

## **CAPACIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE MILHO E SOJA CONSORCIADOS PARA A PRODUÇÃO DE GRÃOS<sup>1</sup>**

Pedro Milanez de Rezende<sup>2</sup>  
Magno Antônio Patto Ramalho<sup>3</sup>

### **1. INTRODUÇÃO**

A semeadura consorciada de milho-soja, apesar de pouco difundida no Brasil, é comumente utilizada entre os agricultores de subsistência, principalmente no Estado de Santa Catarina, onde a leguminosa é semeada, geralmente, na entrelinha da gramínea.

O sul do Estado de Minas Gerais tem a sua principal atividade voltada para a pecuária leiteira. Nessa situação, esse tipo de consórcio poderá ter lugar de destaque, uma vez que essas culturas se complementam, sendo a soja rica em proteína e o milho em carboidratos. Em diversas oportunidades tem sido relatado que, embora exista uma forte competição da gramínea sobre a leguminosa, diminuindo o rendimento da soja e mantendo inalterado o rendimento do milho, o sistema consorciado é economicamente mais vantajoso (1, 3, 4, 13, 14,15).

Com a finalidade de diminuir a competição exercida pela gramínea sobre a leguminosa e melhorar a eficiência do sistema, algumas alternativas de manejo foram testadas, como o uso de espaçamentos e densidades adequadas (1, 2, 3, 8, 14) e o emprego de fertilizantes (5, 7, 10). Outra alternativa seria identificar cultivares de milho que exerçam menor competição sobre a leguminosa e ao mesmo tempo os de soja que tolerem mais essa competição.

---

<sup>1</sup>Aceito para publicação em 19.05.1997.

<sup>2</sup>Departamento de Agricultura, Cx. Postal 37, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras-MG (Bolsista do CNPq).

<sup>3</sup>Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (Bolsista do CNPq).

Nos trabalhos até então realizados a esse respeito preocupou-se em verificar quais cultivares de milho ou de soja apresentam bom desempenho no sistema consorciado (1, 4, 9, 14), sem, contudo, procurar explicar as razões do melhor comportamento verificado.

Uma das alternativas para o estudo da competição no sistema consorciado é o emprego de uma metodologia semelhante dos cruzamentos dialélicos (6, 12). Essa metodologia tem sido aplicada no consórcio milho-feijão, possibilitando a obtenção de importantes informações sobre a competição no sistema consorciado.

Considerando que a eficiência dessa metodologia ainda não foi avaliada no consórcio milho-soja, visando à produção de grãos, utilizou-se a mesma no presente trabalho, com o intuito de identificar o potencial dos cultivares dessas espécies recentemente obtidos em programas de melhoramento no monocultivo, para o sistema consorciado, e, paralelamente, identificar quais são os fatores que explicam o comportamento do material neste sistema de cultivo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em dois municípios do Estado de Minas Gerais, Lavras (21°14'S, 45°00'W e 918 metros de altitude), em solo sob vegetação de cerrado, classificado como Latossolo Roxo Distrófico, e Ijaci (21°10'S, 44°55'W e 805 metros de altitude), em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, durante o ano agrícola 1993/94. Foram utilizadas as combinações de sete cultivares de soja (Doko, IAC-8, Garimpo, Cristalina, UFV-10, Santa Rosa e FT-11) e sete de milho (Cruzeta, BR-201, BR-106, AGX-7393, Dina-170, Dina-70 e Pionner-3069), com variação no ciclo e porte. Os 49 tratamentos foram avaliados em um látice de 7 x 7, com três repetições. Adicionalmente foram conduzidos dois outros experimentos contíguos, em blocos casualizados, com três repetições para os respectivos monocultivos. As parcelas foram constituídas de três linhas com 5,0 m de comprimento e espaçadas de 1,0 m entre fileiras, exceto no monocultivo da soja, em que os espaçamentos entre as fileiras era de 0,50 m, sendo a área útil apenas a linha central. As duas culturas foram semeadas simultaneamente com a soja na entrelinha do milho. Para a cultura do milho foi utilizada a população de 40 mil plantas por hectare nos dois sistemas e, para a soja, 240 mil plantas no consórcio e 480 mil no monocultivo.

As adubações e os demais tratos culturais foram os normalmente empregados para ambas as espécies na região. Na colheita foi determinado

o rendimento da soja e do milho, sendo utilizado para efeito de análise estatística a produção equivalente de milho estimado de acordo com RAMALHO *et alii* (11), por meio da expressão  $PE = PM + RPS$ , em que PE - produção equivalente do milho, em kg/ha, PM - produção do milho, em kg/ha; PS = produção da soja, em kg/ha; e R = relação de preços entre as culturas da soja, e do milho. Para a determinação do valor de "R" foi considerada a obtenção do preço médio de mercado das duas espécies nos últimos 10 anos, sendo obtido o valor de  $R=1,71$ . Posteriormente, com os dados médios dos dois locais, procedeu-se ao estudo da competição de acordo com metodologia semelhante à dos cruzamentos dialélicos, utilizando o seguinte modelo estatístico (6, 12).

$$Z_{ijk} = m + \alpha g + 1/2(a_i + b_j) + \theta(\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij}) + s_k + \alpha g s_k + 1/2(as_{ik} + bs_{jk}) + \theta[(\bar{c}s)_k + (cs)_{ik} + (cs)_{jk} + (ds)_{ijk}] + e_{ijk}$$

em que:  $\bar{c} + c_i + c_j + d_{ij} = c_{ij}$

Neste modelo têm-se

$Z_{ijk}$  = média do tratamento envolvendo o i-ésimo cultivar de milho e o j-ésimo cultivar de soja no k ambiente;  $\alpha$  e  $\theta$  = fatores condicionais, tal que  $\alpha=0, +1$  e  $-1$  e  $\theta=+1, 0$  e  $0$ , respectivamente para as combinações em consórcio, monocultivo de milho e monocultivo de soja. Para representar os monocultivos de cada espécie no k-ésimo ambiente  $Z_{ijk}$  é substituído por  $Z_{iik}$  ou  $Z_{jjk}$  para os monocultivos de milho e soja, respectivamente;  $m$  = média para todos os ambientes dos cultivares de milho e soja em monocultivo;  $g$  = medida da diferença entre as médias dos dois grupos, milho e soja;  $a_i$  = efeito do cultivar "i" de milho "per se";  $b_j$  = efeito do cultivar "j" de soja "per se";  $c_{ij}$  = efeito geral do consórcio ou vantagem do consórcio em relação à medida dos cultivares correspondentes em monocultivo;  $\bar{c}$  = efeito médio de consórcio;  $c_i$  = efeito de consórcio atribuído ao cultivar "i" de milho;  $c_j$  = efeito de consórcio atribuído ao cultivar "j" de soja;  $d_{ij}$  = efeito específico de consórcio da combinação entre os cultivares "i" do milho e "j" da soja, corresponde à "capacidade específica de complementação", definida por GERALDI, (6) como "capacidade específica de competição";  $s_k$  = efeito do k-ésimo ambiente; e  $e_{ijk}$  = erro experimental associado à média  $Z_{ijk}$ , obtido por meio da média ponderada entre os resíduos do monocultivo do milho, do consórcio e do monocultivo da soja em cada local. Os demais parâmetros são interações com ambiente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia adaptada da análise dos cruzamentos dialélicos para o estudo da competição de cultivares de duas espécies em consórcio desdobra o efeito de tratamento em diferença entre grupos que avaliam se as duas espécies contribuíram igualmente para o desempenho do sistema: efeito "per se" dos cultivares de milho e de soja e efeito geral do consórcio (6). Dessas fontes de variação apenas não foi detectada diferença significativa no efeito dos cultivares de soja (Quadro 1).

A fonte de variação efeito geral de consórcio pode ser desdobrada em efeito médio, que avalia se o consórcio é superior ao monocultivo; contribuição dos cultivares de milho ou de soja para o consórcio; e capacidade específica de complementação. Destas fontes de variação apenas foi detectada diferença para efeito médio de consórcio e para os cultivares de milho. Assim, os cultivares de soja avaliados apresentaram a mesma contribuição para o sistema consorciado e nenhum par de cultivares das duas espécies destacou-se dos demais. Com relação às interações com locais, verifica-se que não ocorreram respostas significativas (Quadro 1).

Como já mencionado, foi detectada diferença significativa apenas entre os cultivares de milho. Nesse caso, o destaque foi o híbrido Dina-170, que apresentou a maior estimativa positiva de  $\hat{\alpha}_i$  que avalia as contribuições "per se" dos cultivares de milho. Por outro lado, a variedade precoce Cruzeta e o híbrido BR-201 mostraram os maiores valores negativos para a produção equivalente de grãos (Quadros 2 e 3).

Em se tratando de consórcio, verificou-se, por meio da média da produção equivalente em consórcio, que os tratamentos consorciados superaram o monocultivo do milho em 23,78% e da soja em 124,57% (Quadro 2). Resultados evidenciando a superioridade do consórcio milho-soja, em relação aos respectivos monocultivos, como os obtidos neste trabalho, já foram relatados em outras oportunidades (1, 4, 13, 14). Além do maior retorno bruto, o sistema consorciado apresenta maior estabilidade. Assim, se uma das espécies não se comporta bem, tendo baixa produtividade, a outra pode compensá-la.

A principal desvantagem do sistema consorciado milho-soja é a impossibilidade atual de se realizar a colheita mecânica da leguminosa. Considerando, contudo, que o sistema consorciado é preponderante em agricultura de subsistência, em que a colheita é tradicionalmente manual, não haverá maiores restrições dessa operação ser realizada também manualmente no sistema consorciado com a soja.

A utilização da metodologia proposta possibilita também estimar a

contribuição dos cultivares de milho ( $\hat{c}_i$ ) e soja ( $\hat{c}_j$ ) quando consorciados. Neste aspecto, verificou-se efeito positivo apenas dos cultivares de milho, com destaque novamente para os híbridos Dina-170 e Dina-70. Para a cultura da soja, embora não significativos, os materiais com maior destaque foram FT-11 e Cristalina (Quadros 2 e 3).

As estimativas da capacidade geral de complementação  $c\hat{g}_{ci}$  para os cultivares de milho e  $c\hat{g}_{cj}$  para os de soja são obtidas através da expressão  $\frac{1}{2} \hat{a}_i + \hat{c}_i$  e  $\frac{1}{2} \hat{b}_j + \hat{c}_j$ , respectivamente. Assim, é possível inferir que a capacidade geral de complementação é dependente do desempenho dos cultivares em monocultivo ( $\hat{a}_i$  ou  $\hat{b}_j$ ) e do seu efeito em consórcio ( $\hat{c}_i$  ou  $\hat{c}_j$ ). No caso de Dina-170 e Dina-70, a sua capacidade geral de complementação dependeu tanto do seu desempenho "per se", como da sua capacidade de complementação, isto é, eles apresentaram  $\hat{a}_i$  e

QUADRO 1 - Análise de variância conjunta da produção equivalente de milho obtida no ensaio de avaliação de cultivares de milho e soja consorciados, visando à produção de grãos, ano agrícola 1993/94, em Lavras (MG) e Ijaci (MG)

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS
Locais (L)	1	144.439.929,07**
Tratamentos (T)	62	6.714.610,16**
Diferença grupos	1	57.057.177,85**
Cult. milho	6	20.715.598,90**
Cult. soja	6	1.299.725,13
Efeitos cons. geral	49	4.635.851,18**
Médio	1	186.399.559,61**
Cult. milho	6	3.170.383,94**
Cult. soja	6	581.567,13
Específico	36	506.817,83
L x Tratamentos	62	625.857,26
L x Grupos	1	449.920,17
L x Cult. milho	6	1.076.871,28
L x Cult. soja	6	855.560,24
L x Efeitos consor. geral	49	.546.094,71
L x Médio	1	982,57
L x Cult. milho	6	743.958,19
L x Cult. soja	6	707.972,25
L x Específico	36	501.289,87
Resíduo combinado	204	1.141.428,71

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

QUADRO 2 - Resultados médios de produção equivalente de milho (kg/ha) obtidos no ensaio de avaliação de cultivares de milho e soja em consórcio e monocultivo visando produção de grãos, ano agrícola 1993/94, Lavras (MG) e Ijaci (MG)

Milho	Soja										Monoc. Média
	DOKO	IAC-8	GARIMPO	CRISTAL.	UFV-10	S. ROSA	FT-11	Média	Milho	Geral	
Cruzeta	5568	5206	5709	6084	5532	4683	5249	5433	4527		
BR-201	7062	7843	6928	8241	8057	7095	7181	7487	5771		
BR-106	7073	7177	6904	8536	7536	8695	7600	7646	6202		
AGX-7393	7872	7868	7762	8479	8264	8568	8129	8135	6939		
Dina-170	9687	9470	7971	10077	9048	9962	10225	9492	7496		
Dina-70	9010	7762	8636	9057	8035	8912	8629	8577	6653		
Pionner-3069	8382	8224	8470	7585	8302	8452	8313	8247	6859		
Média	7808	7650	7483	8294	7825	8053	7904	7860	6350		
Monoc. soja	3697	3861	2772	3716	3841	4188	2429	3500	7202		

QUADRO 3 - Estimativas médias dos parâmetros  $\hat{a}_i$ ,  $\hat{b}_j$ ,  $\hat{c}_i$ ,  $\hat{c}_j$ ,  $c\hat{g}c_i$ , e  $c\hat{g}c_j$  da produção equivalente de milho (kg/ha) obtidos no ensaio avaliação de cultivares de milho e soja em consórcio e monocultivo, visando à produção de grãos, ano agrícola 1993/94, em Lavras (MG) e Ijaci (MG).

Milho	$\hat{a}_i$	$\hat{c}_i$	$c\hat{g}c_i$
Cruzeta	-1828,02	-1506,21	-2420,22
BR-201	-584,02	-74,71	-366,72
BR-106	-153,02	-130,75	-207,51
AGX-7393	623,48	-30,43	281,31
Dina-170	-1140,48	1068,01	1638,25
Dina-70	297,48	532,49	681,22
Pionner-3069	504,14	141,60	393,67
Soja	$\hat{b}_j$	$\hat{c}_j$	$c\hat{g}c_j$
Doko	196,64	-143,90	-45,58
IAC-8	360,14	-383,61	-203,54
Garimpo	-728,86	-48,68	-413,11
Cristalina	215,64	332,80	440,62
UVF-10	340,14	-198,38	-28,31
Santa Rosa	688,14	-144,83	199,24
FT-11	-1071,86	586,60	50,67

$\hat{c}_i$  positivos. Em outras palavras, é possível inferir que esses híbridos destacaram-se tanto em monocultivo quanto pela sua capacidade de produzir em consórcio, e de exercer menor competição sobre a leguminosa (Quadro 3).

Resultados negativos de  $c\hat{g}c_i$  foram obtidos com a variedade Cruzeta, com o híbrido BR-201 e com a variedade BR-106, o que ocorreu tanto devido ao seu desempenho "per se" quanto pelo seu efeito em consórcio. Assim, esses materiais produziram, em relação aos demais, pouco em monocultivo e no consórcio e exerceram sobre a soja forte competição, não sendo, portanto, recomendados para o consórcio (Quadro 3). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por REZENDE e RAMALHO (12), que, utilizando a variedade Cruzeta em consórcio milho-feijão, constataram também a sua inadequabilidade ao consórcio utilizando essa mesma metodologia. Resultados coincidentes a esse foram obtidos por REZENDE (15) em trabalho envolvendo esses mesmos cultivares de milho e soja, porém para produção de massa seca.

Do exposto à concordância entre as estimativas de  $\hat{a}_i$  e  $c\hat{g}c_i$

concluiu-se que não há necessidade de se conduzir um programa de melhoramento para o sistema consorciado com a cultura do milho. As avaliações realizadas no monocultivo, pelo menos em princípio, poderão ser extrapoladas para o consórcio. Resultados compatíveis com esse foram relatados por outros pesquisadores no consórcio milho-feijão (6, 12).

Para a cultura da soja constata-se que os cultivares com maior capacidade de complementação foram Cristalina, Santa Rosa e FT-11. Deste, o Cristalina apresentou esse comportamento tanto devido ao desempenho "per se" ( $\hat{b}_j$  positivo) como em razão do efeito de consórcio ( $\hat{c}_j$ ) também positivo. Já o Santa Rosa, apresentou a  $c\hat{g}_{cj}$  positiva devido apenas ao seu desempenho "per se", haja vista que sua estimativa de  $\hat{c}_j$  foi negativa. Com o FT-11 ocorreu justamente o contrário, ou seja, o seu efeito "per se" ( $\hat{b}_j$ ) foi negativo e o de consórcio ( $\hat{c}_j$ ), positivo (Quadro 3).

Depreende-se assim que os resultados com a cultura da soja não foram tão marcantes, como o caso do milho, no que se refere à desnecessidade de condução de um programa de melhoramento exclusivo para o sistema consorciado. Resultados coerentes foram relatados para a cultura do feijão em consórcio com o milho (6). Considerando que a condução de um programa de melhoramento genético da soja exclusivo para o consórcio, além de muito trabalhoso, seria de menor eficiência do que um em monocultivo, os resultados obtidos neste trabalho, no caso do Cristalina, evidenciam a possibilidade de se obterem materiais que atendem às duas necessidades, monocultivo e consórcio. Assim, a avaliação dos materiais na fase final de recomendação em consórcio, como sugerido para a cultura do milho, deveria ser uma estratégia a ser adotada pelos melhoristas de soja, especialmente se houver um incremento nesse sistema de cultivo.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Apesar da forte competição exercida pela gramínea sobre a leguminosa, o sistema consorciado apresentou produção equivalente de grãos 23,78% superior à média do monocultivo do milho e 124,57% à da soja.

2. Estimativas da capacidade geral e capacidade específica de competição pela metodologia proposta por GERALDI (19) possibilitou explicar o comportamento dos cultivares das duas espécies quando consorciadas.

3. Os cultivares com melhor desempenho no monocultivo o foram

também no consórcio, como foi o caso dos híbridos de milho Dina-170 e Dina-70 e do cultivar de soja Cristalina. Assim, não há necessidade de melhoramento específico para o sistema consorciado milho-soja visando à produção de grãos.

## 5. RESUMO

Para avaliar o efeito da competição entre milho e soja visando à produção de grãos foram avaliadas, em dois locais, 49 combinações das duas espécies, sendo sete cultivares de milho - Cruzeta, BR-201, BR-106, AGX-7393, Dina-170, Dina-70 e Pionner-3069 - e sete de soja - Doko, IAC-8, Garimpo, Cristalina, UFV-10, Santa Rosa e FT-11, consorciados na entrelinha. Foram conduzidos ainda dois experimentos contíguos para os respectivos monocultivos. Utilizando a produção equivalente de milho foram estimados os parâmetros da capacidade de competição. Foi constatada a superioridade do sistema consorciado de milho e soja em relação aos respectivos monocultivos. Verificou-se, também, que o processo de avaliação da competição pela metodologia adaptada dos cruzamentos dialélicos foi eficiente em avaliar e explicar o comportamento dos cultivares de milho e soja consorciados visando à produção de grãos, em ambos os locais. Não foi evidenciada a necessidade de se conduzir um programa específico de melhoramento para o sistema consorciado, especialmente no caso da cultura do milho.

## 6. SUMMARY

### (COMPETITIVE ABILITY OF MAIZE AND SOYBEAN CULTIVARS INTERCROPPED FOR GRAINS PRODUCTION)

Forty-nine combinations of maize and soybean for grain production were used to evaluate the effect of competition in intercropping in two localities. Seven maize cultivars, Cruzeta, BR-201, BR-106, AGX-7393, Dina-170, Dina-70 and Pionner- 3069, and seven soybean cultivars, Doko, IAC-8, Garimpo, Cristalina, UFV-10, Santa Rosa and FT-11, were sown between the maize rows. Experiments using maize and soybean monocultures were also carried out in the same fields of the intercropping. Competitive ability parameters were estimated using the methodology adapted from the diallel cross, and using "maize equivalent production". The superiority of the intercropping system as compared to maize and soybean monocultures was confirmed by the evaluation of the parameters. It was also shown that the adapted diallel cross method efficiently evaluated the competition experiment and the intercropped

maize and soybean cultivar behavior for grains production in both localities. The data did not indicate the need of a specific breeding program for the intercropping system, especially for maize.

## 7. LITERATURA CITADA

1. ALVARENGA, D.A. *Efeitos de diferentes sistemas de semeadura na consorciação milho-soja*. Lavras, UFLA, 1995. 54p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
2. ALEXANDER, M.W. & GENTER, C.F. Production of corn and soybeans in alternate pairs of rows. *Agronomy Journal*, 54(3):233-234, 1962.
3. ALLEN, J.R. & OBURA, R.K. Yield of corn, cowpea and soybean under different intercropping systems. *Agronomy Journal*, 75(6):1005-1009, 1983.
4. CARVALHO, A.J.G. de. *Comportamento de cultivares e linhagens de soja (Glycine max L. Merrill) em consórcio com milho (Zea mays L.) de ciclos e portes diferentes*. Lavras, ESAL, 1993. 60p. (Tese de Mestrado em Fitotecnia).
5. DALAL, R.C. Effect of intercropping of maize with soybean on grain yield. *Tropical Agriculture*, 54(2):189-191, 1977.
6. GERALDI, I.O. *Métodos de análise estatística para combinação de cultivares em consórcio*. Piracicaba, ESALQ, SP, 1983. 120p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
7. HIEBSCH, C.K. *Principles of intercropping: Effects of nitrogen fertilization, plant population and crop duration on equivalency ratios in intercrop versus monoculture comparisons*. Raleigh, North Carolina State University, 1980. 148 p. (Tese Ph. D).
8. ODONGO, J.C.W.; VERESOGLOV, D.S.; PAPAKOSTA, D. & SFICAS, A.G. Effects of population density, nitrogen fertilization and inoculation on the yields of intercropping maize and soybeans in Greece. *Agricultural Mediterranean*. 120(1):3-12, 1990. In: *Maize Abstracts*, 6(6):446, abst. 3510, 1990.
9. OLIVEIRA, A.F. *Efeito da associação de cultivares de milho (Zea mays L.) e soja (Glycine max L. Merrill) no rendimento e valor nutritivo da forragem*. Lavras, ESAL, 1986. 74p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia).
10. PAL, U.R.; KALU, B.A.; NORMAN, J.C. & ADEDZWA, D.K. N and P fertilizer use in soybean/maize mixture. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 160(2):132-140, 1988. In: *Maize Abstracts*, 4(6):368, abst. 3058, 1988.
11. RAMALHO, M.A.P.; OLIVEIRA, A.C. de & GARCIA, J.C. *Recomendações para o planejamento e análise de experimentos com as culturas de milho e feijão consorciadas*. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1983. 74p. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 2).
12. REZENDE, G.D.S.P. & RAMALHO, M.A.P. Competitive ability of maize and common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars intercropped in different environments. *Journal of Agricultural Science*, 123:185-190, 1994.
13. REZENDE, P.M. de. Consórcio soja-milho. III. Efeito da densidade de plantas de soja no rendimento de grãos e outras características das culturas consorciadas. *Ciência e Prática*, 16(2):181-188, 1992.
14. REZENDE, P.M. de; ANDRADE, M.J.B. de. & ANDRADE, L.A. de B. Consórcio soja-milho. II. Seleção de materiais genéticos de soja para consórcio com milho. *Ciência e Prática*, 16(3):333-341, 1992.
15. REZENDE, P.M. de. *Capacidade competitiva de cultivares de milho e soja consorciados em função da produção de grãos e forragem*. Lavras, UFLA, 1995. 154p. (Tese de Doutorado em Fitotecnia).