

EFEITOS DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE SOBRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA NO ESTADO DO PARANÁ¹

LUIS FERNANDO ALLIPRANDINI², JOSÉ FRANCISCO FERRAZ DE TOLEDO³,
NELSON FONSECA JR.⁴, LEONES ALVES DE ALMEIDA e ROMEU AFONSO DE SOUZA KIIHL³

RESUMO - Os efeitos do ambiente e suas interações com os genótipos de soja foram estudados a partir dos ensaios intermediários e finais de linhagens do Estado do Paraná, nos anos de 1987/88 a 1989/90. Os dados incluem genótipos dos grupos de maturação precoce (L), semiprecoce (M) e médio (N), que representam, conjuntamente, mais de 90% da área cultivada com soja no Paraná. A produtividade da soja foi altamente influenciada pelo ambiente, caracterizado pela interação dos efeitos de ano e local. Os efeitos principais de ano e de local foram não-significativos. As interações de ano x local, significantes em todos os grupos de maturação, indicaram que os testes de avaliação de linhagens de soja do Paraná devem ser realizados em diversos ambientes. As análises indicaram que é possível abreviar para um ano o período de teste dos genótipos, desde que vários locais sejam incluídos na avaliação. Os locais Ponta Grossa, Palotina, Congoinhas, Guarapuava e Castro avaliaram com consistência os genótipos ao longo dos anos. Cascavel, Ponta Grossa e Sertaneja discriminaram melhor entre genótipos. A inclusão desses locais nos testes aumenta a confiabilidade das avaliações.

Termos para indexação: avaliação de linhagens; teste de produtividade; variabilidade ambiental; efeitos de ano, efeitos de local.

EFFECTS OF GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION ON SOYBEAN YIELD IN PARANÁ STATE, BRAZIL

ABSTRACT - The environmental and the environmental x genotype interaction effects acting upon soybean genotypes were evaluated from data of yield trials carried out in Paraná State, Brazil, in the period from 1987 to 1990. Data involved three maturity groups: early (L), semi-early (M) and average (N), that together represent over 90% of the soybean cropped area. Soybean productivity has been shown to be highly influenced by the environment, defined by the interaction of year and location effects. No main year or location effects were found to be significant. The significance of the interaction between years and locations indicated that the yield tests should be performed in several environments. Abbreviation of the testing period, to a year for example, is feasible if several locations are included in the evaluation. Locations such as Ponta Grossa, Palotina, Congoinhas, Guarapuava and Castro produced consistent evaluations. Cascavel, Ponta Grossa and Sertaneja discriminated between tested genotypes better than other locations. These locations should be included in the soybean yield test to improve testing reliability in Parana State.

Index Terms: yield test, environmental variability, year effects location effects, evaluation of lines.

INTRODUÇÃO

A soja é cultivada em aproximadamente dois milhões de hectares no Estado do Paraná (ETAC,

¹ Aceito para publicação em 25 de abril de 1994.

² Eng.-Agr., M.Sc.

³ Eng.-Agr., M.Sc., Ph.D., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), CEP 86001-970, Londrina, PR.

⁴ Eng.-Agr., M.Sc., IAPAR, Londrina, PR.

1991). Essa área possui considerável diversidade de ambientes para cultivo, inclusive de época de semeadura, tipo de solo e clima.

O desenvolvimento de cultivares de soja é usualmente direcionado à obtenção de materiais com ampla adaptação ambiental e alta produtividade. Para tanto, é fundamental a avaliação do desempenho de linhagens de soja em vários anos e locais, devido à provável existência de intera-

ções do tipo genótipo e ambiente ($g \times a$). Na prática, os desvios causados pela interação $g \times a$ dificultam a avaliação e a seleção do material genético. A interação genótipo versus época de semeadura, anos, locais, ou o conjunto deles, torna complexa a seleção de genótipos superiores, pois reduz a precisão da avaliação dos genótipos (Gravois et al., 1991). É função dos testes de linhagens discriminar com precisão o valor genotípico dos materiais para possibilitar decisões acertadas e eficientes na seleção e recomendação do material. Os testes de avaliação requerem repetições tanto no espaço quanto no tempo, e oneram consideravelmente os programas de melhoramento.

Os testes de avaliação de desempenho podem tornar-se mais eficientes se a importância relativa dos locais e anos, além de outros fatores ambientais e suas interações com os genótipos, for determinada. Para tanto, existe a necessidade de estudos aprofundados desses efeitos e interações (Frankel, 1958; Schutz & Bernard, 1967; Brigham & Young, 1975; Nyabyenda & Janssens, 19--; Ortiz Ferrara et al., 1991).

Os vários autores citados a seguir estudaram diversos aspectos ligados à interação entre genótipos e ambiente: Analisando dados experimentais de soja, tabaco, milho e algodão, na Carolina do Norte, U.S.A., Hanson (1964) encontrou que as respostas genotípicas para locais, dentro de certo número de anos, não foram mais consistentes que para anos dentro de locais. Isto indica a existência de similaridades entre a amostragem de locais dentro de uma área e a amostragem de anos, podendo ser associados como sendo ao acaso. Schutz & Bernard (1967), trabalhando com sete ensaios regionais de soja nos Estados Unidos da A. do Norte, durante três anos, concluíram que dados de dez a quinze locais em um ano seriam suficientes para eliminar linhagens de baixa produção, ou que um maior número de anos e menor número de locais também seria viável para obtenção de maiores ganhos em testes de linhagens. Baihaki et al., (1976), testando linhagens de soja em três locais de Minnesota, U.S.A., por dois anos e em cada local separadamente, concluíram que um simples ambiente pode ser utilizado para testes preliminares sem risco de descarte de li-

nhagens superiores. Os resultados obtidos indicaram que as linhagens de média produção foram mais estáveis, e as de baixa, mais instáveis. Com o objetivo de estudar a interação $g \times a$ e para rendimento de grãos em quatorze cultivares de soja, em cinco épocas de semeadura e três locais durante os anos de 1976/77 a 1978/79, Arantes (1979) encontrou interações significativas para variedade \times local \times ano, porém anos \times variedades não foram significativas. O autor concluiu que variedades selecionadas em Londrina, PR (latitude 23° 22'S), não devem apresentar rendimento satisfatório em Goiânia, GO (lat. 16°41'S) e/ou Uberaba, MG (lat. 19°46'S), e vice-versa; estes dois últimos locais foram considerados equivalentes pelo autor. A substituição de anos por épocas de semeadura mostrou-se igualmente satisfatória, com a vantagem de propiciar a uma agilização no processo de recomendação de variedades. Quarenta e três ensaios de avaliação de genótipos de soja foram avaliados por Sakiyama et al. (1988), em 16 locais de Minas Gerais, por dois anos consecutivos, comparados com a seleção realizada em apenas duas localidades, em três épocas de plantio. Os autores concluíram que esta última alternativa pode ser muito eficiente se a escolha dos locais for adequada.

Este trabalho teve por objetivo qualificar e determinar a magnitude da interação genótipos \times ambiente ($g \times a$) no que diz respeito ao caráter produtividade em cultivares de soja, no Estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produção de grãos por hectare de linhagens e cultivares-testemunhas componentes dos ensaios intermediários e finais de produtividade de soja no Estado do Paraná. A seleção das linhagens e das testemunhas utilizou o critério da participação destas no maior número de experimentos (anos e locais) possíveis para diminuir a um mínimo inevitável o desbalanceamento das análises de variância.

As informações da avaliação intermediária, realizada em 1987/88, provêm de cinco locais: Londrina, Cambé, Sertaneja, Cascavel e Ponta Grossa. As informações da avaliação final, realizadas nos anos de

1988/89 e 1989/90, provêm de dez localidades representativas da área cultivada com soja no Estado do Paraná: Cascavel, Londrina, Ponta Grossa, Sertaneja, Castro, Congoinhas, Campo Mourão, Guarapuava, Maringá e Palotina. Neste trabalho, foram analisados os dados de produtividade dos grupos de maturação precoce (L, com ciclo de 110 a 115 dias), semi-precoce (M, 116 a 125 dias) e médio (N, 126 a 135 dias). Esses três grupos de maturação representam, em conjunto, mais de 90% da área plantada com soja no Paraná.

Uma análise de variância conjunta envolvendo anos, locais e genótipos, foi realizada para cada grupo de maturação, de maneira a detectar a presença de interações $g \times a$. Foram utilizados os ensaios: intermediário, 1987/88; sem o local Cambé; e finais, 1988/89 e 1989/90. Para efeito desta análise, o local Cambé foi retirado dos dados, por não estar incluído entre os locais destinados aos ensaios finais. Estas análises conjuntas foram realizadas após o exame dos resíduos, utilizando o critério de BOX, citado por Banzatto & Kronka (1989). Com o objetivo de avaliar detalhadamente as interações anos \times locais, foram realizadas análises de locais dentro de anos, e anos dentro de locais, onde se procurou identificar os locais de maior repetibilidade nas classificações de genótipos ao longo dos anos.

Utilizando os mesmos locais, anos e genótipos comuns dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/89 e 1989/90, incluindo-se agora a localidade de Cambé, realizou-se nova análise de variância para cada grupo, considerando cada combinação de ano e local como um ambiente distinto, totalizando 25 ambientes. A interação genótipo \times ambiente foi decomposta para verificação do desempenho dos genótipos dentro de cada ambiente. O objetivo foi avaliar a capacidade que os vários ambientes (locais) mostraram, nos vários anos, de discriminar entre os genótipos de cada grupo de maturação.

Para efeito deste trabalho, anos e locais foram considerados efeitos aleatórios, e os genótipos foram considerados fixos.

As estimativas dos parâmetros de variância foram obtidas usando procedimentos PROC GLM e PROC VARCOMP constantes do pacote estatístico do SAS, citados por Mcintosh (1983) e descritos por SAS Institute (1985). Quando o efeito de repetição dentro de ano \times local foi não-significativo, este foi omitido da análise, sendo incorporado ao erro experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de produtividade das linhagens e cultivares, em cada ambiente, são mostradas nas Tabelas 1, 2 e 3. Os resultados das análises de variância conjunta para a produção de grãos, utilizados nos estudos de interação genótipo \times ambiente ($g \times a$), são apresentados na Tabela 4. Quanto a todos os grupos de maturação, os efeitos de ano e local não foram significativos. Entretanto, a interação ano \times local foi altamente significativa. As interações entre ano \times genótipo e entre local \times genótipo não foram significativas, com exceção para o grupo N, em que a interação entre local \times genótipo foi significativa a 5% de probabilidade. A interação tripla ano \times local \times genótipo, foi significativa ao nível de 1% de probabilidade para os grupos L e M, e 5% para o grupo N. Estes dados demonstram que, de maneira geral, os genótipos avaliados apresentaram respostas diferentes quando avaliados nos diferentes am-

TABELA 1. Produtividade média dos genótipos (kg/ha) - Grupo L. Ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/90 em onze locais do Estado do Paraná.

Ambiente	Genótipos				
	FT83-934	Lancer	OC85-08	Paraná	Média
1987/88 - Cambé	3097	2402	3242	2413	2788
87/88 - Cascavel	2814	2851	2988	2741	2849
87/88 - Londrina	3258	3504	3404	2933	3275
87/88 - Pta. Grossa	2413	2608	3050	2525	2649
87/88 - Sertaneja	3318	3529	3388	2930	3291
88/89 - Cascavel	3843	3667	4205	2832	3637
88/89 - Castro	3056	2806	2719	2375	2739
88/89 - Congoinhas	2229	1861	2287	2073	2113
88/89 - Cpo. Mourão	3518	3280	3376	2788	3240
88/89 - Guarapuava	3419	3228	3164	2682	3123
88/89 - Londrina	3041	3088	3600	2631	3090
88/89 - Maringá	1978	1944	1626	1613	1790
88/89 - Palotina	3653	3583	3519	3153	3477
88/89 - Pta. Grossa	2781	2581	2894	2375	2658
88/89 - Sertaneja	2453	2382	2644	2179	2414
89/90 - Cascavel	2982	3004	3202	3170	3089
89/90 - Castro	2913	2225	2928	2172	2559
89/90 - Congoinhas	2213	2034	2341	2218	2202
89/90 - Cpo. Mourão	2702	2603	2987	2458	2687
89/90 - Guarapuava	3081	2828	3385	2520	2954
89/90 - Londrina	2080	2318	2403	2356	2289
89/90 - Maringá	2768	3138	3036	2634	2894
89/90 - Palotina	3819	3934	2789	3509	3513
89/90 - Pta. Grossa	2813	2163	2975	2338	2572
89/90 - Sertaneja	2167	2313	2579	2314	2343
Média de genótipo	2896	2795	2989	2557	2809

TABELA 2. Médias de rendimento dos genótipos (kg/ha) - Grupo M. Ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/90 em onze locais do Estado do Paraná.

Ambiente	Genótipos							Média
	Bragg	BR85-18565	FT-6	FT82-7099	OC86-102	OC-108	OC-114	
1987/88 - Cambé	2284	2956	2484	2746	2604	2893	2985	2708
87/88 - Cascavel	2840	3076	3430	3033	2678	3004	2714	2968
87/88 - Londrina	3383	3517	3071	3588	3300	3292	3429	3368
87/88 - Pta. Grossa	2696	3283	2713	3008	2879	3263	3325	3024
87/88 - Sertaneja	2608	3327	2751	3042	3698	3641	3402	3210
88/89 - Cascavel	3637	3626	3448	2825	4011	3594	3575	3531
88/89 - Castro	2800	3313	2944	3050	2800	2838	3131	2982
88/89 - Congoinhas	2327	2455	2421	2738	2786	2785	2777	2613
88/89 - Cpo. Mourão	3048	3980	3617	3698	3506	3374	3882	3586
88/89 - Guarapuava	3082	3385	3206	2884	3382	3126	3301	3195
88/89 - Londrina	3581	3456	3022	3488	3169	3131	3378	3318
88/89 - Maringá	1769	2465	1771	2143	2191	1784	1766	1984
88/89 - Palotina	3007	4034	3690	3790	3607	3741	4263	3733
88/89 - Pta. Grossa	2875	3050	3000	2791	2913	2466	2944	2863
88/89 - Sertaneja	1793	2281	2312	2520	2482	2360	2311	2294
89/90 - Cascavel	2454	3857	3115	3192	3207	3228	3355	3201
89/90 - Castro	2469	3056	2675	2800	3263	1806	2531	2657
89/90 - Congoinhas	2073	2442	2159	2592	2831	2275	2293	2381
89/90 - Cpo. Mourão	2325	2706	2425	2361	2581	2536	2628	2509
89/90 - Guarapuava	2883	3258	2463	3130	3084	2681	3258	2965
89/90 - Londrina	2118	2275	2375	2551	2870	2550	2563	2472
89/90 - Maringá	2519	3041	2495	2529	2929	3029	3169	2816
89/90 - Palotina	3685	3965	3288	4161	4253	3714	3872	3848
89/90 - Pta. Grossa	2456	3044	3169	3331	3025	2200	3144	2910
89/90 - Sertaneja	2519	3157	3094	2711	3011	2760	3009	2894
Média de genótipo	2689	3160	2845	2988	3082	2883	3080	2961

bientes resultantes da combinação entre os anos e os locais dos ensaios. Indicam, também, que a interação entre anos x locais, ambientes considerados no tempo e no espaço, foi importante no desempenho dos genótipos. Portanto, no processo de teste de linhagens de soja, os genótipos destinados ao plantio no Estado do Paraná devem ser submetidos a vários ambientes, para serem corretamente avaliados. Estas informações complementam as obtidas por Toledo et al. (1990) e Alliprandini et al. (1993), que ao analisarem dados de produção de ensaios intermediários de soja no período de 1981 a 1990 em diversos locais no Estado do Paraná, encontraram efeitos significativos das interações entre anos x locais.

As estimativas dos componentes de variância são apresentadas na Tabela 5. O componente de ano x local foi o de maior importância, correspondendo a 58,5%, 57,0% e 37,1% da variabilidade ambiental dos grupos L, M e N, respectivamente. Outros componentes significativos corresponderam aos efeitos de ano x local x genótipo para os grupos L, M e N e, local x genótipo para

o grupo N. O efeito de repetição correspondeu a 31,6%, 28,3% e 43,9% da variação ambiental para os grupos de maturação L, M e N, respectivamente.

Na Tabela 6, que mostra a variabilidade de anos dentro dos locais, verifica-se que o efeito de ano em Ponta Grossa foi não-significativo para os grupos L, M e N. O mesmo foi observado em Palotina nos grupos L e M, e em Congoinhas e Guarapuava nos grupos L e N. Em Castro, o efeito de ano foi não-significativo para o grupo de maturação N. Estes resultados indicam que os efeitos de ano em Ponta Grossa foram menores que nas demais localidades avaliadas quanto aos genótipos testados. Em Congoinhas, Guarapuava, Palotina e Castro, os efeitos de ano também foram, aparentemente, de menor importância que para os demais locais, mas dependeram do grupo de maturação avaliado. Esta análise leva a inferir que estes locais devem ser incluídos entre os locais escolhidos para testes de linhagens, pois, pelo fato de o efeito de ano interferir menos na produtividade, existe a possibilidade de reduzir o número

de anos dos testes sem grande prejuízo da qualidade de informação obtida. A análise do efeito de local dentro de ano (Tabela 7) detectou diferenças significativas ao nível de 1% entre locais, em todos os grupos de maturação, com exceção do ensaio intermediário 1987/88 no grupo N. Portanto, em cada ano, o efeito de local influenciou no comportamento dos genótipos. Como na análise conjunta os efeitos principais de anos e de locais foram não-significativos, ficou, mais uma vez, demonstrada a importância do efeito do ambiente caracterizado pela interação dos efeitos dos anos e locais. Esta análise também permitiu inferir que, se for necessário recomendar alguma cultivar com apenas um ano de teste de produtividade, será necessário realizar este teste em vários locais.

As análises de variância por grupo de maturação, combinando os efeitos de ambientes e genótipos, e mostrando a decomposição dos componentes da interação de genótipo x ambiente, estão apresentadas nas Tabelas 8, 9 e 10. Relativamente aos grupos de maturação, os parâmetros ambiente e genótipo x ambiente foram altamente significativos (Probabilidade < 0,01), o que confirma que os ambientes foram diferentes, e que os

TABELA 3. Médias de rendimento dos genótipos (kg/ha) - Grupo N. Ensaio intermediários 1987/88 e finais 1988/90 em onze locais - PR.

Ambiente	Genótipos			
	FT-10	FT-2	OC87-216	Média
1987/88 - Cambé	2263	2213	2793	2423
87/88 - Cascavel	2945	3041	3274	3087
87/88 - Londrina	3000	2767	2829	2865
87/88 - Pta. Grossa	2846	3121	3396	3121
87/88 - Sertaneja	3340	2829	3037	3069
88/89 - Cascavel	3426	3507	4028	3654
88/89 - Castro	2800	2444	2488	2577
88/89 - Congoinhas	2550	2776	1868	2398
88/89 - Cpo. Mourão	3517	3632	3483	3544
88/89 - Guarapuava	3159	3120	3251	3177
88/89 - Londrina	3519	3213	3347	3359
88/89 - Maringá	1888	2092	2214	2064
88/89 - Palotina	3382	3624	3493	3500
88/89 - Pta. Grossa	3306	2713	2853	2957
88/89 - Sertaneja	2372	2602	2441	2472
89/90 - Cascavel	2434	2476	3587	2832
89/90 - Castro	2694	2494	2944	2710
89/90 - Congoinhas	2434	2687	2533	2552
89/90 - Cpo. Mourão	2360	2647	3076	2694
89/90 - Guarapuava	3027	2837	2742	2869
89/90 - Londrina	2727	2653	2766	2715
89/90 - Maringá	2286	2631	2751	2556
89/90 - Palotina	2691	3457	3616	3255
89/90 - Pta. Grossa	3631	2594	3000	3075
89/90 - Sertaneja	2185	2303	2770	2419
Média de genótipo	2831	2819	2983	2878

TABELA 4. Quadrados médios e testes F das análises de variância dos ensaios intermediários 1987/88 e Finais 1988/90, para estudo das interações g x a. Grupos de maturação precoce (L), semi-precoce (M) e médio (N). EMBRAPA-CNPSo, Londrina, PR.

F.V.	G.L.	Q.M.	Teste	F	Prob.	
(i) Grupo L						
Ano	2	M1	1685847,05	M1/M3	0,68	n.s.
Local	9	M2	5280279,94	M2/M3	2,14	n.s.
Ano * Local	12	M3	2465548,55	M3/M8	14,40	**
Genótipo	3	M4	2067830,47	M4/M7	11,16	**
Ano * Genótipo	6	M5	298311,69	M5/M7	1,61	n.s.
Local * Genótipo	27	M6	267684,67	M6/M7	1,45	n.s.
Ano * Local * Genótipo	36	M7	185233,30	M7/M9	1,87	**
Rep (Ano * Local)	68	M8	171164,02	M8/M9	1,73	**
Erro médio	204	M9	99003,03	M9		
(ii) Grupo M						
Ano	2	M1	2773338,60	M1/M3	0,64	n.s.
Local	9	M2	8733437,41	M2/M3	2,01	n.s.
Ano * Local	12	M3	4341433,32	M3/M8	17,21	**
Genótipo	6	M4	1851943,11	M4/M7	6,70	**
Ano * Genótipo	12	M5	204737,61	M5/M7	0,74	n.s.

Continua...

TABELA 4. Continuação

F.V.	G.L.	Q.M.	Teste	F	Prob.
Local * Genótipo	54 M6	200854,88	M6/M7	0,72	n.s.
Ano * Local * Genótipo	72 M7	276317,52	M7/M9	3,12	**
Rep (Ano * Local)	68 M8	252268,99	M8/M9	2,85	**
Erro médio	408 M9	88661,86	M9		
(iii) Grupo N					
Ano	2 M1	1359180,56	M1/M3	1,18	n.s.
Local	9 M2	2909018,00	M2/M3	2,52	n.s.
Ano * Local	12 M3	1153612,00	M3/M8	9,27	**
Genótipo	2 M4	350724,80	M4/M6	0,81	n.s.
Ano * Genótipo	4 M5	443082,28	M5/M7	2,21	n.s.
Local * Genótipo	18 M6	428578,36	M6/M7	2,14	*
Ano * Local * Genótipo	24 M7	200625,45	M7/M8	1,61	*
Erro médio	204 M8	124489,39	M8		

n.s., * e ** indicam não-significância e significância a 5% e 1%, respectivamente.

Coeficiente de variação de 10,9%, 10,0% e 12,2% para os grupos de maturação L, M e N, respectivamente.

$R^2 = 0,86, 0,85$ e $0,70$ para os grupos L, M e N, respectivamente

TABELA 5. Estimativa dos componentes de variância. Análise conjunta dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/89 e 1989/90, para os grupos de maturação L, M e N. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR.

Componentes de variância	Estimativas		
	Grupo L	Grupo M	Grupo N
Local x genótipos	5785,88ns	-6139,50ns	29545,74*
Anos x locais	169325,15**	179707,63**	98567,76**
A x L x G	28585,08**	46252,88**	20676,09*
Erro experimental	91328,76	89141,68	116561,90

* e ** indicam significância aos níveis de 5% e 1%, respectivamente.

As variâncias negativas foram consideradas nulas.

genótipos apresentaram diferentes respostas às diversas combinações de anos e locais. As diferenças entre genótipos somente foram não-significativas para o grupo N. Quando a interação de genótipo x ambiente foi decomposta, observou-se quais ambientes discriminaram consistentemente os genótipos. No grupo L (Tabela 7), apenas Guarapuava e Castro discriminaram os genótipos nos dois anos em que os dados desses locais estavam disponíveis. Cascavel e Sertaneja discriminaram os genótipos do grupo M (Tabela 8) nos três anos avaliados. Em outros locais, como Maringá e Palotina, o efeito de genótipos foi significativo nos dois anos avaliados, e Ponta Grossa, em dois dos três anos. Considerado o grupo N (Tabela 9), Cascavel e Ponta Grossa dis-

criminaram os genótipos em dois dos três anos avaliados.

Esses resultados indicam que alguns locais como Ponta Grossa, Palotina, Congonhas, Guarapuava e Castro apresentaram avaliações consistentes nos anos considerados, ou seja, houve pouca influência do efeito de ano relativamente aos demais locais das avaliações. Nota-se, também, que locais como Guarapuava, Castro, Cascavel, Sertaneja, Maringá, Palotina e Ponta Grossa, dependendo do grupo de maturação, discriminaram melhor os genótipos. Estes resultados são importantes para os trabalhos de melhoramento, e podem auxiliar na escolha de locais melhor adequados para testes de linhagens.

TABELA 6. Quadrados médios e testes F do efeito de ano dentro de locais dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/89 e 1989/90. Grupos de maturação precoce (L), semiprecoce (M) e médio (N). EMBRAPA-CNPSo, Londrina, PR.

Local	N.Anos	DF	QM	F	Prob.
(i) Grupo L					
Cascavel	3	2	2353866,72	13,51	**
Castro	2	1	258300,78	6,33	*
Congoinhas	2	1	63034,61	0,63	n.s.
Cpo.Mourão	2	1	2446704,01	33,99	**
Guarapuava	2	1	230485,87	2,17	n.s.
Londrina	3	2	4058341,32	49,36	**
Maringá	2	1	9748872,07	146,47	**
Palotina	2	1	10165,82	0,09	n.s.
Pta.Grossa	3	2	34619,44	0,41	n.s.
Sertaneja	3	2	3653529,33	45,70	**
(ii) Grupo M					
Cascavel	3	2	1971526,34	14,30	**
Castro	2	1	1478750,00	16,50	**
Congoinhas	2	1	753631,97	15,96	**
Cpo.Mourão	2	1	16254904,92	382,05	**
Guarapuava	2	1	739345,45	7,95	**
Londrina	3	2	6725275,67	62,91	**
Maringá	2	1	9684065,29	111,38	**
Palotina	2	1	186039,34	3,23	n.s.
Pta.Grossa	3	2	160362,89	1,89	n.s.
Sertaneja	3	2	5416405,13	48,55	**
(iii) Grupo N					
Cascavel	3	2	2102911,89	31,86	**
Castro	2	1	106666,67	1,42	n.s.
Congoinhas	2	1	141417,23	2,38	n.s.
Cpo.Mourão	2	1	4332555,37	19,53	**
Guarapuava	2	1	569037,97	4,43	n.s.
Londrina	3	2	1341000,32	13,57	**
Maringá	2	1	1451646,09	15,71	**
Palotina	2	1	360221,81	9,57	**
Pta.Grossa	3	2	77433,12	0,54	n.s.
Sertaneja	3	2	1278734,62	7,02	**

Em 1987/88 não foram realizados ensaios intermediários nos locais onde apenas dois anos foram analisados.

TABELA 7. Quadrados médios e testes F do efeito do local dentro de anos dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/89 e 1989/90. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR.

Anos	Ensaio	N.Locais	DF	QM	F	Prob.
(i) Grupo L						
87/88	I	4	3	1222084,42	22,00	**
88/89	F	10	9	5685561,04	44,68	**
89/90	F	10	9	2655417,03	38,64	**
(ii) Grupo M						
87/88	I	4	3	701213,20	10,07	**
88/89	F	10	9	9336134,19	107,66	**
89/90	F	10	9	5148233,91	53,81	**
(iii) Grupo N						
87/88	I	4	3	119917,62	0,83	n.s.
88/89	F	10	9	3762706,16	23,41	**
89/90	F	10	9	760292,06	13,83	**

Locais dos ensaios:

Intermediário(I): Cascavel, Londrina, Ponta Grossa e Sertaneja.

Finais (F): Cascavel, Londrina, Ponta Grossa, Sertaneja, Castro, Congoinhas, Campo Mourão, Guarapuava, Maringá e Palotina.

TABELA 8. Quadrados médios, testes F e desdobramento dos graus de liberdade da análise de variância dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/89 e 1989/90. Grupo de maturação precoce L. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR.

F.V.		DF	QM	F	Prob.
Genótipo		3	3261349,72	14,09	**
Ambiente		24	3432962,81	19,49	**
Genótipo * ambiente		72	231426,16	2,43	**
(i) Genótipo dentro de ambiente					
Ambiente = Cambé	1987/88	3	591342,19	6,21	*
Ambiente = Cascavel	1987/88	3	32210,06	0,34	n.s.
Ambiente = Londrina	1987/88	3	186215,28	1,96	n.s.
Ambiente = Pta. Grossa	1987/88	3	233763,02	2,46	n.s.
Ambiente = Sertaneja	1987/88	3	197602,74	2,08	n.s.
Ambiente = Cascavel	1988/89	3	1352369,54	14,21	**
Ambiente = Castro	1988/89	3	317434,90	3,33	*
Ambiente = Congoinhas	1988/89	3	145108,42	1,52	n.s.
Ambiente = Cpo. Mourão	1988/89	3	402971,23	4,23	**
Ambiente = Guarapuava	1988/89	3	392712,18	4,13	**
Ambiente = Londrina	1988/89	3	630660,81	6,63	**
Ambiente = Maringá	1988/89	3	155858,72	1,64	n.s.
Ambiente = Palotina	1988/89	3	198764,22	2,09	n.s.
Ambiente = Pta. Grossa	1988/89	3	208997,40	2,20	n.s.
Ambiente = Sertaneja	1988/89	3	147340,34	1,55	n.s.
Ambiente = Cascavel	1989/90	3	50464,88	0,53	n.s.
Ambiente = Castro	1989/90	3	696848,96	7,32	**

Continua...

TABELA 8. Continuação

F.V.		DF	QM	F	Prob.
Genótipo		3	3261349,72	14,09	**
Ambiente		24	3432962,81	19,49	**
Genótipo * ambiente		72	231426,16	2,43	**
Ambiente = Congoinhas	1989/90	3	63920,57	0,67	n.s.
Ambiente = Cpo. Mourão	1989/90	3	200079,07	2,10	n.s.
Ambiente = Guarapuava	1989/90	3	542292,03	5,70	**
Ambiente = Londrina	1989/90	3	82767,71	0,87	n.s.
Ambiente = Maringá	1989/90	3	217035,94	2,28	n.s.
Ambiente = Palotina	1989/90	3	1059852,22	11,14	**
Ambiente = Pta. Grossa	1989/90	3	590572,92	6,20	**
Ambiente = Sertaneja	1989/90	3	118392,26	1,24	n.s.
(ii) Ambiente dentro de genótipo					
Genótipo = FT83-934		24	1445264,85	15,19	**
Genótipo = Lancer		24	1505396,30	15,82	**
Genótipo = OC85-08		24	1254944,99	13,19	**
Genótipo = Paraná		24	806912,37	8,48	**
Resíduo		210	95173,49		

TABELA 9. Quadrados médios, testes F e desdobramento dos graus de liberdade da análise de variância dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/89 e 1989/90. Grupo de maturação M. EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR.

F.V.		DF	QM	F	Prob.
Genótipo		6	2627621,30	11,15	**
Ambiente		24	5824786,28	23,17	**
Genótipo * ambiente		144	235605,26	2,63	**
(i) Genótipo dentro de ambiente					
Ambiente = Cambé	1987/88	6	207222,92	2,32	*
Ambiente = Cascavel	1987/88	6	197542,04	2,21	*
Ambiente = Londrina	1987/88	6	86507,94	0,97	n.s.
Ambiente = Pta. Grossa	1987/88	6	220342,26	2,47	*
Ambiente = Sertaneja	1987/88	6	537733,98	6,02	**
Ambiente = Cascavel	1988/89	6	508030,72	5,69	**
Ambiente = Castro	1988/89	6	149813,99	1,68	n.s.
Ambiente = Congoinhas	1988/89	6	163808,20	1,83	n.s.
Ambiente = Cpo. Mourão	1988/89	6	398327,80	4,46	**
Ambiente = Guarapuava	1988/89	6	131151,22	1,47	n.s.
Ambiente = Londrina	1988/89	6	177066,59	1,98	n.s.
Ambiente = Maringá	1988/89	6	319033,26	3,57	**
Ambiente = Palotina	1988/89	6	612621,96	6,86	**
Ambiente = Pta. Grossa	1988/89	6	150664,06	1,69	n.s.
Ambiente = Sertaneja	1988/89	6	227989,34	2,55	*
Ambiente = Cascavel	1989/90	6	680169,50	7,62	**
Ambiente = Castro	1989/90	6	881220,24	9,87	**
Ambiente = Congoinhas	1989/90	6	275728,58	3,09	**
Ambiente = Cpo. Mourão	1989/90	6	81035,23	0,91	n.s.

Continua...

TABELA 9. Continuação

F.V.		DF	QM	F	Prob.
Genótipo		6	2627621,30	11,15	**
Ambiente		24	5824786,28	23,17	**
Genótipo * ambiente		144	235605,26	2,63	**
Ambiente = Guarapuava	1989/90	6	368352,57	4,13	**
Ambiente = Londrina	1989/90	6	234945,68	2,63	*
Ambiente = Maringá	1989/90	6	337705,06	3,78	**
Ambiente = Palotina	1989/90	6	423093,93	4,74	**
Ambiente = Pta. Grossa	1989/90	6	693430,06	7,77	**
Ambiente = Sertaneja	1989/90	6	218610,31	2,45	*
(ii) Ambiente dentro de genótipo					
Genótipo = Bragg		24	1365332,02	15,29	
Genótipo = BR85-18565		24	1480080,79	16,58	
Genótipo = FT-6		24	1258062,97	14,09	
Genótipo = FT82-7099		24	1226980,65	13,74	**
Genótipo = OC86-102		24	1358942,74	15,22	**
Genótipo = OC86-108		24	1232293,11	13,80	**
Genótipo = OC86-114		24	1588285,31	17,79	**
Resíduo		420	89281,33		

TABELA 10. Quadrados médios, testes F e desdobramento dos graus de liberdade da análise de variância dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/89 e 1989/90. Grupo de maturação N. EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR.

F.V.		DF	QM	F	Prob.
Genótipo		2	757274,97	2,38	n.s.
Ambiente		24	1929012,85	15,57	**
Genótipo * ambiente		48	317036,14	2,56	**
(i) Genótipo dentro de ambiente					
Ambiente = Cambé	1987/88	2	310425,69	2,51	n.s.
Ambiente = Cascavel	1987/88	2	85416,64	0,69	n.s.
Ambiente = Londrina	1987/88	2	43767,36	0,35	n.s.
Ambiente = Pta. Grossa	1987/88	2	226875,00	1,83	n.s.
Ambiente = Sertaneja	1987/88	2	198188,34	1,60	n.s.
Ambiente = Cascavel	1988/89	2	427037,86	3,45	*
Ambiente = Castro	1988/89	2	150989,58	1,22	n.s.
Ambiente = Congoinhas	1988/89	2	893831,16	7,22	**
Ambiente = Cpo. Mourão	1988/89	2	24136,58	0,19	n.s.
Ambiente = Guarapuava	1988/89	2	18162,98	0,15	n.s.
Ambiente = Londrina	1988/89	2	94257,81	0,76	n.s.
Ambiente = Maringá	1988/89	2	108707,81	0,88	n.s.
Ambiente = Palotina	1988/89	2	58897,63	0,48	n.s.
Ambiente = Pta. Grossa	1988/89	2	385091,15	3,11	*
Ambiente = Sertaneja	1988/89	2	55721,85	0,45	n.s.
Ambiente = Cascavel	1989/90	2	1709183,41	13,81	**
Ambiente = Castro	1989/90	2	203333,33	1,64	**
Ambiente = Congoinhas	1989/90	2	64949,67	0,52	n.s.

Continua...

TABELA 10. Continuação

F.V.		DF	QM	F	Prob.
Genótipo		2	757274,97	2,38	n.s.
Ambiente		24	1929012,85	15,57	**
Genótipo * ambiente		48	317036,14	2,56	**
Ambiente = Cpo. Mourão	1989/90	2	520698,32	4,21	*
Ambiente = Guarapuava	1989/90	2	83972,83	0,68	n.s.
Ambiente = Londrina	1989/90	2	13191,15	0,11	n.s.
Ambiente = Maringá	1989/90	2	233100,00	1,88	n.s.
Ambiente = Palotina	1989/90	2	979503,52	7,91	**
Ambiente = Pta. Grossa	1989/90	2	1093281,25	8,83	**
Ambiente = Sertaneja	1989/90	2	383421,41	3,10	*
(ii) Ambiente dentro de genótipo					
Genótipo = FT-10		24	1259601,25	10,1773	**
Genótipo = FT-2		24	1092622,06	8,8281	**
Genótipo = OC87-216		24	1279261,24	10,3361	**
Resíduo		140	123765,84		

CONCLUSÕES

1. A produtividade da soja foi altamente influenciada pelo ambiente, caracterizado pelas interações entre os efeitos de ano e local. Conseqüentemente, os testes de linhagens de soja para fins de recomendação de cultivares devem ser realizados em vários ambientes para haver uma correta avaliação do genótipo.

2. Alguns locais avaliam os genótipos de maneira consistente ao longo dos anos. Outros discriminam melhor entre os genótipos. Portanto, os testes de linhagens devem incluir tais locais para aumentar a confiabilidade das avaliações. Os dados obtidos também permitem concluir que, havendo necessidade de abreviar o período de avaliação para apenas um ano, os testes devem ser realizados em diversos locais.

REFERÊNCIAS

- ALLIPRANDINI, L. F.; TOLEDO, J. F. F. de.; FONSECA JUNIOR, N. S.; KIIHL, R. A. de S.; ALMEIDA, L. A. de. Ganho Genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento no período de 1985/86 a 1989/90. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.4, p.489-497, 1993.
- ARANTES, N. E. Interação genótipos x ambiente e estudo de alternativas para seleção de variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com base em testes regionais. Viçosa: UFV, 1979. 65p. Tese de Mestrado.
- BAIHAKI, A.; STUCKER, R. E.; LAMBERT, J. W. Association of genotype x environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary yield tests. *Crop Science*, v.16, p.718-721, 1976.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. *Experimentação Agrícola*. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.
- BRIGHAM, R. D.; YOUNG, J. K. Performance of experimental soybean breeding lines in texas high plains. *TAES Progress Report*, 1975, 14p.
- ETAC - MERCADO DE SOJA. Mercado: PR-Plantio a todo vapor no oeste. ETAC-MERCADOS, Curitiba, v.11, n.521, p.1, out. 1991.
- FRANKEL, O. H. The dynamics of plant breeding. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, v.24, p.112-123, 1958.
- GRAVOIS, K. A.; MOLDENHAUER, K. A. K. & ROHMAN, P. C. Genetic and genotype x environment effects for rough rice and head rice yields. *Crop Science*, v.31, n.4, p.907-911, 1991.

- HANSON, W. D. Genotype-environment interaction concepts for field experimentation. **Biometrics**, v.201, p.540-553, 1964.
- McINTOSH, M. S. Analysis of combined experiments. **Agronomy Journal**, v.75, p.153-155, 1983.
- NYABYENDA, P.; JANSSENS, M. J. J. Genotype x environment interaction in the soyabean breeding program of Rwanda during the last decade. [S.l.: s.n., 19--]. 18p.
- ORTIZ-FERRARA, G.; MULITZE, D.; YAU, S. K. Bread Wheat breeding for tolerance to thermal stresses occurring in west Asia and North Africa. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IMPROVEMENT OF WINTER WHEATS FOR THERMAL AND SALINITY STRESSES, 1987, Cordoba, Spain. **Proceedings...** Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1991. p.267-281.
- SAKIYAMA, N. S.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. S.; REIS, M. S. Interação genótipo x ambiente e seus efeitos na escolha de localidades para avaliação de linhagens de soja. (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, v.35, n.201, p.486-493, 1988.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS User's Guide: Statistics**, Version 5, ed. Cary, NC, 1985. 956.p.
- SCHUTZ, W. M.; BERNARD, R. L. Genotype x Environment interactions in the regional testing of soybean strains. **Crop Science**, 7, p.125-130, 1967.
- TOLEDO, J. F. F. de; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.89-94, 1990.