Revista Ceres 42(242):362-390. 1995.

ANÁLISE DE CRUZAMENTOS DIALÉLICOS PARCIAIS DESBALANCEADOS[1]

José Ivo Ribeiro Júnior[2]
Carlos Alberto Scapim[2]
Cosme Damião Cruz[2]

1. INTRODUÇÃO

Os dialelos parciais envolvem a avaliação de progenitores dispostos em dois grupos, pertencentes ou não a um conjunto comum, sendo as inferências feitas para cada grupo. Esses dialelos surgiram em virtude das limitações proporcionadas pelo estudo de grande número de progenitores e suas combinações híbridas (*1*).

Os dialelos desbalanceados ocorrem quando o número de repetições, de cada progenitor e, ou, combinação híbrida, do planejamento original é variável em função de perda de parcela, limitações de sementes etc. Esta situação ocorre muitas vezes em dialelos de linhagens de autógamas em que, pela dificuldade de obtenção de F_1s, a quantidade de sementes é reduzida e em número variável (*4*).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar metodologia de análise específica para dialelos parciais desbalanceados.

2. METODOLOGIA

2.1. *Dialelos Parciais Desbalanceados com Geração F_1*

Neste caso, são avaliados pq combinações híbridas resultantes do

---

[1] Aceito para publicação em 16.11.1994.

[2] Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG. Enviar correspondência para C.D.C.

cruzamento entre p progenitores de um grupo (grupo 1) e q progenitores do outro grupo (grupo 2). A tabela dialélica ilustrativa deste exemplo é dada no Quadro 1.

QUADRO 1- Esquema de um dialelo resultante do cruzamento entre p progenitores do grupo 1 e q progenitores do grupo 2 em dialelo desbalanceado

Grupo 1/Grupo 2	1	2	...	q
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1q}
	(r_{11})	(r_{12})		(r_{1q})
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2q}
	(r_{21})	(r_{22})		(r_{2q})
...	...	...	...	...
p	y_{p1}	y_{p2}	...	y_{pq}
	(r_{p1})	(r_{p2})		(r_{pq})

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições associado a cada média.

Adaptando-se o modelo proposto por GRIFFING (*3*) para descrever as observações experimentais tem-se a caracterização apresentada a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}.$$

$i = 1, 2 \ldots p$ e $j = 1, 2 \ldots q$

em que

y_{ij} = valor médio da combinação híbrida entre o i-ésimo progenitor do grupo 1 e j-ésimo progenitor do grupo 2;

μ = média geral;

g_i = efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo progenitor do grupo 1;

g'_j = efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo progenitor do grupo 2;

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação entre progenitor de ordem i e j, do grupo 1 e 2, respectivamente; e

$\bar{\varepsilon}_{ij}.$ = erro experimental médio.

O processo de estimação de efeitos é feito por meio do método dos mínimos quadrados ponderados, o qual se baseia no seguinte princípio: seja $y = X\beta + \varepsilon$, em que

y = vetor das médias observadas em cada combinação híbrida (e também de progenitores, quando incluídos no dialelo);
X = matriz de delineamento cujos elementos são estabelecidos pelo modelo utilizado;
β = vetor de parâmetros (efeitos da média e da capacidade geral e específica de combinação) a serem estimados; e
ε = vetor de erros experimentais $\varepsilon \sim NID(\phi, D\sigma^2)$

Como D é uma matriz simétrica, real e positiva definida, então existe F tal que $D^{-1} = FF'$. Sendo D uma matriz diagonal, tem-se que F é a raiz quadrada de D^{-1}. A transformação $F'y = F'X\beta + F'\varepsilon$ fornece uma nova equação $z = M\beta + \delta$, em que δ é o novo vetor de erros independentemente distribuídos, com média zero e variância $I\sigma^2$.

A partir do modelo linear $z = M\beta + \delta$, estima-se β pelo método dos mínimos quadrados, cujo sistema de equações normais, resultante da minimização da soma de quadrados dos erros, é dado por

$$M'M\hat{\beta} = M'z \quad \text{ou}$$
$$X'D^{-1}X\hat{\beta} = X'D^{-1}y$$

- Descrição das matrizes

$$X = \begin{bmatrix}
1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots \\
1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \\
1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & & \cdots \\
1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & & \cdots \\
1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & & \cdots \\
1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1
\end{bmatrix}_{pq \times (pq+p+q+1)}$$

$$y = \begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{12} \\ \cdots \\ y_{1q} \\ y_{21} \\ \cdots \\ y_{2q} \\ \cdots \\ y_{p1} \\ \cdots \\ y_{pq} \end{bmatrix}_{pqx1} ; \quad \beta = \begin{bmatrix} u \\ g_1 \\ g_2 \\ \cdots \\ g_p \\ g'_1 \\ g'_2 \\ \cdots \\ g'_q \\ s_{11} \\ s_{12} \\ \cdots \\ s_{1q} \\ \cdots \\ s_{pq} \end{bmatrix}_{(pq+p+q+1)x1} \qquad \varepsilon = \begin{bmatrix} \bar{\varepsilon}_{11.} \\ \bar{\varepsilon}_{12.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{1q.} \\ \bar{\varepsilon}_{21.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{2q.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{p1.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{pq.} \end{bmatrix}_{pqx1}$$

Os elementos de y são médias resultantes de r_{ij} repetições. As matrizes D e F são, por definição, dadas por

$$D = \begin{bmatrix} 1/r_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1/r_{12} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1/r_{pq} \end{bmatrix}_{pq \times pq} ; \quad F = \begin{bmatrix} \sqrt{r_{11}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{r_{12}} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sqrt{r_{pq}} \end{bmatrix}_{pq \times pq}$$

2.1.1. *Estimação dos Efeitos da Capacidade Combinatória*

A estimação dos efeitos da capacidade combinatória é feita por meio da solução do sistema $M'M\hat{\beta} = M'z$, como relatado anteriormente.

$$
M'M=\begin{bmatrix}
N & r_{1.} & r_{2.} & \cdots & r_{p.} & r_{.1} & r_{.2} & \cdots & r_{.q} & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1q} & r_{21} & \cdots & r_{2q} & \cdots & r_{p1} & \cdots & r_{pq} \\
r_{1.} & r_{1.} & 0 & \cdots & 0 & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1q} & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1q} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
r_{2.} & 0 & r_{2.} & \cdots & 0 & r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2q} & 0 & 0 & \cdots & 0 & r_{21} & \cdots & r_{2q} & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
r_{p.} & 0 & 0 & \cdots & r_{p.} & r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pq} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & r_{p1} & \cdots & r_{pq} \\
r_{.1} & r_{11} & r_{21} & \cdots & r_{p1} & r_{.1} & 0 & \cdots & 0 & r_{11} & 0 & \cdots & 0 & r_{21} & \cdots & 0 & \cdots & r_{p1} & \cdots & 0 \\
r_{.2} & r_{12} & r_{22} & \cdots & r_{p2} & 0 & r_{.2} & \cdots & 0 & 0 & r_{12} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
r_{.q} & r_{1q} & r_{2q} & \cdots & r_{pq} & 0 & 0 & \cdots & r_{.q} & 0 & 0 & \cdots & r_{1q} & 0 & \cdots & r_{2q} & \cdots & 0 & \cdots & r_{pq} \\
r_{11} & r_{11} & 0 & \cdots & 0 & r_{11} & 0 & \cdots & 0 & r_{11} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
r_{12} & r_{12} & 0 & \cdots & 0 & 0 & r_{12} & \cdots & 0 & 0 & r_{12} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
r_{1q} & r_{1q} & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & r_{1q} & 0 & 0 & \cdots & r_{1q} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
r_{21} & 0 & r_{21} & \cdots & 0 & r_{21} & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & r_{21} & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
r_{2q} & 0 & r_{2q} & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & r_{2q} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & r_{2q} & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
r_{p1} & 0 & 0 & \cdots & r_{p1} & r_{p1} & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & r_{p1} & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
r_{pq} & 0 & 0 & \cdots & r_{pq} & 0 & 0 & \cdots & r_{pq} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & r_{pq}
\end{bmatrix}_{(pq+p+q+1)x(pq+p+q+1)}
$$

em que

$$N = \sum_i \sum_j r_{ij} = r_{11} + r_{12} + \ldots + r_{1q} + r_{21} + r_{22} + \ldots + r_{2q} + \ldots + r_{p1} + \ldots r_{pq}$$

$$r_{i\cdot} = \sum_j r_{ij} = r_{i1} + r_{i2} + \ldots r_{iq}$$

$$r_{\cdot j} = \sum_i r_{ij} = r_{1j} + r_{2j} + \ldots r_{pj}$$

$$\begin{cases} i = 1,2,\ldots,p \\ j = 1,2,\ldots,q \end{cases}$$

$$M'z = X'D^{-1}y = \begin{bmatrix} \sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij} \\ r_{1\cdot} y_{1.} \\ r_{2\cdot} y_{2.} \\ \cdots \\ r_{p\cdot} y_{p.} \\ r_{\cdot 1}\, y_{\cdot 1} \\ r_{\cdot 2}\, y_{\cdot 2} \\ \cdots \\ r_{\cdot q}\, y_{\cdot q} \\ r_{11} y_{11} \\ r_{12} y_{12} \\ \cdots \\ r_{1q} y_{1q} \\ \cdots \\ r_{p1} y_{p1} \\ \cdots \\ r_{pq} y_{pq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[\sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij} \right]_{1x1} \\ \left[\sum_j r_{ij} y_{ij} \right]_{px1} \\ \left[\sum_i r_{ij} y_{ij} \right]_{qx1} \\ \left[r_{ij} y_{ij} \right]_{pqx1} \end{bmatrix}$$

Da igualdade $M'M\hat{\beta} = M'z$ obtém-se as equações normais:

$$\sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij} = N\hat{u} + \sum_i \left(\sum_j r_{ij} \hat{g}_i \right) + \sum_j \left(\sum_i r_{ij} \hat{g}'_j \right) + \sum_i \sum_j r_{ij} \hat{s}_{ij} \qquad \text{(I)}$$

$$\sum_j r_{ij} y_{ij} = r_{i\cdot} \hat{u} + r_{i\cdot} \hat{g}_i + \sum_j r_{ij} \hat{g}'_j + \sum_j r_{ij} \hat{s}_{ij} \qquad \text{(II)}$$

$$\sum_i r_{ij} y_{ij} = r_{\cdot j} \hat{u} + \sum_i r_{ij} \hat{g}_i + r_{\cdot j} \hat{g}'_j + \sum_i r_{ij} \hat{s}_{ij} \qquad \text{(III)}$$

$$r_{ij} y_{ij} = r_{ij} \hat{u} + r_{ij} \hat{g}_i + r_{ij} \hat{g}'_j + r_{ij} \hat{s}_{ij} \qquad \text{(IV)}$$

Admitem-se as restrições:

$$\sum_i \left(\sum_j r_{ij} \right) \hat{g}_i = 0$$

$$\sum_j \left(\sum_i r_{ij} \right) \hat{g}'_j = 0$$

$$\sum_i \sum_j r_{ij} \hat{s}_{ij} = 0$$

$$\sum_j r_{ij} \hat{g}'_j + \sum_j r_{ij} \hat{s}_{ij} = 0$$

$$\sum_i r_{ij} \hat{g}'_i + \sum_i r_{ij} \hat{s}_{ij} = 0$$

Assim, pelas quatro equações tem-se:

$$\text{(I)}\ \hat{u} = \frac{\sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij}}{N}$$

$$\text{(II)}\ \hat{g}_i = \frac{\sum_j r_{ij} y_{ij}}{r_{i.}} - \hat{u}$$

$$\text{(III)}\ \hat{g}'_j = \frac{\sum_i r_{ij} y_{ij}}{r_{.j}} - \hat{u}$$

$$\text{(IV)}\ \hat{s}_{ij} = y_{ij} - (\hat{u} + \hat{g}_i + \hat{g}'_j)$$

2.1.2. *Estimação das Somas de Quadrados para os Efeitos das Capacidades Geral e Específica de Combinação*

As somas de quadrados são obtidas considerando a solução adotada e o produto dos elementos das partições dos vetores $\hat{\beta}$ e $M'z$ correspondente aos efeitos da média e das capacidades combinatórias, sendo

$$\hat{\beta}' = \left[[\hat{u}]'[\hat{g}_i]'[\hat{g}'_j]'[\hat{s}_{ij}]'\right]$$

e M'z como apresentado anteriormente, tem-se $\hat{\beta}'$ e $M'z$ decompostas nas seguintes somas de quadrados:

$$SQ(\hat{u}) = \hat{u} \sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij} = \frac{(\sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij})^2}{N}$$

$$SQ(\hat{g}_i) = SQ(\text{CGC do grupo 1}) = \sum_i \hat{g}_i r_{i.} y_{i.}$$

$$= \sum_i \left[\frac{\left(\sum_j r_{ij} y_{ij}\right)^2}{\sum_j r_{ij}} \right] - \frac{\left(\sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij}\right)^2}{N}$$

$$SQ(\hat{g}'_j) = SQ(\text{CGC do grupo 2}) = \sum_j \hat{g}'_j r_{\cdot j} y_{\cdot j}$$

$$= \sum_j \left[\frac{\left(\sum_i r_{ij} y_{ij} \right)^2}{\sum_i r_{ij}} \right] - \frac{\left(\sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij} \right)^2}{N}$$

$$SQ(\hat{s}_{ij}) = SQ(\text{CEC}) = \sum_i \sum_j \hat{s}_{ij} r_{ij} y_{ij}$$

$$= \sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij}^2 - \sum_i \left[\frac{\left(\sum_j r_{ij} y_{ij} \right)^2}{\sum_j r_{ij}} \right] - \sum_j \left[\frac{\left(\sum_i r_{ij} y_{ij} \right)^2}{\sum_i r_{ij}} \right] + \frac{\left(\sum_i \sum_j r_{ij} y_{ij} \right)^2}{N}$$

$$SQ(\hat{s}_{ij}) = SQ(\text{Tratamentos}) - \left[SQ(CGC_1) + SQ(CGC_2) \right]$$

A análise de variância ilustrativa deste exemplo é dada no Quadro 2.

QUADRO 2 - Esquema da análise de variância ilustrativa de um dialelo parcial sem progenitores

FV	GL	QM	F
Tratamentos	pq-1		
CGC (G1)	p-1	QMG_1	QMG_1/QMR
CGC (G2)	q-1	QMG_2	QMG_2/QMR
CEC	(p-1)(q-1)	QMS	QMS/QMR
Resíduo	m	QMR	

em que

m são os graus de liberdade associados ao quadrado médio do resíduo.

2.1.3. *Aplicação da Metodologia Proposta*

Foi considerado um exemplo hipotético envolvendo as combinações híbridas entre três cultivares do Grupo 1 (A, B, C) e quatro do Grupo 2 (X, Y, Z, W). As médias do rendimento apresentadas no Quadro 3 provêm de um experimento realizado com número de repetições variável, cujo quadrado médio do resíduo é de 0,0585 e está associado a 36 graus de liberdade.

QUADRO 3 - Médias do rendimento de híbridos resultantes do cruzamento entre progenitores dos Grupos 1 (A, B, C) e 2 (X, Y, Z, W)

	Grupo 2					
Grupo 1	X	Y	Z	W	$\sum_j r_{ij} Y_{ij}$	$r_{i.}$
A	5,2	4,7	4,6	5,0	77,3	16
	(2)	(5)	(4)	(5)		
B	4,9	4,7	3,7	4,9	66,9	15
	(3)	(3)	(5)	(4)		
C	5,2	4,6	4,2	5,5	81,3	17
	(4)	(5)	(5)	(3)		
$\sum_i r_{ij} Y_{ij}$	45,9	60,6	57,9	61,1	225,5	
$r_{.j}$	9	13	14	12		48

As estimativas dos efeitos são apresentadas a seguir:

- *Média* $(\hat{u})$

$$\hat{u} = \frac{225,5}{48} = 4,6979$$

- Capacidade Geral de Combinação dos Progenitores do Grupo 1

$$\hat{g}_A = \frac{77,3}{16} - 4,6979 = 0,1334$$

$$\hat{g}_B = \frac{66,9}{15} - 4,6979 = -02379$$

$$\hat{g}_C = \frac{81,3}{17} - 4,6979 = 0,0845$$

- Capacidade Geral de Combinação dos Progenitores do Grupo 2

$$\hat{g}'_X = \frac{45,9}{9} - 4,6979 = 0,4021$$

$$\hat{g}'_Y = \frac{60,6}{13} - 4,6979 = -0,0364$$

$$\hat{g}'_Z = \frac{57,9}{14} - 4,6979 = -0,5622$$

$$\hat{g}'_W = \frac{61,1}{12} - 4,6979 = 0,3938$$

- Capacidade Específica de Combinação

$$\hat{S}_{AX} = 5,2 - (4,6979 + 0,1334 + 0,4021) = -0,0334$$

Os demais $\hat{s}_{ij}$'s encontram-se a seguir:

$\hat{s}_{AY} = -0,0949$

$\hat{s}_{AZ} = 0,3309$

$\hat{s}_{AW} = -0,225$

$\hat{s}_{BX} = 0,0379$

$\hat{s}_{BY} = 0,2764$

$\hat{s}_{BZ} = -0,1978$

$\hat{s}_{BW} = 0,0462$

$\hat{s}_{CX} = 0,0155$

$\hat{s}_{CY} = -0,1460$

$\hat{s}_{CZ} = -0,0202$

$\hat{s}_{CW} = 0,3238$

O cálculo das somas de quadrados é apresentado a seguir:

$$SQ(\text{Tratamentos}) = 2x(5,2)^2 + \ldots + 3x(5,5)^2 - \frac{(225,5)^2}{48}$$
$$= \ 069,87 - 1059,3802 = 10,4898$$

$$SQ(CGC_1) = \frac{(77,3)^2}{16} + \ldots + \frac{(81,3)^2}{17} - 1059,3802$$
$$= 1060,6349 - 1059,3802 = 1,2547$$

$$SQ(CGC_2) = \frac{(45,9)^2}{9} + \ldots + \frac{(61,1)^2}{12} - 1059,3802$$
$$= 1067,1379 - 1059,3802 = 7,7577$$

$$SQ(CEC) = 1069,87 - 1060,6349 - 1067,1379 + 1059,38021 = 1,4774$$

A análise de variância é apresentada no Quadro 4.

QUADRO 4 - Análise da variância do rendimento das combinações híbridas resultantes do cruzamento dialélico entre progenitores de dois grupos

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	(11)	10,4898	0,9536	-
CGC (Grupo1)	2	1,2547	0,6274	10,72
CGC (Grupo2)	3	7,7577	2,5859	44,20
CEC	6	1,4774	0,2462	4,21
Resíduo	36	-	0,0585	-

2.2. *Dialelos Parciais Desbalanceados com as Gerações Progenitoras e F'_1s.*

Nestes dialelos são avaliados p progenitores de um grupo (grupo 1), q do outro grupo (grupo 2) e suas pq combinações híbridas. A tabela dialélica representativa deste esquema é apresentada no Quadro 5.

QUADRO 5 - Esquema de um dialelo parcial desbalanceado envolvendo combinações híbridas e progenitores de dois grupos (G_1 e G_2)

Grupos G_1/G_2	1	2	...	q	Progenitores
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1q}	y_{10}
	(r_{11})	(r_{12})		(r_{2q})	(r_{10})
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2q}	y_{20}
	(r_{21})	(r_{22})		(r_{2q})	(r_{20})
...	...	...	...	...	...
p	y_{p1}	y_{p2}	...	y_{pq}	y_{p0}
	(r_{p1})	(r_{p2})		(r_{pq})	(r_{p0})
Progenitores	y_{01}	y_{02}	...	y_{0q}	
	(r_{01})	(r_{02})		(r_{0q})	

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições de cada média.

GERALDI e MIRANDA FILHO (2), numa adaptação do modelo proposto por GRIFFING (3), apresentaram a decomposição da soma de quadrados de tratamentos em somas de quadrados associadas à capacidade combinatória dos dialelos parciais que incluem progenitores, dada a seguir

$$y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij.}$$

y_{ij} = média do cruzamento envolvendo o i-ésimo progenitor do grupo 1 e o j-ésimo progenitor do grupo 2;
y_{io} = média do i-ésimo progenitor do grupo 1; $i = 1, 2, ..., p$;
y_{oj} = média do j-ésimo progenitor do grupo 2; $j = 1, 2, ..., q$;
μ = média geral do dialelo;
d_1, d_2 = contrastes, envolvendo médias dos grupos 1 e 2 e a média geral;
g_i = efeito da capacidade geral de combinação i-ésimo progenitor do grupo 1;
g'_j = efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo progenitor do grupo 2;
s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação; e
$\bar{\varepsilon}_{ij.}$ = erro experimental médio.

- Descrição das matrizes

$$X = \begin{bmatrix}
1 & 1/2 & 1/2 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1/2 & 1/2 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
1 & 1/2 & 1/2 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1/2 & 1/2 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1/2 & 1/2 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
1 & 1/2 & 1/2 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
1 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
1 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1 & 0 & 2 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1 & 0 & 0 & 2 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 2 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 2 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & \cdots & 0 \\
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 2 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 2 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 1
\end{bmatrix}_{(p+q+pq) x (2p+2q+pq+3)}$$

$$y = \begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{12} \\ \cdots \\ y_{1q} \\ y_{21} \\ y_{22} \\ \cdots \\ y_{2q} \\ \cdots \\ y_{p1} \\ y_{p2} \\ \cdots \\ y_{pq} \\ y_{10} \\ y_{20} \\ \cdots \\ y_{po} \\ y_{o1} \\ y_{o2} \\ \cdots \\ y_{oq} \end{bmatrix}_{(p+q+pq)x1} ; \beta = \begin{bmatrix} u \\ d_1 \\ d_2 \\ g_1 \\ g_2 \\ \cdots \\ g_p \\ g'_1 \\ g'_2 \\ \cdots \\ g'_q \\ s_{11} \\ s_{12} \\ \cdots \\ s_{pq} \\ s_{10} \\ \cdots \\ s_{po} \\ s_{o1} \\ \cdots \\ s_{oq} \end{bmatrix}_{(2p+2q+pq+3)x1} ; \varepsilon = \begin{bmatrix} \bar{\varepsilon}_{11.} \\ \bar{\varepsilon}_{12.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{1q.} \\ \bar{\varepsilon}_{21.} \\ \bar{\varepsilon}_{22.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{2q.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{p1.} \\ \bar{\varepsilon}_{p2.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{pq.} \\ \bar{\varepsilon}_{10.} \\ \bar{\varepsilon}_{20.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{po.} \\ \bar{\varepsilon}_{o1.} \\ \bar{\varepsilon}_{o2.} \\ \cdots \\ \bar{\varepsilon}_{oq.} \end{bmatrix}_{(p+q+pq)x1}$$

Os elementos de y são médias resultantes de r_{ij} repetições. A matriz D e F possuem a mesma estrutura já mostrada anteriormente. Porém, a dimensão é aumentada em (p + q), resultante da inclusão dos progenitores.

Uma vez estabelecidas as matrizes, os efeitos são estimados por meio do sistema de equações normais $M'M\hat{\beta} = M'z$.

$$M'M = \begin{bmatrix} U & D' & G1' & G2' & S' \\ D & DD & DG1' & DG2' & DS' \\ G1 & DG1 & G1G1 & G1G2' & G1S' \\ G2' & DG2 & G1G2 & G2G2 & G2S' \\ S & DS & G1S & G2S & SS \end{bmatrix}_{(2p+2q+pq+3)x(2p+2q+pq+3)}$$

em que

$$U=\left[\mathbf{N}\right]_{1x1}$$

$$D` =\left[1/2\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_i r_{io} \qquad 1/2\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_j r_{oj}\right]_{1x2}$$

$$G1` =\left[r_{1.}+2r_{1o} \quad r_{2.}+2r_{2o} \quad \ldots \quad r_{p.}+2r_{po}\right]_{1xp}$$

$$G2` =\left[r_{.1}+2r_{o1} \quad r_{.2}+2r_{o2} \quad \ldots \quad r_{.q}+2r_{oq}\right]_{1xq}$$

$$S` =\left[r_{11} \quad r_{12} \quad \ldots \quad r_{pq} \quad r_{1o} \quad \ldots \quad r_{po} \quad r_{o1} \quad \ldots \quad r_{oq}\right]_{1x(pq+p+q)}$$

$$DD=\begin{bmatrix} 1/4\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_i r_{io} & 1/4\sum_i\sum_j r_{ij} \\ 1/4\sum_i\sum_j r_{ij} & 1/4\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_j r_{oj} \end{bmatrix}_{2x2}$$

$$DG1`=\begin{bmatrix} 1/2r_{1.}+2r_{1o} & 1/2r_{2.}+2r_{2o} & .. & 1/2r_{p.}+2r_{po} \\ 1/2r_{1.} & 1/2r_{2.} & \ldots & 1/2r_{p.} \end{bmatrix}_{2xp}$$

$$DG2` =\begin{bmatrix} 1/2r_{.1} & 1/2r_{.2} & \ldots & 1/2r_{.p} \\ 1/2r_{.1}+2r_{o1} & 1/2r_{.2}+2r_{o2} & \ldots & 1/2r_{.q}+2r_{oq} \end{bmatrix}_{2xq}$$

$$DS` =\begin{bmatrix} 1/2r_{11} & 1/2r_{12} & \ldots & 1/2r_{pq} & r_{1o} & \ldots & r_{po} & 0 & \ldots & 0 \\ 1/2r_{11} & 1/2r_{12} & \ldots & 1/2r_{pq} & 0 & \ldots & 0 & r_{o1} & & r_{oq} \end{bmatrix}_{2x(pq+p+q)}$$

$$G1G1 = \begin{bmatrix} r_{1.} + 4r_{1o} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & r_{2.} + 4r_{2o} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{p.} + 4r_{po} \end{bmatrix}_{pxp}$$

$$G1G2' = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1q} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2q} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pq} \end{bmatrix}_{pxq}$$

$$G1S' = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & 0 & 2r_{1o} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{pq} & 0 & \cdots & 2r_{po} & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{px(pq+p+q)}$$

$$G2G2 = \begin{bmatrix} r_{.1} + 4r_{o1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & r_{.2} + 4r_{o2} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{.q} + 4r_{oq} \end{bmatrix}_{qxq}$$

$$G2S' = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 2r_{o1} & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{pq} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 2r_{oq} \end{bmatrix}_{qx(pq+p+q)}$$

$$SS = \begin{bmatrix} r_{11} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 2r_{o1} & \cdots & 0 \\ 0 & r_{12} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{pq} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 2r_{oq} \\ r_{11} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & r_{12} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_{pq} & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & r_{1o} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & r_{po} & 0 & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & r_{o1} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & r_{oq} \end{bmatrix}_{(pq+p+q)\times(pq+p+q)}$$

em que

$$N = \sum_i \sum_j r_{ij} + \sum_i r_{io} + \sum_j r_{oj}$$

$$\sum_i r_{io} = r_{io} + r_{2o} + \ldots + r_{po}$$

$$\sum_j r_{oj} = r_{oi} + r_{o2} + \ldots + r_{oq}$$

e

$$M'z = X'D^{-1}y = \begin{bmatrix} \left[\sum_i \sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io} + \sum_j r_{oj}y_{oj}\right]_{1x1} \\ \left[\frac{1}{2}\sum_i \sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io}\right]_{1x1} \\ \left[\frac{1}{2}\sum_i \sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_j r_{oj}y_{oj}\right]_{1x1} \\ \left[\sum_j r_{ij}y_{ij} + 2r_{io}y_{io}\right]_{(px1)} \\ \left[\sum_i r_{ij}y_{ij} + 2r_{oj}y_{oj}\right]_{(qx1)} \\ \left[r_{ij}y_{ij}\right]_{pqx1} \\ \left[r_{io}y_{io}\right]_{px1} \\ \left[r_{oj}y_{oj}\right]_{qx1} \end{bmatrix}$$

Da igualdade $M'M\hat{\beta} = M'z$ obtêm-se as equações normais

$$\begin{aligned} \sum_i \sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io} + \sum_j r_{oj}y_{oj} &= N\hat{u} + \frac{1}{2}\sum_i \sum_j r_{ij}(\hat{d}_1 + \hat{d}_2) + \\ &+ \sum_i r_{io}\hat{d}_1 + \sum_j r_{oj}\hat{d}_2 + \sum_i \left(\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{g}_i + \sum_j \left(\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)\hat{g}'_j + \\ &+ \sum_i \sum_j r_{ij}\hat{s}_{ij} + \sum_i r_{io}\hat{s}_{io} + \sum_j r_{oj}\hat{s}_{oj} \qquad \text{(I)} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij}+\sum_i r_{io}y_{io}=\left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_i r_{io}\right)\hat{u}+$$
$$+\left(\frac{1}{4}\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_i r_{io}\right)\hat{d}_1+\frac{1}{4}\sum_i\sum_j r_{ij}\hat{d}_2+\sum_i\left(\frac{1}{2}\sum_j r_{ij}+2r_{io}\right)\hat{g}_i+$$
$$+\sum_j\left(\frac{1}{2}\sum_i r_{ij}\right)\hat{g}'_j+\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}\hat{s}_{ij}+\sum_i r_{io}\hat{s}_{io} \qquad \text{(II)}$$

$$\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij}+\sum_j r_{oj}y_{oj}=\left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_j r_{oj}\right)\hat{u}+$$
$$+\left(\frac{1}{4}\sum_i\sum_j r_{ij}\right)\hat{d}_1+\left(\frac{1}{4}\sum_i\sum_j r_{ij}+\sum_j r_{oj}\right)\hat{d}_2+$$
$$+\sum_i\left(\frac{1}{2}\sum_j r_{ij}\right)\hat{g}_i+\sum_j\left(\frac{1}{2}\sum_i r_{ij}+2r_{oj}\right)\hat{g}'_j+$$
$$+\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}\hat{s}_{ij}+\sum_j r_{oj}\hat{s}_{oj} \qquad \text{(III)}$$

$$\sum_j r_{ij}y_{ij}+2r_{io}y_{io}=\left(\sum_j r_{ij}+2r_{io}\right)\hat{u}+$$
$$+\left(\frac{1}{2}\sum_j r_{ij}+2r_{io}\right)\hat{d}_1+\frac{1}{2}\sum_j r_{ij}\hat{d}_2+$$
$$+\left(\sum_j r_{ij}+4r_{io}\right)\hat{g}_i+\sum_j\left(r_{ij}\right)\hat{g}'_j+\sum_j r_{ij}\hat{s}_{ij}+2r_{io}\hat{s}_{io} \qquad \text{(IV)}$$

$$\sum_i r_{ij}y_{ij}+2r_{oj}y_{oj}=\left(\sum_i r_{ij}+2r_{oj}\right)\hat{u}+$$
$$+\frac{1}{2}\sum_i\left(r_{ij}\right)\hat{d}_1+\left(\frac{1}{2}\sum_i r_{ij}+2r_{oj}\right)\hat{d}_2+$$
$$+\sum_i(r_{ij})\hat{g}_i+\left(\sum_i r_{ij}+4r_{oj}\right)\hat{g}'_j+\sum_i r_{ij}\hat{s}_{ij}+2r_{oj}\hat{s}_{oj} \qquad \text{(V)}$$

$$r_{ij}y_{ij}=r_{ij}\hat{u}+\frac{1}{2}r_{ij}\hat{d}_1+\frac{1}{2}r_{ij}\hat{d}_2+r_{ij}\hat{g}_i+r_{ij}\hat{g}'_j+r_{ij}\hat{s}_{ij} \qquad \text{(VI)}$$

$$r_{io}y_{io} = r_{io}\hat{u} + r_{io}\hat{d}_1 + 2r_{io}\hat{g}_i + r_{io}\hat{s}_{io} \qquad \text{(VII)}$$

$$r_{oj}y_{oj} = r_{oj}\hat{u} + r_{oj}\hat{d}_2 + 2r_{oj}\hat{g}'_j + r_{oj}\hat{s}_{oj} \qquad \text{(VIII)}$$

Admitem-se as restrições

$$\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}(\hat{d}_1 + \hat{d}_2) + \sum_i r_{io}\hat{d}_1 + \sum_j r_{oj}\hat{d}_2 = 0$$

$$\sum_i\left(\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{g}_i = 0$$

$$\sum_j\left(\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)g'_j = 0$$

$$\frac{1}{2}\sum_j r_{ij}\hat{s}_{ij} + r_{io}\hat{s}_{io} = 0 \quad , \quad \forall\, i$$

$$\frac{1}{2}\sum_i r_{ij}\hat{s}_{ij} + r_{oj}\hat{s}_{oj} = 0 \quad , \quad \forall\, j$$

Assim, pelas oito equações têm-se

$$\text{(I)} \rightarrow \hat{u} = \frac{\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io} + \sum_j r_{oj}y_{oj}}{N}$$

$$\text{(II)} \rightarrow \frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io} - \left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij} + \sum_i r_{io}\right)\hat{u} =$$
$$\frac{1}{2}\sum_i r_{io}\hat{d}_1 - \frac{1}{2}\sum_j r_{oj}\hat{d}_2 - \frac{1}{2}\sum_i\left(\sum_j r_{ij}\right)\hat{g}_i + \frac{1}{2}\sum_j\left(\sum_i r_{ij}\right)\hat{g}'_j$$

$$\text{(III)} \rightarrow \frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_j r_{oj}y_{oj} - \left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij} + \sum_j r_{oj}\right)\hat{u} =$$
$$-\frac{1}{2}\sum_i r_{io}\hat{d}_1 + \frac{1}{2}\sum_j r_{oj}\hat{d}_2 + \frac{1}{2}\sum_i\left(\sum_j r_{ij}\right)\hat{g}_i - \frac{1}{2}\sum_j\left(\sum_i r_{ij}\right)\hat{g}'_j$$

$$(\mathrm{IV}) \rightarrow \sum_j r_{ij}y_{ij} + 2r_{io}y_{io} - \left(\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{u} =$$
$$\left(\frac{1}{2}\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{d}_1 + \frac{1}{2}\sum_j r_{ij}\hat{d}_2 + \left(\sum_j r_{ij} + 4r_{io}\right)\hat{g}_i + \sum_j r_{ij}\hat{g}'_j$$

$$(\mathrm{V}) \rightarrow \sum_i r_{ij}y_{ij} + 2r_{oj}y_{oj} - \left(\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)\hat{u} =$$
$$\frac{1}{2}\sum_i r_{ij}\hat{d}_1 + \left(\frac{1}{2}\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)\hat{d}_2 + \sum_i r_{ij}\hat{g}_i + \left(\sum_i r_{ij} + 4r_{oj}\right)\hat{g}'_j$$

Os efeitos $\hat{d}_1$ e $\hat{d}_2$ e os efeitos da capacidade geral de combinação são estimados por meio do sistema $Q = A.\hat{G}$, sob as restrições de $\hat{d}_k$, $\hat{g}_i$ e $\hat{g}'_j$, em que

$$Q = \begin{bmatrix} \left[\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io} - \left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij} + \sum_i r_{io}\right)\hat{u}\right]1\mathrm{x}1 \\ \left[\sum_j r_{ij}y_{ij} + 2r_{io}y_{io} - \left(\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{u}\right](p-1)\mathrm{x}1 \\ \left[\sum_i r_{ij}y_{ij} + 2r_{oj}y_{oj} - \left(\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)\hat{u}\right](q-1)\mathrm{x}1 \end{bmatrix}_{(p+q-1)\mathrm{x}1}$$

$$\hat{G} = \begin{bmatrix} \hat{d}_1 \\ [\hat{g}_i]_{(p-1)\mathrm{x}1} \\ [\hat{g}'_j]_{(q-1)\mathrm{x}1} \end{bmatrix}_{(p+q-1)\mathrm{x}1}$$

$$A = \begin{bmatrix} \left[\frac{1}{2}\sum_i r_{io} - \frac{1}{2}\sum_j r_{oj}(-k)\right]_{1\mathrm{x}1} & \left[-\frac{1}{2}\left(\sum_j r_{ij}\right) + \frac{1}{2}\left(\sum_j r_{ij}\right).\hat{g}_p\right]_{1\mathrm{x}(p-1)} & \left[\frac{1}{2}\sum_i r_{ij} - \frac{1}{2}\sum_i r_{ij}.\hat{g}_q\right]_{1\mathrm{x}(q-1)} \\ \left[\left(\frac{1}{2}\sum_i r_{ij} + 2r_{io}\right) + \frac{1}{2}\sum_i r_{ij}(-k)\right]_{(p-1)\mathrm{x}1} & \left[\left(\sum_j r_{ij} + 4r_{io}\right)\right]_{(p-1)\mathrm{x}(p-1)} & \left[\sum_j r_{ij} - \sum_j r_{ij}.\hat{g}_q\right]_{(p-1)\mathrm{x}(q-1)} \\ \left[\frac{1}{2}\sum_j r_{ij} + \left(\frac{1}{2}\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)(-k)\right]_{(q-1)\mathrm{x}1} & \left[\sum_i r_{ij} - \sum_i r_{ij}.\hat{g}_p\right]_{(q-1)\mathrm{x}(p-1)} & \left[\sum_i r_{ij} + 4r_{oj}\right]_{(q-1)\mathrm{x}(q-1)} \end{bmatrix}$$

em que

$$\hat{d}_2 = \frac{-\left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij} + \sum_i r_{io}\right)\hat{d}_1}{\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij} + \sum_j r_{oj}} = -k\hat{d}_1$$

$$\hat{g}_p = -\left(\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{g}_1 - \left(\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{g}_2 - \ldots - \left(\sum_j r_{ij} + 2r_{io}\right)\hat{g}_{p-1}$$

$$\hat{g}'_q = -\left(\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)\hat{g}'_1 - \left(\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)\hat{g}'_2 - \ldots - \left(\sum_i r_{ij} + 2r_{oj}\right)\hat{g}'_{q-1}$$

$$(VI) \rightarrow \hat{s}_{ij} = y_{ij} - \left[\hat{u} + \frac{1}{2}(\hat{d}_1 + \hat{d}_2) + \hat{g}_i + \hat{g}'_j\right]$$

$$(VII) \rightarrow \hat{s}_{io} = y_{io} - \left[\hat{u} + \hat{d}_1 + 2\hat{g}'_i\right]$$

$$(VIII) \rightarrow \hat{s}_{oj} = y_{oj} - \left[\hat{u} + \hat{d}_2 + 2\hat{g}'_j\right]$$

Sendo

$\hat{\beta}' = \left[[\hat{u}]'\left[\hat{d}_1\right]'\left[\hat{d}_2\right]'[\hat{g}_i]'\left[\hat{g}'_j\right]'\left[\hat{s}_{ij}\right]'[\hat{s}_{io}]'\left[\hat{s}_{oj}\right]'\right]$ e M'z como apresentado anteriormente, tem-se $\hat{\beta}'M'z$ decomposta nas seguintes somas de quadrados

$$SQ(\hat{u}) = \text{Correção} = \hat{u}\left(\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io} + \sum_j r_{oj}y_{oj}\right)$$
$$= \frac{\left(\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io} + \sum_j r_{oj}y_{oj}\right)^2}{N}$$

$$SQ(\hat{d}_k) = SQ(G_1 \text{ vs } G_2)$$

$$= \hat{d}_1\left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_i r_{io}y_{io}\right) + \hat{d}_2\left(\frac{1}{2}\sum_i\sum_j r_{ij}y_{ij} + \sum_j r_{oj}y_{oj}\right)$$

$$SQ(\hat{g}_i) = SQ(CGC_1) = \sum_{i=1}^{p}\hat{g}_i\left(\sum_j r_{ij}y_{ij} + 2r_{io}y_{io}\right)$$

$$SQ(\hat{g}'_j) = SQ(CGC_2) = \sum_{j=1}^{q}\hat{g}'_j\left(\sum_i r_{ij}y_{ij} + 2r_{oj}y_{oj}\right)$$

$$SQ(\hat{s}_{ij}) = SQ(CEC) = \sum_{i=0}^{p}\sum_{j=0}^{q}\hat{s}_{ij}r_{ij}y_{ij}$$

$$= SQTratamentos - \left[SQ(G_1 \text{ vs } G_2) + SQ(CGC_1) + SQ(CGC_2)\right]$$

A análise de variância ilustrativa deste exemplo é dada no Quadro 6.

QUADRO 6 - Esquema da análise de variância ilustrativo do dialelo parcial envolvendo F_1 s e progenitores

FV	GL	QM	F
Tratamentos	pq+p+q-1	QMT	QMT/QMR
CGC (1)	p-1	QMG_1	QMG_1/QMR
CGC (2)	q-1	QMG_2	QMG_2/QMR
CEC	pq	QMS	QMS/QMR
G_1 vs G_2	1	QMG_{12}	QMG_{12}/QMR
Resíduo	m	QMR	

em que

m são os graus de liberdade associados ao quadrado médio do resíduo.

2.3. Aplicação da Metodologia Proposta

Será considerado novamente em exemplo com os dados do Quadro 3 e a inclusão das observações referentes aos progenitores, conforme apresentado no Quadro 7.

QUADRO 7 - Médias do rendimento de progenitores dos grupos 1 e 2 (G1 e G2) e de suas combinações híbridas

G_1/G_2	X	Y	Z	W	$\sum_j r_{ij}y_{ij}$	$\sum_j r_{ij}$	Progenitor
A	5,2 (2)	4,7 (5)	4,6 (4)	5,0 (5)	77,3	16	4,5 (4)
B	4,9 (3)	4,7 (3)	3,7 (5)	4,9 (4)	66,9	15	4,2 (5)
C	5,2 (4)	4,6 (5)	4,2 (5)	5,5 (3)	81,3	17	4,3 (3)
$\sum_i r_{ij}y_{ij}$	45,9	60,6	57,9	61,1			
$\sum_i r_{ij}$	9	13	14	12		48	
Progenitor	3,7 (2)	3,2 (4)	2,9 (5)	5,5 (5)			

$$\sum_i r_{io}y_{io} = 51,9$$

$$\sum_j r_{oj}y_{oj} = 62,2$$

$$\sum_i r_{io} = 12$$

$$\sum_j r_{oj} = 16$$

$$\sum_i \sum_j r_{ij} = 48$$

$$N = 76$$

$$\sum_i \sum_j r_{ij}y_{ij} = 225,5$$

Será também considerado o quadrado médio do resíduo de 0,0585.

As estimativas dos efeitos são apresentadas a seguir:

- Média Geral

$$\hat{u} = \frac{225{,}5 + 51{,}9 + 62{,}2}{76} = 4{,}4684$$

- Efeito $\hat{d}_k$ e efeitos da capacidade geral de combinação

$\hat{G} = A^{-1}.Q$, em que

$$Q = \begin{bmatrix} 3{,}7876 \\ 6{,}0584 \\ -2{,}8100 \\ 2{,}6108 \\ -7{,}6364 \\ -20{,}3416 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 13{,}20 & 0{,}8696 & 1{,}7391 & 0{,}9545 & 0{,}7727 & 0{,}4545 \\ 8{,}80 & 32 & 0 & -0{,}9545 & 0{,}2273 & -1{,}4545 \\ 10{,}75 & 0 & 35 & 0{,}6364 & -0{,}8182 & 0{,}6364 \\ -3{,}15 & -2{,}1739 & -1{,}3478 & 17 & 0 & 0 \\ -6{,}55 & -0{,}2174 & -2{,}4348 & 0 & 29 & 0 \\ -8{,}30 & -1{,}2174 & -0{,}4348 & 0 & 0 & 34 \end{bmatrix}$$

$$\hat{G} = \begin{bmatrix} \hat{d}_1 \\ \hat{g}_A \\ \hat{g}_B \\ \hat{g}'_X \\ \hat{g}'_Y \\ \hat{g}'_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}3195 \\ 0{,}0856 \\ -0{,}1776 \\ 0{,}2096 \\ -0{,}2054 \\ -0{,}5195 \end{bmatrix}$$

Com base nas restrições

$$\hat{d}_2 = -0,9\hat{d}_1 = -0,2875$$

$$\hat{g}_c = \frac{-(24\hat{g}_A + 25\hat{g}_B)}{23} = 0,1037$$

$$\hat{g}'_W = \frac{-(13\hat{g}'_X + 21\hat{g}'_Y + 24\hat{g}'_Z)}{22} = 0,6389$$

- Efeitos $\hat{s}_{ij}$

$\hat{s}_{AX} = 0,4204$

$\hat{s}_{AY} = 0,3354$

$\hat{s}_{AW} = -0,2089$

$\hat{s}_{BX} = 0,3836$

$\hat{s}_{BY} = 0,5986$

$\hat{s}_{BZ} = -0,0873$

$\hat{s}_{CX} = 0,4023$

$\hat{s}_{CY} = 0,2173$

$\hat{s}_{CZ} = 0,1314$

$\hat{s}_{CW} = 0,2730$

$\hat{s}_{AO} = -0,4591$

$\hat{s}_{BO} = -0,2327$

$\hat{s}_{CO} = -0,6953$

$\hat{s}_{OX} = -0,9001$

$\hat{s}_{OY} = -0,5701$

$\hat{s}_{OZ} = -0,2491$

$\hat{s}_{OW} = 0,0413$

- Cálculo das somas de quadrados

$$SQTratamentos = 2x(5,2)^2 + ... + 5x(5,5)^2 - \frac{(339,6)^2}{76}$$

$$= 1.556,18 - 1.517,4758 = 38,7042$$

$$SQ(G_1 \text{ vs } G_2) = 0,3195x164,65 + (-0,2875)x174,95 = 2,3076$$

$$SQ(CGC_1) = 0,0856 \text{ x } 113,3 + (-0,1776)x108,9 +$$
$$+0,1037 \text{ x } 107,1 = 1,4641$$

$$SQ(CGC_2) = 0,2086 \text{ x } 60,7 + (-0,2054)x86,2 +$$
$$+(-0,5195) \text{ x } 86,9 + 0,6389 \text{ x } 116,1 = 24,0490$$

$$SQ(CEC) = 0,4204x2x5,2 + ... + 0,413x5x5,5 = 10,8907$$

A análise de variância para o exemplo em consideração é apresentada no Quadro 8.

QUADRO 8 - Análise de variância do rendimento dos progenitores dos grupos G_1 e G_2 e de suas combinações híbridas

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	(18)	38,7042	2,1502	
G_1 vs G_2	1	2,3076	2,3076	39,45
CGC (Grupo 1)	2	1,4641	0,7321	12,51
CGC (Grupo 2)	3	24,0490	8,0163	137,03
CEC	12	10,8907	0,9076	15,51
Resíduo	57	-	0,0585	

em que

m são os graus de liberdade associados ao quadrado médio do resíduo

3. CONCLUSÃO

A metodologia específica para dialelos parciais desbalanceados mostra-se de utilidade prática, em virtude de considerar apenas cruzamentos de materiais divergentes sem a preocupação de ter sementes de todos os tratamentos para montar o mesmo número de repetições.

4. RESUMO

Apresentaram-se estimativas das capacidades geral e específica de combinação e suas respectivas somas de quadrados, obtidas num sistema dialélico parcial desbalanceado.

Avaliou-se, como ilustração, a capacidade combinatória de dois conjuntos hipotéticos de dados provenientes de um dialelo envolvendo progenitores e respectivos F_1s e de outro envolvendo apenas os F_1s.

5. SUMMARY

(ANALYSIS OF UNBALANCED PARTIAL DIALLEL CROSSES)

Estimates on general and specific combining abilities as well as their corresponding sums of squares were obtained from unbalanced partial diallel systems in which progenitors and/or hybrid combinations were evaluated with an unequal number of replications. As an illustration, the hypothetical data sets of a diallel involving progenitors and the corresponding F_1's and another involving only the F_1's were analysed.

6. LITERATURA CITADA

1.CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1994. 390p.

2.GERALDI, I.O. & MIRANDA FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. *Rev. Bras. Genet., 11*: 419-430. 1988.

3.GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Aust. J. Biol. Sci., 9*:463-493. 1956.

4.MARTINS FILHO, S.; CRUZ, C.D. & SEDIYAMA, C.S. Analysis of unbalanced diallel crosses. rev. Bras. Genet., 15:853-869, 1992.