

## ANÁLISE BIVARIADA DO RENDIMENTO DE MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA CONSORCIADO <sup>1/</sup>

Cosme Damião Cruz <sup>2/</sup>  
Paulo César Magalhães <sup>3/</sup>  
Israel Alexandre Pereira Filho <sup>3/</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

Análises de experimentos consorciados que levam em consideração a natureza da resposta bivariada da parcela vêm sendo recomendadas por inúmeros pesquisadores. Esse tipo de análise foi inicialmente sugerido por PEARCE e GILLIVER (3,4), por meio da proposta de um método fundamentado tanto na análise da variância quanto na representação da dispersão dos rendimentos das culturas consorciadas em gráficos onde é enfatizada a correlação residual.

A distinção entre as análises uni e bivariada está, principalmente, no fato de que a última leva em consideração as correlações entre os rendimentos das duas culturas, proporcionadas pelo cultivo destas, simultaneamente, na mesma parcela. Segundo PEARCE e GILLIVER (3), se o rendimento de uma fosse exatamente determinado pelo da outra, não haveria problema, pois seria suficiente analisar um dos rendimentos. Ainda, se o rendimento de uma fosse totalmente independente do da outra, também não haveria problema, pois a análise separada de ambos os rendimentos seria satisfatória.

Ilustrações da utilização da técnica bivariada em experimentos consorciados são apresentadas por numerosos pesquisadores. São encontrados exemplos em trabalhos com consórcio do milho e mandioca (3), sorgo e milheto (1, 2) e milho e feijão (6), entre outros. De maneira geral, é citado que a técnica bivariada propicia interpretação mais adequada dos resultados, por descrever a superioridade relativa dos tratamentos por meio do "rendimento do consórcio", que leva em consideração, simultaneamente, os rendimentos das duas culturas envolvidas no ensaio, sendo de grande interesse do pesquisador.

---

<sup>1/</sup> Aceito para publicação em 7.12.1990.

<sup>2/</sup> Departamento de Biologia Geral da UFV. 36570 Viçosa, MG.

<sup>3/</sup> Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 35700 Sete Lagoas, MG.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar, por meio da análise bivariada, cultivares de feijão em experimento consorciado, em dois arranjos de plantio em relação à fileira do milho (plantio na linha e na entrelinha). Adicionalmente, compararam-se os resultados da análise bivariada com os obtidos por meio de análises univariadas dos rendimentos de cada cultura ou da produção equivalente de milho.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Foram usados dados obtidos de um ensaio com cinco cultivares de feijão (ESAL 506, ESAL 566, ESAL 574, ESAL 581 e Carioca) em consórcio com um cultivar de milho (Br 201) cultivados em dois arranjos de plantio.

A parcela constou de seis fileiras de milho, com seis metros de comprimento, espaçadas de 1,0 m nas entrelinhas. O feijão foi semeado nessa parcela em dois arranjos: no primeiro, foi plantado nas entrelinhas e, no segundo, na própria linha do milho. Foi empregado o delineamento em blocos ao acaso, com duas repetições.

Realizaram-se análises univariadas das variâncias dos rendimentos de grãos das culturas e da produção equivalente de milho, considerando uma relação entre preços de feijão e de milho de 4,5, conforme já adotado por RAMALHO *et alii* (5). A análise bivariada foi realizada conforme o procedimento sugerido por PEARCE e GILLIVER (3, 4), descrito a seguir.

Considerou-se que:

$Y_{fi}$  = rendimento médio do *i*-ésimo cultivar de feijão em consórcio;

$Y_{mi}$  = rendimento médio do cultivar de milho em consórcio com o *i*-ésimo cultivar de feijão;

$V_{11}$  = quadrado médio do resíduo da análise da variância do rendimento de feijão em consórcio, desconsiderando o rendimento do milho;

$V_{22}$  = quadrado médio do resíduo da análise da variância do rendimento do cultivar de milho em consórcio com o feijão;

$V_{12}$  = produto médio do resíduo da análise combinada dos rendimentos do milho e do feijão no experimento consorciado.

Com base nessas estatísticas, os rendimentos originais foram transformados de tal forma que pudessem ser representados em gráficos, onde a posição relativa dos escores possibilitasse discriminar pares consorciados de desempenhos semelhantes e pares com desempenhos distintos. Dois tipos de dispersão, conforme sugerido por PEARCE e GILLIVER (3, 4), podem ser empregados. A dispersão apresentada neste trabalho foi feita em relação a eixos perpendiculares, estabelecidos pelas variáveis

$$X_{fi} = Y_{fi} / \sqrt{V_{11}} \text{ e}$$

$$X_{mi} = (Y_{mi} - V_{12}Y_{fi}/V_{11}) / \sqrt{V_{22} - V_{12}^2/V_{11}}$$

Como as variáveis  $X_{fi}$  e  $X_{mi}$  têm variâncias residuais iguais a um e covariâncias nulas, o erro-padrão da média de um tratamento, obtida de *n* valores, é representado por uma distância equivalente a  $1/\sqrt{n}$ , em qualquer direção.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 acham-se os resultados das análises univariadas das variâncias dos rendimentos de feijão e de milho e das produções equivalentes de milho, estimadas com

QUADRO 1 - Resultados da análise de variância dos rendimentos de feijão (Rf) e de milho (Rm) e das produções equivalentes de milho (PEq), avaliados em experimento consorciado, com um cultivar de milho e cinco de feijão, em dois arranjos de plantio. Sete Lagoas, MG, 1988/89

F.V.	G.L.	Quadrados médios		
		Rf	Rm	PEq
Blocos	1	3.015,81	699.520,00	347.562,09
Tratamentos	9	4.530,15 ns	188.472,90 ns	231.630,43 ns
Cultivares de feijão (C)	4	4.640,88 ns	315.872,00 ns	485.589,13 ns
Arranjo de plantio (A)	1	11.860,88 ns	368.192,00 ns	3.802,41 ns
CXA	4	1.836,50 ns	16.144,00 ns	34.628,86 ns
Resíduo	9	2.402,87	299.043,60	265.400,35
Média		208,18	5.854,26	6.790,98
CV(%)		23,56	9,34	7,59

ns: Não-significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

base numa relação entre preços de quilograma de feijão e quilograma de milho de 4,5. Como pode ser observado, pela análise univariada não foi possível detectar diferenças significativas entre os efeitos considerados, ou seja, entre cultivares de feijão, entre arranjos de plantio (plantio de feijão na linha ou na entrelinha do milho) ou da interação desses dois efeitos.

No Quadro 2 apresentam-se as médias dos rendimentos dos cultivares de feijão e de milho nos dois arranjos de plantio. Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas pela análise de variância, houve redução consistente no rendimento dos cultivares de feijão plantados na linha, em comparação com o plantado nas entrelinhas do milho. Também houve redução consistente no rendimento do cultivar de milho com o plantio do feijão na entrelinha, em comparação com o plantio na linha (Quadro 2).

As reduções mais pronunciadas no rendimento dos cultivares de feijão plantados na linha do milho foram verificadas, em ordem decrescente, nos cultivares ESAL 581, com redução de 32,7%, ESAL 566, ESAL 506 e Carioca. Apesar de também ter sido consistente a redução no rendimento do milho com o plantio na entrelinha, pode-se desprezá-la, uma vez que foi de apenas 4,5%, em média, com amplitude de 1,5 a 6,8%.

Outro fato também não detectado pela análise de variância foi a superioridade, consistente nos dois arranjos de plantio, em ordem decrescente dos cultivares, ESAL 566, ESAL 581, ESAL 506, Carioca e ESAL 579, quanto ao rendimento de grãos. Com relação ao milho Br 201, os cultivares de feijão que mais afetaram seu rendimento, em qualquer arranjo de plantio, foram, em ordem decrescente, ESAL 581, ESAL 579, ESAL 506, Carioca e ESAL 566.

Com base na ausência de efeitos significativos, tanto de arranjo de plantio quanto de cultivares de feijão, recomendar-se-ia o plantio na linha, por ser de mais fácil manejo e requerer apenas a adubação do milho, sendo, portanto, economicamente mais viável. Também, com base nesses resultados, o cultivar a ser consorciado com o milho Br 201 poderá ser qualquer um dos cinco avaliados. Entretanto, como a análise descritiva das médias evidencia que o arranjo de plantio na entrelinha favoreceu a produção de feijão e que o cultivar 566 foi o menos prejudicado pelo sistema consorciado, foi o que menos afetou o rendimento do milho e propiciou produção equivalente de milho mais elevada no consórcio com o milho Br 201 (Quadro 2), há indicações de que a recomendação desse arranjo e desse cultivar poderia ser mais adequada. A confirmação estatística da superioridade dessa recomendação deve ser investigada por intermédio de técnicas mais precisas e abrangentes, como, por exemplo, a análise bivariada.

Pela análise bivariada e pelo emprego do critério de Wilks, para avaliar a significância das diferenças entre os efeitos estudados, verificou-se a ocorrência de valores de F significativos apenas para o efeito de cultivares de feijão ( $P < 0,002$ ) e não-significativos, a 5% de probabilidade, para os efeitos de arranjos de plantio ( $P < 0,121$ ) e da interação de arranjos e cultivares de feijão ( $P < 0,162$ ).

A correlação residual entre os rendimentos de milho e de feijão foi de -0,34, o que demonstra que os fatores ambientais que favoreceram o rendimento de uma cultura prejudicaram o da outra. Tal fato sugere a ocorrência de fatores de competição entre as duas culturas, que, como já foi relatado por diversos autores, podem ser proporcionados pelo sombreamento, assimilação de nutrientes etc.

A transformação das médias dos rendimentos originais das duas culturas em valores cuja correlação residual é nula acha-se no Quadro 3. A dispersão gráfica desses valores encontra-se na Figura 1. Como se pode observar nessa figura, a comparação dos tratamentos pela análise bivariada é baseada nos rendimentos das duas culturas consorciadas. A coordenada de cada ponto representado no gráfico é estabelecida por  $X_f$  e  $X_m$ , sendo, assim, possível descrever a superioridade relativa dos efeitos estudados,

QUADRO 2 - Médias dos rendimentos de feijão e milho e das produções equivalentes de milho, em experimento consorciado (cinco cultivares de feijão, um cultivar de milho (Br 201) e dois arranjos de plantio). Sete Lagoas, MG, 1988/89

Cultivares/arranjo <sup>1/</sup>	Feijão			Milho			Produção equivalente <sup>2/</sup>		
	L	EL	Média	L	EL	Média	L	EL	Média
ESAL 581	190,10	282,35	236,23	5739,90	5346,60	5543,25	6595,35	6617,17	6606,26
ESAL 506	181,00	255,50	218,25	5919,95	5736,60	5828,27	6734,44	6886,34	6810,39
ESAL 579	167,65	167,65	167,65	5826,60	5486,60	5954,92	6581,02	6241,02	6411,02
ESAL 566	197,50	286,10	241,80	6429,95	6083,25	6256,60	7318,69	7370,69	7344,69
CARIOCA	168,25	185,50	176,87	6033,25	5939,95	5986,60	6790,37	6774,70	6782,53
Média	180,90	235,45	208,18	5889,93	5718,60	5854,26	6803,97	6777,98	6790,98

<sup>1/</sup> L = plantio na linha e EL = plantio na entrelinha do cultivar de milho Br 201.

<sup>2/</sup> Relação de 4,5 entre preços de quilograma de feijão e quilograma de milho.

QUADRO 3 - Rendimentos de cultivares de feijão ( $Y_f$ ) e de milho ( $Y_m$ ) e valores das variáveis não-correlacionadas,  $X_f$  e  $X_m$ , obtidos em experimentos consorciados, com cinco cultivares de feijão, um cultivar de milho e dois arranjos. Sete Lagoas, MG, 1988/89

Cultivar de feijão	Arranjos de plantio	$Y_f$	$Y_m$	$X_f$	$X_m$
ESAL 581	L	190,10	5739,90	3,88	12,57
ESAL 581	EL	282,35	5346,60	5,76	12,49
ESAL 506	L	181,00	5419,95	3,69	12,86
ESAL 506	EL	255,50	5736,60	5,21	13,05
ESAL 579	L	167,65	5826,60	3,42	12,57
ESAL 579	EL	167,65	5486,60	3,42	11,91
ESAL 566	L	197,50	6429,95	4,03	13,97
ESAL 566	EL	286,10	6083,25	5,84	13,95
Carioca	L	168,25	6033,25	3,43	12,98
Carioca	EL	185,50	5939,95	3,78	12,93

\*L = plantio na linha e EL = plantio na entrelinha do cultivar de milho BR 201.

não pelo rendimento do milho ou do feijão, mas pelo "rendimento do consórcio", que é a medida de maior interesse nesse tipo de avaliação.

Na Figura 1 evidencia-se que não houve grandes diferenças entre os cultivares de feijão consorciados quando o plantio foi feito na linha do milho Br 201. Com exceção do cultivar 4 (ESAL 566), os demais ocuparam posições relativamente próximas no gráfico de dispersão.

Verificou-se também que o efeito do arranjo de plantio foi pequeno, em particular para o consórcio do cultivar Carioca com o milho BR 201. Para os demais pares consorciados, apesar de as distâncias gráficas serem maiores, não houve diferenças entre arranjos de plantio.

Na análise bivariada, destacou-se a superioridade relativa do cultivar 4 (ESAL 566), em particular quando plantado na entrelinha do milho Br 201, cuja posição no gráfico (Figura 1) é divergente da dos demais e cuja coordenada é estabelecida por valores de  $X_f$  e  $X_m$  de alta magnitude. A comprovação da superioridade desse tratamento coincide com a interpretação feita com base na análise descritiva e classificatória dos rendimentos, separadamente, do milho e do feijão, realizada anteriormente. Vale, novamente, ressaltar que a superioridade desse tratamento não foi detectada pela análise univariada das variâncias.

#### 4. RESUMO

Foram avaliados cinco cultivares de feijão (ESAL 506, ESAL 566, ESAL 579, ESAL 581 e Carioca) em consórcio com um cultivar de milho (Br 201), em dois arranjos de plantio. Realizaram-se análises univariada e bivariada dos rendimentos das culturas consorciadas, segundo o delineamento em blocos ao acaso.

As análises univariadas das variâncias não foram eficientes na indicação de diferenças significativas entre os efeitos estudados. Entretanto, análises descritivas e classi-

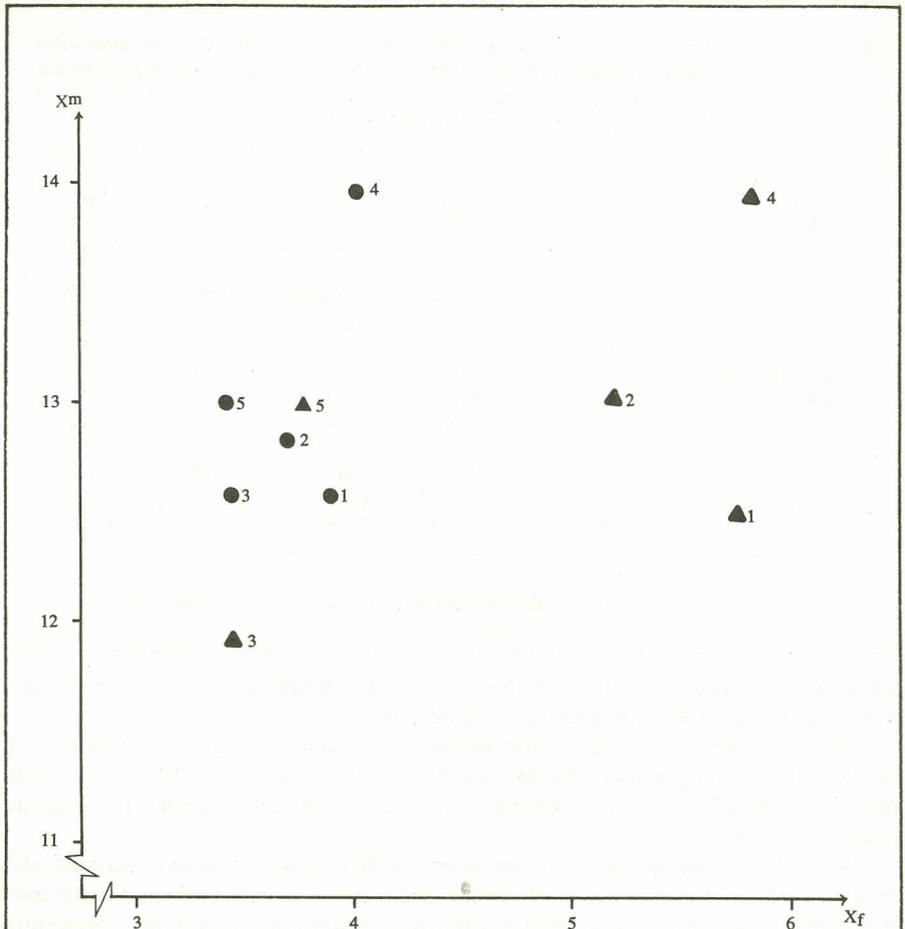


FIGURA 1 - Dispersão gráfica, em relação a variáveis não-correlacionadas, dos escores de cinco cultivares de feijão distribuídos em dois arranjos de plantio com o milho Br 201. Sete Lagoas, MG, 1988/89.

Na figura tem-se: 1 = ESAL 581, 2 = 506, 3 = ESAL 579, 4 = ESAL 566 e 5 = Carioca.

● = plantio na linha e ▲ = plantio na entrelinha do cultivar de milho Br 201.

ficatórias das médias apontaram grande consistência da superioridade de alguns tratamentos para os efeitos estudados.

A análise da variância bivariada, associada às interpretações de dispersões gráficas dos escores dos tratamentos, possibilitou apontar o cultivar de feijão ESAL 566, em arranjo de plantio na entrelinha do cultivar de milho, com desempenho superior ao dos demais avaliados. Ressaltou o fato de ser a análise bivariada vantajosa, em razão da capacidade discriminatória mais elevada e da descrição da superioridade relativa dos tra-

tamentos por meio do "rendimento do consórcio", que leva em consideração, simultaneamente, os rendimentos das duas culturas envolvidas no ensaio. Assim, esse tipo de análise será indispensável quando se avaliar grande número de tratamentos e, ou, forem envolvidas interações de ordem elevada.

## 5. SUMMARY

### (BIVARIATE ANALYSIS OF CORN AND BEAN YIELDS FROM AN INTERCROPPING SYSTEM)

Five cultivars of beans (ESAL 506, ESAL 566, ESAL 579, ESAL 581 and Carioca) were evaluated, cultivated in two planting arrangements in relation to one maize cultivar (Br 201). Univariate and bivariate analysis of intercropping experiments was performed according to random block plans.

Univariate analysis of variances was inefficient in pointing out the significant differences between the effects studied. However, the descriptive and classificatory analysis of the means showed consistent superiority of some treatments for the effects studied.

The bivariate analysis of variance, associated with graphic interpretations of the scores of the treatments, set apart bean cultivar ESAL 566, with planting arrangement between both lines of maize, with a superior performance in relation to the others evaluated. It was concluded that bivariate analysis enabled better discrimination ability of treatments and described the relative superiority of the treatment by the "yield of intercropping", which takes into consideration, simultaneously, the yield of all the intercropped crops. Thus, this type of analysis should be indispensable when a great number of treatments is evaluated and/or high order interaction is involved.

## 6. LITERATURA CITADA

1. DEAR, K.B.G & MEAD, R. *The use of bivariate analysis techniques for the presentation, analysis and interpretation of data*. University of Reading, Department of Applied Statistics, 1983. 18 p. (Statistics in Intercropping, Technical Report 1).
2. MEAD, R. & RILEY, J. A review of statistical ideas relevant to intercropping research. *J.R. Statist. Soc.*, 144:462-509, 1981.
3. PEARCE, S.C. & GILLIVER, B. The statistical analysis of data from intercropping experiments. *J. Agric. Sci.*, 91:625-632, 1978.
4. PEARCE, S.C. & GILLIVER, B. Graphical assessment of intercropping methods. *J. Agric. Sci.*, 93: 51-58, 1979.
5. RAMALHO, M.A.P.; OLIVEIRA, A.C. & GARCIA, J.C. *Recomendações para o planejamento e análise de experimentos com as culturas de milho e feijão consorciados*. Sete Lagoas, MG, EMBRAPA/CNPMS, 1983. 74 p (Documento nº 2).
6. WIJESINHA, A.; FEDERER, W.T.; CARVALHO, J.R.P. & PORTES, T.A. Some statistical analysis for a maize and beans intercropping experiment. *Crop Sci.*, 22:660-668, 1982.