COMPONENTES DE VARIÂNCIA NOS EXPERIMENTOS EM PARCELAS SUBDIVIDIDAS COM ESQUEMA FATORIAL NAS PARCELAS PRINCIPAIS[1]

GILÊNIO BORGES FERNANDES[2]

RESUMO - Os componentes de variância para experimentos balanceados com parcelas subdivididas foram determinados, considerando-se um plano fatorial completo com dois fatores distribuídos nas parcelas, e um terceiro fator, nas subparcelas. Tratou-se o modelo como fixo, aleatório ou misto, determinando-se em cada caso a combinação linear mais adequada dos quadrados médios para aplicação do teste F. Para o modelo fixo observou-se que o teste é realizado da forma usual para os experimentos em parcelas subdivididas. Quando o modelo foi tratado como aleatório ou misto, verificou-se sempre a necessidade de combinação dos quadrados médios antes da aplicação do teste F para os efeitos principais dos fatores e para a interação daqueles distribuídos nas parcelas.

Termos para indexção: experimentos balanceados; modelo fixo, aleatório ou misto; experimentos fatoriais.

VARIANCE COMPONENTS IN SPLIT-PLOT EXPERIMENTS WITH FACTORIAL SCHEME IN THE WHOLE PLOTS

ABSTRACT - The components of variance for balanced split-plot experiments were determined, considering a complete factorial design with two factors distributed in the whole plots, and a third factor in the subplots. The model was considered to have fixed, random or mixed effects, and having for each case the best linear combination of the mean squares for the F test procedure. For the fixed model it was observed that the test should be made without modification of the usual rules for the split-plot experiments. For random or mixed models combinations of mean squares should be used to carry out F tests.

Index terms: balanced experiments; fixed, random or mixed models; factorial experiments.

INTRODUÇÃO

Não são raros os casos em que pesquisadores desejam comparar dois ou mais fatores de modo que as combinações de todos os níveis dos fatores não sejam completamente casualizadas pelas unidades experimentais. Nestas condições Steel & Torrie (1980), dentre outros, recomendam a utilização dos experimentos com parcelas subdivididas (split-plot). As razões, condições e outros detalhes para o uso dos experimentos com parcelas subdivididas são encontrados em trabalhos de diversos autores. Um caso específico, e ainda pouco estudado, ocorre quando se tem um plano fatorial completo nas parcelas e um terceiro fator é distribuído nas subparcelas. Peixoto (1989), estudando adubação organo-mineral na batata-doce, utilizou um plano fatorial com fontes e níveis dos adubos nas parcelas, e nas subparcelas, avaliou o efeito de ano split-plot no tempo). Nestas condições, a depender das pressuposições estabelecidas para o efeito dos fatores, o teste F (F-Snedecor) para os fatores e para algumas interações não pode ser efetuado diretamente com o quadrado médio das parcelas ou das subparcelas, como na forma monofatorial conhecida.

O presente trabalho teve como objetivo determinar os componentes de variância para os experimentos em parcelas subdivididas com um plano fatorial completo (com dois fatores) nas parcelas e um terceiro fator estudado nas subparcelas.

[1] Aceito para publicação em 25 de outubro de 1991.

Plano de trabalho apresentado ao CNPq para apoio à disciplina Estatística Experimental ministrada no curso de Pós-graduação da Escola de Agronomia da UFBA.

[2] Eng.-Agr., M.Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia S.A. (EPABA), Caixa Postal 1.222, CEP 40210, Salvador, BA. Bolsista do CNPq.

MATERIAL E MÉTODOS

Os componentes de variância foram determinados através do método prático proposto por Hicks (1973), e são, portanto, válidos apenas para os delineamentos equilibrados, muito embora um desequilíbrio pouco acentuado não afete significativamente os resultados para o teste F. Os componentes de variância são apresentados considerando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, porém, o critério para o teste F é o mesmo para blocos completos casualizados e para quadrado latino.

Quando se fez a combinação linear dos quadrados médios para obtenção do teste F, o número de graus de liberdade associados a cada combinação foi estimado de acordo com o processo proposto por Satterthwaite (1946).

Consideraram-se os fatores A_i (i = 1, 2, ...,I níveis), B_j (j = 1, 2, ..., J níveis) num plano fatorial completo nas parcelas principais, e um fator C_k (k = 1, 2, ..., K níveis) nas subparcelas com L repetições. O modelo matemático foi expresso como:

$$Y_{ijkl} = m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{(ij)l} + c_k + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + (abc)_{ijk} + e'_{(ijk)l},$$

sendo que Y_{ijkl} representa a observação do i-ésimo nível de A, j-ésimo nível de B, k-ésimo nível de C na l-ésima repetição; $e_{(ij)l}$ representa o erro do acaso para as parcelas (erro(a)) e $e'_{(ijk)l}$ para as subparcelas (erro (b)).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos em parcelas subdivididas, com tratamentos distribuídos inteiramente ao acaso, são analisados de acordo com o esquema apresentado na Tabela 1.

É evidente que os três fatores A, B e C, cada um considerado como fixo ou aleatório, levam a oito casos, cujos componentes de variância, para cada um deles, são apresentados nas Tabelas de 2 a 9.

Foi utilizada a seguinte notação:

σ^2_e = variância de $e_{(ij)l}$;

QME(a) = quadrado médio de erro referente a parcelas;

$\sigma^2_{e'}$ = variância de $e'_{(ijk)l}$;

QME (b) = quadrado médio do erro referente a subparcelas;

σ^2 = variância admitida para os fatores e interações;

QM = quadrado médio;

f = efeito fixo;

a = efeito aleatório;

$$f(a) = [1/(I-1)]^i \sum_{i=1} a_i^2$$

$$f(b) = [1/(J-1)] \sum_{j=1}^{j} b_j^2;$$

$$f(ab) = [1/(I-1)(J-1)]^i \sum_{i,j=1}^{j} (ab)_{ij}^2;$$

$$f(ac) = [1/(I-1)(K-1)] \sum_{i,k=1}^{i}\sum^{k} (ac)_{ik}^2;$$

$$f(bc) = [1/(J-1)(K-1)] \sum_{j,k=1}^{j}\sum^{k} (bc)_{jk}^2;$$

$$f(abc) = [1/(I-1)(J-1)(K-1)] \sum_{i,j,k=1}^{i}\sum^{j}\sum^{k} (abc)_{ijk}^2;$$

Com o objetivo de apresentar uma visualização geral dos casos considerados, os resultados encontrados para o teste F são apresentados na Tabela 10. Verificou-se que o teste F tem o procedimento comum dos experimentos em parcelas subdivididas, apenas quando se considera o modelo fixo, onde os efeitos do fatorial AxB (A, B e A x B), distribuídos nas parcelas, são testados com o quadrado médio QME

TABELA 1 - Esquema da análise para parcelas subdivididas inteiramente ao acaso, com plano fatorial A x B nas parcelas principais e C nas subparcelas.

Fonte de variação	Graus de liberdade
Fator A	I-1
Fator B	J-1
Interação A x B	(I-1)(J-1)
Erro (a)	IJ (L-1)
Parcelas	IJL-1
Fator C	K-1
Interação A x C	(I-1)(K-1)
Interação B x C	(J-1)(K-1)
Interação A x B x C	(I-1)(J-1)(K-1)
Erro (b)	IJ (K-1)(L-1)
Total	IJKL-1

TABELA 2. Componentes de variância para o modelo fixo.

F.variação	Efeito	E(QM)
Fator A	f	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_e + JKLf(a)$
Fator B	f	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_e + IKLf(b)$
Interação AxB	f	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_e + KLf(ab)$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_e$
Fator C	f	$\sigma^2_{e'} + IJLf(c)$
Interacão AxC	f	$\sigma^2_{e'} + JLf(ac)$
Interação BxC	f	$\sigma^2_{e'} + ILf(bc)$
Interação AxBxC	f	$\sigma^2_{e'} + Lf(abc)$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

TABELA 3. Componentes de variância para o modelo aleatório.

F. variação	Efeito	E(QM)
Fator A	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac} + K\sigma^2_e + KL\sigma^2_{ab} + JKL\sigma^2_a$
Fator B	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + K\sigma^2_e + KL\sigma^2_{ab} + IKL\sigma^2_b$
Interação AxB	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_e + KL\sigma^2_{ab}$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_e$
Fator C	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + JL\sigma^2_{ac} + IJL\sigma^2_c$
Interação AxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac}$
Interação BxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc}$
Interação AxBxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc}$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

Teste F para A, B, C e A x B;

$$F_a = \frac{QMA + QMAxBxC}{QMAxB + QMAxC} \qquad F_b = \frac{QMB + QMAxBxC}{QMAxB + QMBxC}$$

$$F_c = \frac{QMC + QMAxBxC}{QMAxC + QMBxC} \qquad F_{ab} = \frac{QMAxB + QME(b)}{QMAxBxC + QME(a)}$$

TABELA 4. Componentes de variância para o modelo misto considerando-se A e B fixos e C aleatório.

F. variação	Efeito	E(QM)
Fator A	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac} + K\sigma^2_{e} + JKLf(a)$
Fator B	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + K\sigma^2_{e} + IKLf(b)$
Interação AxB	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KLf(ab)$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_{e}$
Fator C	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + JL\sigma^2_{ac} + IJL\sigma^2_{c}$
Interação AxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac}$
Interação BxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc}$
Interação AxBxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc}$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

Teste F para A, B, C e A x B;

$$F_a = \frac{QMA + QME(b)}{QMAxC + QME(a)} \qquad F_b = \frac{QMB + QME(b)}{QMBxC + QME(a)}$$

$$F_c = \frac{QMC + QMAxBxC}{QMAxC + QMBxC} \qquad F_{ab} = \frac{QMAxB + QME(b)}{QMAxBxC + QME(a)}$$

TABELA 5. Componentes de variância para o modelo misto com A fixo, e B e C aleatórios.

F. variação	Efeito	E(QM)
Fator A	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + JKLf(a)$
Fator B	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{a} + IKL\sigma^2_{b}$
Interação AxB	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab}$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_{e}$
Fator C	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + JL\sigma^2_{ac} + IJL\sigma^2_{c}$
Interação AxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac}$
Interação BxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc}$
Interação AxBxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc}$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

Teste F para A, B, C e A x B;

$$F_a = \frac{QMA + QMAxBxC}{QMAxB + QMAxC} \qquad F_b = \frac{QMB + QMAxBxC}{QMAxB + QMBxC}$$

$$F_c = \frac{QMC + QMAxBxC}{QMAxC + QMBxC} \qquad F_{ab} = \frac{QMAxB + QME(b)}{QMAxBxC + QME(a)}$$

TABELA 6. Componentes de variância para o modelo misto com A e C aleatórios e B fixo.

F. variação	Efeito	E(QM)
Fator A	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + JKL\sigma^2_{a}$
Fator B	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + IKLf(b$
Interação AxB	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab}$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_{e}$
Fator C	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + JL\sigma^2_{ac} + IJL\sigma^2_{c}$
Interação AxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac}$
Interação BxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc}$
Interação AxBxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc}$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

Teste F para A, B, C e A x B;

$$F_a = \frac{QMA + QMAxBxC}{QMAxB + QMAxC} \qquad F_b = \frac{QMB + QMAxBxC}{QMAxB + QMBxC}$$

$$F_c = \frac{QMC + QMAxBxC}{QMAxC + QMBxC} \qquad F_{ab} = \frac{QMAxB + QME(b)}{QMAxBxC + QME(a)}$$

TABELA 7. Componentes de variância do modelo misto com A e C fixos e B aleatório.

F. variação	Efeito	E(QM)
Fator A	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + JKLf(a)$
Fator B	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + IKL\sigma^2_{b}$
Interação AxB	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab}$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_{e}$
Fator C	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + IJLf(c)$
Interação AxC	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JLf(ac)$
Interação BxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc}$
Interação AxBxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc}$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

Teste F para A, B, C e A x B;

$$F_a = \frac{QMA}{QMAxB} \qquad F_b = \frac{QMB + QMAxBxC}{QMAxB + QMBxC}$$

$$F_c = \frac{QMC}{QMBxC} \qquad F_{ab} = \frac{QMAxB + QME(b)}{QMAxBxC + QME(a)}$$

TABELA 8. Componentes de variância para o modelo misto com A aleatório e B e C fixos.

F. variação	Efeito	E(QM)
Fator A	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + JKL\sigma^2_{a}$
Fator B	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + IKLf(b)$
Interação AxB	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab}$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_{e}$
Fator C	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac} + IJLf(c)$
Interação AxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac}$
Interação BxC	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + ILf(bc)$
Interação AxBxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc}$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

Teste F para A, B, C e A x B;

$$F_a = \frac{QMA + QMAxBxC}{QMAxB + QMAxC} \qquad F_b = \frac{QMB}{QMAxB}$$

$$F_{ab} = \frac{QMAxB + QME(b)}{QMAxBxC + QME(a)} \qquad F_c = \frac{QMC}{QMAxC}$$

TABELA 9. Componentes de variância para o modelo misto com A e B aleatórios e C fixo.

F. variação	Efeito	E(QM)
Fator A	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + JKL\sigma^2_{a}$
Fator B	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab} + IKL\sigma^2_{b}$
Interação AxB	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + K\sigma^2_{e} + KL\sigma^2_{ab}$
Erro(a)	a	$\sigma^2_{e'} + K\sigma^2_{e}$
Fator C	f	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc} + JL\sigma^2_{ac} + IJLf(c)$
Interaçào AxC.	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + JL\sigma^2_{ac}$
Interação BxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc} + IL\sigma^2_{bc}$
Interação AxBxC	a	$\sigma^2_{e'} + L\sigma^2_{abc}$
Erro(b)	a	$\sigma^2_{e'}$

Teste F para A, B, C e A x B;

$$F_a = \frac{QMA + QMAxBxC}{QMAxB + QMAxC} \qquad F_b = \frac{QMB + QMAxBxC}{QMAxB + QMBxC}$$

$$F_c = \frac{QMC + QMAxBxC}{QMAxC + QMBxC} \qquad F_{ab} = \frac{QMAxB + QME(b)}{QMAxBxC + QME(a)}$$

TABELA 10. Teste F para os efeitos principais e interações de dois fatores nos diferentes casos considerados para o modelo.

Causa de variação	Tabela 02	Tabela 03	Tabela 04	Tabela 05	Tabela 06	Tabela 07	Tabela 08	Tabela 09
Fator A	QMA	QMA + QMAxBxC	QMA + QME(b)	QMA + QMAxBxC	QMA + QMAxBxC	QMA	QMA + QMAxBxC	QMA + QMAxBxC
	QME(a)	QMAxB + QMAxC	QMAxC + QME(a)	QMAxB + QMAxC	QMAxB + QMAxC	QMAxB	QMAxB + QMAxC	QMAxB + QMAxC
Fator B	QMB	QMB + QMAxBxC	QMB + QME(b)	QMB + QMAxBxC	QMB + QMAxBxC	QMB + QMAxBxC	QMB	QMB + QMAxBxC
	QME(a)	QMAxB + QMBxC	QMBxC + QME(a)	QMAxB + QMBxC	QMAxB + QMBxC	QMAxB + QMBxC	QMAxB	QMAxB + QMBxC
Interação AxB	QMAxB	QMAxB + QME(b)	QMAxB + QME(b)	QMAxB + QME(b)	QMAxB QME(b)	QMAxB + QME(b)	QMAxB + QME(b)	QMAxB + QME(b)
	QME(a)	QMAxBxC + QME(a)	QMAxBxC + QME(a)	QMAxBxC + QME(a)	QMAxBxC + QME(a)	QMAxBxC + QME(a)	QMAxBxC + QME(a)	QMAxBxC + QME(a)
Fator C	QMC	QMC + QMAxBxC	QMC + QMAxBxC	QMC + QMAxBxC	QMC + QMAxBxC	QMC	QMC	QMC + QMAxBxC
	QME(b)	QMAxC + QMBxC	QMAxC + QMBxC	QMAxC + QMBxC	QMAxC + QMBxC	QMBxC	QMAxC	QMAxC + QMBxC
Interação AxC	QMAxC	QMAxC	QMAxC	QMAxC	QMAxC	QMAxC	QMAxC	QMAxC
	QME(b)	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC
Interação BxC	QMBxC	QMBxC	QMBxC	QMBxC	QMBxC	QMBxC	QMBxC	QMBxC
	QME(b)	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC	QMAxBxC

(a), e C com suas interações são testados com o quadrado médio QME(b) (subparcelas).

Os resultados encontrados mostraram que merece atenção especial o teste F, para os efeitos principais e a interação dos dois fatores distribuídos nas parcelas, ou seja, houve sempre necessidade de se fazer uma combinação de quadrados médios, a fim de obter um teste correto para o F de Snedecor, bem como o número de graus de liberdade associados a ele. A interação A x B x C é sempre testada com o quadrado médio QME(b).

Observou-se o mesmo procedimento do teste F para os casos apresentados nas Tabelas 3, 5, 6 e 9, ou seja, quando se consideraram aleatórios os três fatores, ou dois aleatórios e um fixo.

As interações de dois fatores tiveram um comportamento semelhante quanto ao teste F. Os efeitos de A x C e B x C devem ser testados com o efeito de A x B x C, e o efeito de A x B combinado com o erro(b), com a combinação linear de A x B x C e o erro(a), em todos os casos, com exceção daquele tratado como modelo fixo (Tabela 2).

Sempre que se faz uma combinação linear de quadrados médios, há necessidade de se estimar o número de graus de liberdade associados a esta combinação. Satterthwaite (1946) propõe para este fim um processo que pode ser resumido da seguinte maneira:

Para duas estimativas de variância, V_1 e V_2 com n_1 e n_2 graus de liberdade, respectivamente, a estimativa de variância $V = a_1V_1 + a_2V_2$ terá n graus de liberdade, sendo:

$$n = \frac{(a_1V_1 + a_2V_2)^2}{\dfrac{a_1^2V_1^2}{n_1} + \dfrac{a_2^2V_2^2}{n_2}}$$

onde a_1 e a_2 são constantes quaisquer, diferentes de zero. Assim, o número aproximado de graus de liberdade, associado a cada combinação linear de quadrados médios, pode ser obtido pelo procedimento acima descrito.

CONCLUSÕES

1. Para o modelo fixo, os efeitos principais e a interação dos fatores das parcelas são testados

com o quadrado médio relativo ao erro de parcelas (erro(a)), e o efeito do fator das subparcelas e de suas interações são testados com o quadrado médio referente ao erro de subparcelas (erro (b)).

2. Sempre que o modelo for aleatório ou misto (pelo menos um fator aleatório), há necessidade de se fazer uma combinação linear dos quadrados médios, a fim de se obter o teste F para os efeitos principais e para a interação dos fatores distribuídos nas parcelas.

3. Com exceção do modelo fixo, as interações de dois fatores que incluam o fator das subparcelas são testadas com a interação de três fatores, e esta com o quadrado médio QME(b) de subparcelas.

AGRADECIMENTOS

Aos Drs. Hermínio Maia Rocha e Benedito Carlos Lemos de Carvalho, pela leitura do texto original e sugestões.

REFERÊNCIAS

HICKS, C. R. **Fundamental concepts in the design of experiments**, 2.ed. Holt, New York: Rinehart and Winston, 1973.

PEIXOTO, M. F. S. P. **Adubação organo-mineral da batata-doce**. Cruz das Almas: EAUFBA, 1989, 91p. Tese de Mestrado.

SATTERTHWAITE, F. E. An aproximate distribution of estimates of variance components. **Biometrics Bulletin**, v.2, p.110-114, 1946.

STELL, R.G. D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics; a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.