

**FUNÇÃO PARA ANALISAR EXPERIMENTOS EM FATORIAL DUPLO COM UM
TRATAMENTO ADICIONAL, EM UMA SÓ RODADA**

PÓRTYA PISCITELLI CAVALCANTI¹; ERIC BATISTA FERREIRA², DENISMAR
ALVES NOGUEIRA²

RESUMO

Uma função denominada *fat2.ad.dic()* foi programada em código R com o intuito de analisar experimentos realizados em Delineamentos Inteiramente Casualizado com fatorial duplo e um tratamento adicional de maneira mais rápida, prática e de fácil compreensão para usuários não estatísticos; incluindo a análise da variância e testes de comparação múltipla ou ajustes de modelos de regressão, respectivamente, para tratamentos qualitativos e quantitativos.

Palavras-chaves: Fatorial duplo, tratamento adicional, *software* R, ANAVA.

INTRODUÇÃO

A Estatística Experimental é a parte da Estatística que se ocupa de estudar o planejamento e a análise de experimentos. Por sua vez, os experimentos são reproduções controladas de fenômenos naturais sobre os quais o pesquisador tem interesse. Para melhor compreender tais fenômenos, o pesquisador é capaz de criar situações de rigoroso controle, em que apenas efeitos das variáveis estudadas são observados. O objetivo primeiro é estimar o efeito produzido em uma variável resposta quando os níveis de um ou mais efeitos se alteram (MACHADO et al., 2005).

Em ciências aplicadas, como as agrárias (ADRIAZZI, 2007), a experimentação tem particular importância. Com ela, pode-se determinar a melhor dose de adubo a ser aplicada no solo (ARAÚJO et al., 2007; BRUNETTO et al., 2008) para uma determinada cultura ter produtividade máxima, a melhor época para se colher um fruto para que esse tenha sabor mais apreciado, ou o melhor tipo de poda para que uma cultura perene produza mais.

Um exemplo de área em que a experimentação é muito útil é a fruticultura, particularmente no cultivo de videiras, com suas uvas de mesa e uvas destinadas à fabricação de vinhos (ELIAS, 2008). Nesta e em outras áreas das ciências agrárias, apresentam-se experimentos cujos delineamentos e esquemas de análise podem se mostrar trabalhosos no tocante à análise de dados. Podem-se estudar o efeito que, por exemplo, cultivares, doses de adubação do solo, adubação foliar e épocas de colheita têm sobre as características do fruto, como teor de açúcar, pH, teor de sólidos totais, sólidos solúveis, dentre outros.

Por estas e outras razões, não é raro que os delineamentos, modelos estatísticos e, conseqüentemente a análise, se tornem complexos e demandem pesquisa constante. Um exemplo de situação experimental relativamente complexa são os experimentos em esquemas fatoriais com um tratamento adicional (BEZERRA NETO et al., 2005; VIDAL NETO et al., 2005, YASSIN et al., 2002). Nestas situações, a análise desse tipo de experimento exige que o pesquisador execute várias rodadas (análises) e complementem essas análises por conta própria, tornando o procedimento mais difícil e duvidoso. Sugere-se que tais análises sejam feitas em *softwares* amplamente difundidos e grátis, como Sisvar (FERREIRA, 2008), Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2006) e R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009)

¹ Graduanda em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG), portyapc@gmail.com.

² Professor Adjunto I, Instituto de Ciências Exatas (ICEx), Unifal-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi programada uma função em código R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) para analisar experimentos em DIC com fatorial duplo e um tratamento adicional, em uma só rodada. Essa função foi nomeada *fat2.ad.dic()* e realiza a análise de variância e a comparação de médias, sendo que as médias dos tratamentos quantitativos são diferenciadas pelo ajuste de modelos de regressão até o terceiro grau e as médias dos tratamentos qualitativos podem ser diferenciadas pelos seguintes testes de comparação múltipla: teste de Tukey, teste de Student-Newman-Keuls (SNK), teste de Scott-Knott, teste de Duncan e teste t (LSD). Esta função recebe 9 argumentos, nesta ordem:

fat2.ad.dic(fator1, fator2, resp, respAd, quali, mcomp, fac.names, sigT, SigF)

fator1: vetor com os níveis do fator 1;

fator2: vetor com os níveis do fator 2;

resp: vetor com a variável-resposta dos 2 fatores;

respAd: vetor com a variável resposta do tratamento adicional;

quali=c(T,T): variável lógica, se *TRUE* (default) na primeira posição, os níveis do fator 1 são designados como qualitativos, se *FALSE*, quantitativos; da mesma forma, a segunda posição é referente aos níveis do fator 2;

mcomp='Tukey': variável que permite escolher o teste de comparação múltipla; o default é o teste de Tukey (só válida para tratamentos qualitativos);

fac.names: permite nomear os fatores 1 e 2;

sigT: significância do teste de comparação múltipla de médias; o default é 0,05. (só válida para tratamentos qualitativos); e

sigF: significância do teste F da ANAVA; o default é a *sigT*.

O funcionamento da função *fat2.ad.dic()*, bem como suas saídas, foi ilustrado com dados simulados de uma normal com média 10 e variância 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise de fatoriais duplos com um tratamento adicional no R, normalmente, são necessárias duas análises:

- a) Análise de variância do fatorial duplo com desdobramento da interação (caso seja significativa); e
- b) Análise de variância de um DIC simples incluindo todos os tratamentos juntamente com o adicional.

Na Tabela 1 pode-se observar a de análise de variância do fatorial duplo, onde os dois fatores α e β possuem a e b níveis, respectivamente.

Tabela 1. Análise de variância de um fatorial duplo em DIC.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F_c</i>
α	$a - 1$	SQ_{α}	$\frac{SQ_{\alpha}}{gl_{\alpha}}$	$\frac{QM_{\alpha}}{QM_R}$
β	$b - 1$	SQ_{β}	$\frac{SQ_{\beta}}{gl_{\beta}}$	$\frac{QM_{\beta}}{QM_R}$
$\alpha * \beta$	$(a - 1)(b - 1)$	$SQ_{\alpha\beta}$	$\frac{SQ_{\alpha\beta}}{gl_{\alpha\beta}}$	$\frac{QM_{\alpha\beta}}{QM_R}$
Resíduo	$ab(J - 1)$	SQ_R	$\frac{SQ_R}{gl_R}$	
Total	$abJ - 1$	SQ_T	$\frac{SQ_T}{gl_T}$	

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Na Tabela 2 tem-se a análise de variância do DIC simples, onde a fonte de variação *Trat* possui todos os tratamentos incluindo o adicional.

Tabela 2. Análise de variância de um experimento em DIC, onde a fonte de variação *Trat* é constituída de todos os tratamentos juntamente com o tratamento adicional.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F_c</i>
Trat	<i>ab</i>	SQ_{Tr}	$\frac{SQ_{Tr}}{gl_{Tr}}$	$\frac{QM_{Tr}}{QM_R}$
Resíduo	$(ab + 1)J - 1 - ab$	SQ_R	$\frac{SQ_R}{gl_R}$	
Total	$(ab + 1)J - 1$	SQ_T	$\frac{SQ_T}{gl_T}$	

A partir destas duas tabelas, a tabela de análise de variância do experimento em questão - DIC com fatorial duplo e um tratamento adicional - foi montada (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância de um experimento em DIC com fatorial duplo e tratamento adicional.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F_c</i>
α	$a - 1$	SQ_α	$\frac{SQ_\alpha}{gl_\alpha}$	$\frac{QM_\alpha}{QM_R}$
β	$b - 1$	SQ_β	$\frac{SQ_\beta}{gl_\beta}$	$\frac{QM_\beta}{QM_R}$
$\alpha * \beta$	$(a - 1)(b - 1)$	$SQ_{\alpha\beta}$	$\frac{SQ_{\alpha\beta}}{gl_{\alpha\beta}}$	$\frac{QM_{\alpha\beta}}{QM_R}$
Adicional vs Fatorial	1	SQ_{ad}	$\frac{SQ_{ad}}{1}$	$\frac{QM_{ad}}{QM_R}$
Resíduo	$(ab + 1)J - 1 - ab$	SQ_R	$\frac{SQ_R}{gl_R}$	
Total	$(ab + 1)J - 1$	SQ_T	$\frac{SQ_T}{gl_T}$	

A soma de quadrados do contraste do tratamento adicional com o fatorial (SQ_{ad}) foi calculada por diferença entre a soma de quadrados dos tratamentos (SQ_{Tr}) da segunda tabela e as somas de quadrados dos fatores α e β e sua interação (SQ_α , SQ_β e $SQ_{\alpha\beta}$) da primeira tabela, ou seja:

$$SQ_{ad} = SQ_{Tr} - SQ_\alpha - SQ_\beta - SQ_{\alpha\beta}.$$

O Resíduo utilizado foi o encontrado na Tabela 2 e, desta forma, os quantis da distribuição F (F_c) foram recalculados.

Com a função *fat2.ad.dic()*, todo este procedimento e também a comparação de médias é realizado em apenas uma rodada, poupando tempo e facilitando a interpretação dos resultados. A Figura 1, a seguir, ilustra a saída da função.

Legenda:

FATOR 1: F1

FATOR 2: F2

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
Fator1	1	0.48000	0.48000	0.9375	0.3558
Fator2	1	0.16333	0.16333	0.319	0.5846
Fator1*Fator2	1	0.12000	0.12000	0.2344	0.6387
Ad vs Fatorial	1	0.24067	0.24067	0.4701	0.5085
Resíduo	10	5.12000	0.51200		
Total	14	6.12400	0.43743		

Contraste do tratamento adicional com o fatorial

	Médias
Adicional	10.53333 a
Fatorial	10.21667 a

Interação não significativa: analisando os efeitos simples

F1

De acordo com o teste F, as médias desse fator são estatisticamente iguais.

Níveis	Médias
1	10.41667
2	10.01667

F2

De acordo com o teste F, as médias desse fator são estatisticamente iguais.

Níveis	Médias
1	10.10000
2	10.33333

Figura 1. Saída da função *fat2.ad.dic()*: análise de variância de um experimento em DIC com fatorial duplo e um tratamento adicional.

Neste exemplo, após a análise de variância, verificou-se que todas as fontes de variação apresentaram valores de F_c não significativos. Caso fossem significativos, as interações seriam desdobradas e para os efeitos simples seria realizada a comparação múltipla de médias. Contudo deve-se observar que o resíduo a ser utilizado é o da Tabela 2.

CONCLUSÃO

A função *fat2.ad.dic()* tornou a análise de experimentos realizados em Delineamentos em Inteiramente Casualizado com fatorial duplo e um tratamento adicional no *software* R mais rápida, prática e de fácil compreensão para usuários não-estatísticos. Outras funções para analisar experimentos podem ser igualmente implementadas no *software* R.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANDRIAZZI, C. V. G. **Adequação da metodologia do teste de frio para avaliação do vigor de sementes de sorgo.** 28 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

ARAÚJO, E. N. de; OLIVEIRA, A. P. de; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M. de; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. da. **Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. H. C.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; NUNES, G. H. S.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; QUEIROGA, R. C. L. F. **Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 23, n. 1, p. 133-137, jan.-mar. 2005.

BRUNETTO, G.; BONGIORNO, C. L.; MATTIAS, J. L.; DEON, M.; MELO, G. W. DE; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A. **Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada.** Cienc. Rural [online]. 2008, vol.38, n.9, pp. 2622-2625. ISSN 0103-8478.

ELIAS, H. H. S. **Caracterização física, química e bioquímica de cultivares de videira durante a maturação.** 74 p. 2008. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, D. **SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística.** Revista Symposium. Lavras, v.6, p. 36-41, 2008.

MACHADO, A. A.; DEM_ETRIO, C. G. B.; FERREIRA, D. F.; SILVA, J. G. C. da. **Estatística Experimental: uma abordagem fundamental no planejamento e no uso de recursos computacionais.** 50a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria/11o Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica. Londrina, PR. 2005. 290 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.

VIDAL NETO, F. C.; SILVA, F. P. DA; BLEICHER, E.; MELO, F. I. O. **Mutantes morfológicos de algodoeiro herbáceo como fonte de resistência ao bicudo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.2, p.123-128, fev. 2005.

YASSIN, N.; MORAIS, A. R. de; MUNIZ, J. A. **Análise de variância em um experimento fatorial de dois fatores com tratamentos adicionais.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras. Edição Especial, p.1541-1547, dez., 2002.