - y'_{j'g'}) = 2 \text{ QM } R (1 + 1/c), \\ \Delta = q \sqrt{(1/2) \hat{V}(y'_{jg} - y'_{j'g'})} \\ q(t, N \text{ GL Res.})$$

3. Entre tratamentos comuns e regulares:

$$\hat{V} (\bar{y}_i - y'_{jg}) = QM R (1 + 1/c + 1/b + 1/b.c),$$

$$\Delta = q \sqrt{(1/n') \hat{V} (\bar{y}_i - y'_{jg})},$$

onde  $n' = b/(1 + 1/b + 1/c + 1/b.c)$ ,

$q(t, N \text{ GL Res.})$

As estimativas das médias dos tratamentos são obtidas da seguinte maneira:

1. Para os tratamentos comuns: Não há necessidade de efetuar o ajuste, por estarem repetidos  $b$  vezes. Calcula-se simplesmente a média aritmética dos dados respectivos. Portanto:

$$\bar{y}_i = y_{i.}/b$$

2. Para os tratamentos regulares: há necessidade de efetuar o ajuste dos dados respectivos, através da subtração de uma correção  $A_j$  ( $j = .1, \dots, b$ ) que se calcula da seguinte forma:

$$A_j = Y_{.j}/c - Y_{..}/c.b, \quad \sum_j A_j = 0.$$

Portanto o tratamento regular ajustado será:

$$y'_{jg} = y_{jg} - A_j.$$

Para melhor ilustrar a aplicação do método proposto, suponhamos hipoteticamente como exemplo um experimento de competição de "variedades" de cana-de-açúcar, com as seguintes características:

- Número total de tratamentos,  $t = 15$  "variedades" de cana-de-açúcar;
- Número de tratamentos comuns,  $c = 3$  "variedades" de cana-de-açúcar; indicadas por A, B e C;

- Número de tratamentos regulares,  $z = 12$  "variedades" de cana-de-açúcar, indicadas por d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o;
- Número de blocos,  $b = 4$ ;
- Número de parcelas por bloco,  $N_j = 6$ ;
- Número de tratamentos regulares por bloco,  $r_j = 3$ ;
- Número total de parcelas,  $N = 24$ .

Tabela 5 - Dados hipotéticos em t/ha.

"Variedades "	Blocos				Total
	1	2	3	4	
A	128	120	130	116	494
B	110	112	119	97	438
C	126	131	145	135	537
Total de Blocos com Tratamentos comuns	364	363	394	348	1.469
d	129				129
e	112				112
f	156				156
g		129			129
h		154			154
i		165			165
j			131		131
k			136		136
l			126		126
m				111	111
n				131	131
o				134	134
Total de Blocos	761	811	787	724	3.083

## - Cálculo da Soma de Quadrados para o Resíduo

Consideram-se, para tal, somente os dados referentes aos tratamentos comuns.

$$\text{SQ R} = \text{SQ Parcelas} - \text{SQ Tratamentos comuns} - \text{SQ Blocos'}$$

onde teremos, que:

$$\begin{aligned} \text{SQ Parcelas} &= (128^2 + \dots + 135^2) - 1.469^2/12 = \\ &= 1.810,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SQ Blocos'} &= (1/3)(364^2 + \dots + 348^2) - 1.469^2/12 = \\ &= 371,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SQ Trat. comuns} &= (1/4)(494^2 + \dots + 537^2) - 1.469^2/12 = \\ &= 1.232,17 \end{aligned}$$

$$\text{SQ Resíduo} = 1.810,92 - 1.232,17 - 371,59 = 207,16$$

## - Cálculo da Análise de Variância

$$\begin{aligned} \text{SQ Total} &= (128^2 + \dots + 134^2) - 3.082^2/24 \\ &= 5.677,96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SQ Blocos} &= (1/6)(761^2 + \dots + 724^2) - 3.082^2/24 = \\ &= 694,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SQ Trat. aj.} &= 5.677,96 - 694,13 - 207,16 = \\ &= 4.776,67 \end{aligned}$$

Tabela 6 - Resultados da análise de variância, com tratamentos ajustados.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Blocos	3	694,13	...	...
Tratamentos ajustados	14	4.776,67	341,19	9,88**
Resíduo	6	207,16	34,56	
Total	23	5.677,96		

Outra alternativa da análise de variância para este delineamento será a seguinte:

Tabela 7. Resultado da análise de variância, com blocos ajustados.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos ajustados	3	371,59	123,86	3,59
Tratamentos	14	5.099,21	...	...
Resíduo	6	207,16	34,56	
Total	23	5.677,96		

$$\text{SQ Trat.} = (1/4) (494^2 + 438^2 + 537^2) + 131^2 + \dots + 134^2 - 3082^2/24 = 5.099,21$$

$$\text{SQ Blocos aj.} = 5.677,96 - 207,16 - 5.099,21 = 371,59$$

Como podemos observar :

$$\text{SQ Blocos aj.} = \text{SQ Blocos}' = 371,59.$$

#### - Estimativa das Médias dos Tratamentos

1. Para os tratamentos comuns:

$$\bar{Y}_A = 494/4 = 123,40 \text{ t/ha}$$

$$\bar{Y}_B = 190,50 \text{ t/ha}$$

$$\bar{Y}_C = 134,25 \text{ t/ha}$$

2. Para os tratamentos regulares: Cálculo das correções para o ajuste das produções:

$$A_j = Y_{.j}/c - Y_{..}/c.b \quad (j = 1, \dots, b)$$

$$A_1 = 364/3 - 1.469/12 = -1,08$$

$$A_2 = 363/3 - 1.469/12 = -1,42$$

$$A_3 = 394/3 - 1.469/12 = 8,92$$

$$A_4 = 348/3 - 1.469/12 = -6,42$$

As produções ajustadas para os tratamentos regulares são as seguintes:

$$Y'_{jg} = Y_{jg} - A_j$$

$$Y'_d = Y'_{11} = 129 + 1,08 = 130,08 \text{ t/ha}$$

$$Y'_e = Y'_{12} = 112 + 1,08 = 113,08 \text{ t/ha}$$

$$Y'_f = Y'_{13} = 156 + 1,08 = 157,08 \text{ t/ha}$$

$$Y'_g = Y'_{21} = 129 + 1,42 = 130,42 \text{ t/ha}$$

$$Y'_h = Y'_{22} = 154 + 1,42 = 155,42 \text{ t/ha}$$

$$Y'_i = Y'_{23} = 165 + 1,42 = 166,42 \text{ t/ha}$$

$$Y'_j = Y'_{31} = 131 - 8,92 = 122,08 \text{ t/ha}$$

$$Y'_k = Y'_{32} = 136 - 8,92 = 127,08 \text{ t/ha}$$

$$Y'_l = Y'_{33} = 126 - 8,92 = 117,08 \text{ t/ha}$$

$$Y'_m = Y'_{41} = 111 + 6,42 = 117,42 \text{ t/ha}$$

$$Y'_n = Y'_{42} = 313 + 6,42 = 137,42 \text{ t/ha}$$

$$Y'_o = Y'_{43} = 134 + 6,42 = 140,42 \text{ t/ha}$$

## SUMMARY

## AUGMENTED DESIGNS IN COMPLETE RANDOMIZED BLOCKS

This paper object is to show an easier methodology for the variance analysis of experiments in augmented complete randomized blocks.

## LITERATURA CITADA

- FEDERER, W.T., 1956. Augmented designs. Hawaiian Planter's Record 55:191-208.
- PIMENTEL GOMES, F.; GUIMARÃES, R.F., 1958. Joint analysis of experiments in complete randomised blocks with some common treatments. Biometrics, 14: 521-526.
- PIMENTEL GOMES, F., 1978. *Curso de Estatística Experimental*, 8a. Edição, Livraria Nobel, São Paulo.

