

# Planejamento e modelagem de experimentos executados em ordem não completamente aleatória

Cleber N. Borges (PG), João A. Bortoloti (PG) e Roy E. Bruns (PQ)\*

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, CP 6154, 13083-970, Campinas, SP, Brasil

\* bruns@iqm.unicamp.br

Palavras Chave: Planejamento de Experimentos, Modelagem Estatística, Split-Plot.

## Introdução

Planejamentos *split-plot* têm como característica intrínseca uma relaxação quanto à obrigatoriedade da execução de experimentos em ordem aleatória. Fatores que são facilmente controlados são variados aleatoriamente dentro de blocos formado pelos fatores de difícil ajuste<sup>1</sup>. Em muitos casos são empregados para facilitar o trabalho experimental.

O presente trabalho tem como objetivo estudar o planejamento *split-plot* através de experimentos simulados para esclarecer alguns pontos importantes na modelagem estatística e no cálculo dos erros dos parâmetros desse modelo, uma vez que os experimentos foram realizados em blocos.

## Resultados e Discussão

Um planejamento fatorial 2<sup>4</sup> foi elaborado onde o main-plot, constituído pela variável A, foi blocado. Os sub-plots formados pelas variáveis B, C e D foram completamente aleatorizadas. As respostas simuladas foram geradas pelo modelo abaixo e nelas adicionados erros seguindo o esquema *split plot*.

$$y = 15 + 11A + 13B + 0C - 8D + 3,5BC + 7BD + 0CD + 5AB + 0AC + 0AD \quad (1)$$

Os experimentos simulados incluíram 10000 replicações estruturadas em blocos. Os erros padrões adicionados foram de 0,50 a 5,0. Com os dados obtidos, obteve-se os componentes de variância dos experimentos:  $S_R^2$  (variância das replicatas),  $S_{RZ}^2$  (variância do *main-plot*) e  $S_e^2$  (variância do *sub-plot*).

Para o planejamento fatorial realizado segundo o esquema *split plot*, os valores dos erros padrões associados aos coeficientes do modelo são:

$$S_{média} = \left( \frac{1}{r} \cdot S_R^2 + \frac{1}{rp} \cdot S_{RZ}^2 + \frac{1}{rpm} \cdot S_e^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$S_{mainplot} = \left( \frac{1}{rp} \cdot S_{RZ}^2 + \frac{1}{rpm} \cdot S_e^2 \right)^{1/2} \quad (3)$$

$$S_{subplot} = \left( \frac{1}{rpm} \cdot S_e^2 \right)^{1/2} \quad (4)$$

onde  $r$ ,  $p$  e  $m$  representam o número de replicatas, *main-plots* e *sub-plots* respectivamente.

As equações 2, 3 e 4 foram confirmadas por três tipos de simulação de uma das fontes de

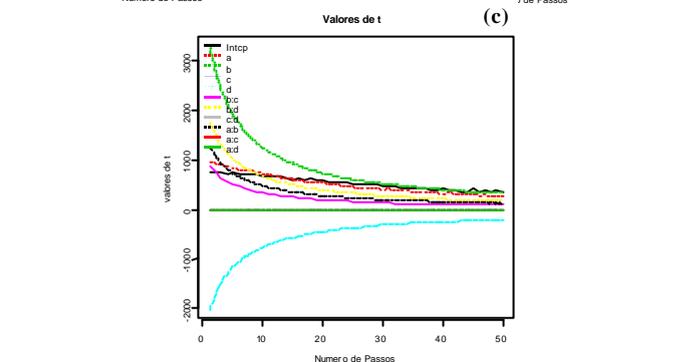
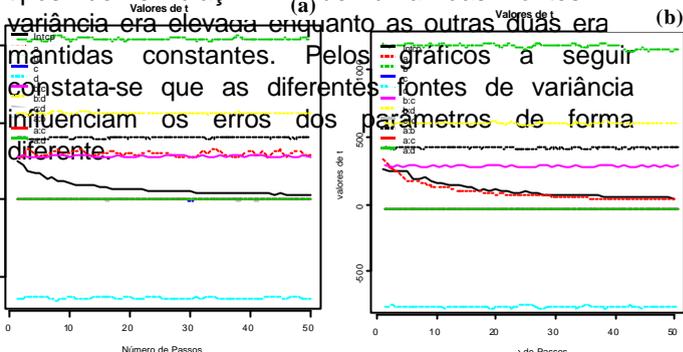


Figura 1. Valores de t (coeficientes / erro padrão (S)) para os 50 passos da simulação onde há o aumento dos erros para os seguintes blocos: (a) replicatas; (b) *main-plots* e (c) *sub-plots*.

## Conclusões

A modelagem estatística de experimentos realizados de forma não completamente aleatória requer um procedimento apropriado para essa situação fornecendo um modelo mais adequado e, portanto, mais confiável para se tirar conclusões sobre o sistema estudado.

## Agradecimentos

CNPq e FAPESP

---

1 - Kowalski, S.M.; Potcner, K.J., *Quality Progress*, **2003**, 36(11), 60.