

## Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná<sup>(1)</sup>

Claudio Guilherme Portela de Carvalho<sup>(2)</sup>, Carlos Alberto Arrabal Arias<sup>(3)</sup>, José Francisco Ferraz de Toledo<sup>(3)</sup>, Leones Alves de Almeida<sup>(3)</sup>, Romeu Afonso de Souza Kiihl<sup>(3)</sup> e Marcelo Fernandes de Oliveira<sup>(3)</sup>

Resumo – Os objetivos deste trabalho foram conhecer o grau de representatividade dos locais no Estado do Paraná, onde são conduzidos os ensaios de avaliação final de produtividade de linhagens de soja no período 1990/2000 e realizar estudo de adaptabilidade e estabilidade das linhagens no ano agrícola 1999/2000. As linhagens testadas pertencem aos grupos de maturação precoce, semiprecoce e médio. Verificaram-se padrões de similaridade de resposta das linhagens dos três grupos de maturação, em alguns locais, em todos ou na maioria dos anos testados. Esses padrões dependeram do grupo de maturação. Contudo, as avaliações em Londrina/Cambé, Campo Mourão, Guarapuava/Mariópolis e Sertaneja foram sempre indicadas. O local Ponta Grossa - 1 foi útil na discriminação de linhagens do grupo precoce, e Ponta Grossa - 2, dos grupos semiprecoce e médio. O estudo de adaptabilidade e estabilidade revelou que as linhagens precoces BR95-7613, BRS 137, OC95-3006 e CD96-518 tiveram bom desempenho produtivo, adaptabilidade geral e previsibilidade. A linhagem semiprecoce BR96-25619 mostrou a maior produtividade, tanto em ambientes favoráveis como nos desfavoráveis, e pode ser indicada como tendo adaptabilidade geral. Outras linhagens semiprecoces de bom desempenho, como BR96-18710 e BRS 154, são indicadas para ambientes favoráveis e geral (ambientes favoráveis e desfavoráveis), respectivamente. As linhagens OC95-3194, BR96-12086 e BR96-16185, do grupo de maturação médio, destacam-se nos ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Termos para indexação: *Glycine max*, progênie, adaptação, estabilidade genética, métodos de melhoramento.

### Genotype x environment interaction on soybean yielding performance in Paraná State

Abstract – The objectives of this work were to study the representability of selected locations in the Paraná State, Brazil, used to carry out the final yield trials on soybean lines in the period 1990/2000 and to perform a stability and adaptability study on the soybean lines evaluated in 1999/2000. In the trials, the breeding lines are classified as early maturity group, semi-early maturity group and medium maturity group. Similar response patterns of lines from the different maturity groups were observed in some locations, for all or most of the evaluated years. These patterns depended on the maturity group. However, trials in Londrina/Cambé, Campo Mourão, Guarapuava/Mariópolis and Sertaneja were frequently indicated. The place in Ponta Grossa - 1 was efficient to discriminate early maturity lines, and in Ponta Grossa - 2, for semi-early and medium maturity lines. The stability and adaptability analyses showed that the early lines BR95-7613, BRS 137, OC95-3006 and CD96-518 are high yielding, with general adaptability and good predictability of response. The semi-early line BR96-25619 showed the highest yielding performance in both favorable and unfavorable environments and can be indicated as having a general adaptability. Other semi-early lines with good performance, such as BR96-18710 and BRS 154, can be indicated to favorable and general (favorable and unfavorable) environments, respectively. The medium maturity lines OC95-3194, BR96-12086 and BR96-16185 showed good performance in both favorable and unfavorable environments.

Index terms: *Glycine max*, progeny, adaptation, genetic stability, breeding methods.

### Introdução

A seleção e recomendação de genótipos mais produtivos é objetivo básico dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada. O processo de seleção é frequentemente realizado avaliando-se o desempenho dos genótipos em diferentes ambientes (ano, local, época de semeadura).

<sup>(1)</sup> Aceito para publicação em 29 de setembro de 2001. Parcialmente financiado pelo CNPq.

<sup>(2)</sup> Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. Bolsista CNPq. E-mail: cportela@cnpso.embrapa.br

<sup>(3)</sup> Embrapa-CNPSo. E-mail: arias@cnpso.embrapa.br, toledo@cnpso.embrapa.br, leones@cnpso.embrapa.br, romeu@cnpso.embrapa.br, marcelo@cnpso.embrapa.br

Contudo, a decisão de lançamento de novas cultivares normalmente é dificultada pela ocorrência da interação genótipo x ambiente.

A interação genótipo x ambiente ocorre quando há respostas diferenciadas dos genótipos testados em diferentes ambientes. Ela pode ser simples, quando é proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e complexa, quando denota a falta de correlação entre medidas de um mesmo genótipo em ambientes distintos e indica haver inconsistência na superioridade de genótipos com a variação ambiental (Robertson, 1959). Somente quando ocorre a interação complexa haverá dificuldades no melhoramento (Cruz & Regazzi, 1994). Além de dificultar a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade, a existência desse tipo de interação traz a necessidade de realizar avaliações em um número maior de ambientes.

A interação genótipo x ambiente pode ser reduzida, utilizando-se cultivares específicas para cada ambiente, ou utilizando-se cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade, ou estratificando-se a região considerada em sub-regiões com características ambientais semelhantes, dentro das quais a interação passa a ser não-significativa (Allard & Bradshaw, 1964; Souza, 1985; Ramalho et al., 1993). A segunda alternativa tem sido a mais utilizada (Ramalho et al., 1993).

O estudo de adaptabilidade e estabilidade favorece a identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas (ambientes favoráveis ou desfavoráveis) ou amplas (Cruz & Regazzi, 1994). Apesar da importância deste estudo, o critério de recomendação de cultivares pode basear-se apenas na produtividade média obtida nos ambientes testadores. Essa estratégia tem sido frequentemente utilizada nos programas de melhoramento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Paraná. Contudo, a indicação generalizada, sem considerar a existência de ambientes favoráveis e desfavoráveis, pode beneficiar ou prejudicar as cultivares com adaptações específicas a esses dois tipos de ambiente (Carneiro, 1998). Além disso, a produtividade média pode gerar informações menos detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo, frente às variações ambientais.

Quando se dispõe de uma rede de ambientes para avaliações das cultivares, torna-se fundamental identificar se há, entre os ambientes disponíveis, padrões similares de respostas de cultivares (estratificação ambiental). Além de reduzir a interação genótipo x ambiente, esse processo possibilita avaliar o grau de representatividade dos ensaios e tomar decisões com relação à redução do número de ambientes quando existem problemas técnicos ou escassez de recursos (Cruz & Regazzi, 1994). No processo de estratificação ambiental, pode-se agrupar os ambientes que apresentam interação genótipo x ambiente significativa, principalmente quando predominam interações de natureza simples.

Os objetivos deste trabalho foram conhecer o grau de representatividade dos locais do Estado do Paraná, onde são conduzidos os ensaios da avaliação final de linhagens de soja no período 1990/2000, e estudar a adaptabilidade e estabilidade das linhagens nos ensaios conduzidos no ano agrícola 1999/2000.

## Material e Métodos

Foram analisados os dados referentes à produtividade de grãos de soja obtida nos ensaios da avaliação final de linhagens, conduzidos em diversos locais do Estado do Paraná, pela Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja, FT - Pesquisa e Sementes, Coodetec, Indusen e CAC, no período dos anos agrícolas de 1989/1990 a 1999/2000. Nesses ensaios, incluíram-se apenas linhagens dos grupos de maturação precoce (110 a 115 dias), semiprecoce (116 a 125 dias) e médio (126 a 137 dias), por serem as de maior representatividade para o Estado (Alliprandini, 1992). Em cada ano, diferentes linhagens foram testadas, e as de melhor desempenho agrônômico permaneciam em avaliação por dois ou mais anos consecutivos de teste. O número de tratamentos em cada ensaio variou de 12 a 14 linhagens e duas cultivares-padrão em cada grupo de maturação, dependendo do ano agrícola.

A rede de experimentação abrangeu locais que foram escolhidos tendo em vista a diversidade e representatividade dos diferentes ecossistemas do Paraná (Silva Filho et al., 1987). Os locais avaliados foram Cambé, Campo Mourão, Cascavel, Castro, Congonhinhas, Guarapuava, Londrina, Luiziana, Mariópolis, Maringá, Palotina, Pato Branco, Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2 e Sertaneja (Tabela 1). Em Ponta Grossa, foram conduzidos ensaios em dois locais: na Embrapa-Serviço de Produção de Sementes Básicas

Tabela 1. Características dos locais de realização dos ensaios finais de avaliação das linhagens de soja no Paraná, no período 1990/2000<sup>(1)</sup>.

Local	Ano de avaliação	Latitude	Altitude (m)	Tipo de solo
Cambé	1992, 1993, 1994	23°16'33"	650	Latossolo Roxo eutrófico
Campo Mourão	1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000	24°2'44"	585	Latossolo Roxo distrófico
Cascavel	1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000	24°57'21"	781	Latossolo Roxo distrófico
Castro	1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997	24°47'28"	999	Latossolo Vermelho-Amarelo
Congonhinhas	1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997	23°33'4"	753	Latossolo Vermelho-Escuro
Guarapuava	1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000	25°23'43"	1.098	Latossolo Bruno álico
Londrina	1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000	23°18'37"	585	Latossolo Roxo distrófico
Mariópolis	1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999	26°21'17"	879	Latossolo Roxo álico
Maringá	1990, 1991, 1992, 1993, 1994	23°25'31"	596	Latossolo Roxo distrófico
Palotina	1990, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000	24°17'2"	333	Latossolo Roxo eutrófico
Ponta Grossa - 1	1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000	25°5'42"	969	Latossolo Vermelho-Escuro
Ponta Grossa - 2	1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997	25°5'42"	969	Latossolo Vermelho-Escuro
Sertaneja	1990, 1991, 1994, 1995, 1996	23°02'13"	401	Latossolo Roxo distrófico

<sup>(1)</sup>O local em Ponta Grossa, cujos ensaios finais de linhagens foram realizados pela empresa FT - Pesquisas e Sementes, foi denominado de Ponta Grossa - 2.

cas (identificada como Ponta Grossa - 1) e na FT - Pesquisas e Sementes (Ponta Grossa - 2).

A data de semeadura dos ensaios variou com o ano e local da avaliação, prevalecendo datas entre 15 a 25 de novembro. O delineamento experimental usado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela constituiu-se de quatro linhas de cinco metros, com espaçamento de 0,45 a 0,50 m. As duas linhas externas de cada parcela e 0,5 m em cada extremidade das duas linhas centrais foram descartadas como bordadura, resultando em área útil variando de 3,6 a 4,0 m<sup>2</sup>. As densidades de plantas estabelecidas nos ensaios variou de 14 a 18 plantas/metro linear, prevalecendo populações maiores de plantas nos ensaios de grupos precoce e semiprecoce. Adubação, controle fitossanitário, capina e demais tratamentos culturais foram realizados de modo a manter as plantas sob condições ótimas de crescimento e desenvolvimento.

A análise de variância para produtividade foi feita em cada local e ano, considerando-se apenas linhagens de um mesmo grupo de maturação (Silva Filho et al., 1987; Alliprandini, 1992). Em cada ano, verificou-se a existência de homogeneidade das variâncias residuais obtidas nessas análises, a fim de possibilitar a realização da análise conjunta dos locais. Pode-se considerar existir homogeneidade quando for encontrada uma relação inferior a sete entre o maior e o menor quadrado médio residual (Pimentel-Gomes, 1985; Banzato & Kronka, 1989).

A interação linhagens x locais foi quantificada estimando-se o componente de variância atribuído aos efeitos da interação por meio das análises de variância conjuntas (Cruz & Regazzi, 1994). A significância desse componente foi verificada pelo teste F.

Realizou-se a estratificação ambiental a cada ano, com base no algoritmo de Lin (1982), que consiste em estimar a soma de quadrados da interação entre linhagens e pares de locais, e, posteriormente, agrupar aqueles locais, cuja interação é não-significativa a 1%, pelo teste F. A possibilidade de inclusão de novos ambientes a esses grupos foi verificada decompondo-se o quadrado médio da interação em partes simples e complexa, como proposto por Cruz & Castoldi (1991); a parte complexa (C) foi expressa em porcentagem, pela seguinte fórmula:

$$C = \frac{100\sqrt{(1-r)QMLI_j QMLI_{j'}}}{QMLIxLO_{jj}}$$

em que r é a correlação entre médias de uma mesma linhagem nos locais j e j'; QMLI<sub>j</sub> e QMLI<sub>j'</sub> são os quadrados médios entre linhagens nos locais j e j'; e QMLIxLO<sub>jj</sub> é o quadrado médio da interação entre linhagens e os locais j e j'. Incluiu-se um novo local em grupo de locais, cuja interação foi não-significativa, quando a interação entre

linhagens x pares de locais (novo local e cada membro desse grupo) foi predominantemente de natureza simples, mesmo que a interação linhagens x locais tenha sido significativa nesse novo agrupamento.

Os padrões de similaridade de respostas das linhagens nos vários anos foram verificados para fins de determinação do grau de representatividade dos locais na faixa de adaptação da soja do Paraná, e de tomada de decisões com relação ao descarte de locais. Quando o agrupamento de dois ou mais locais resultou em interação linhagens x locais não-significativa, ou simples, em todos ou na maioria dos anos testados, considerou-se que a avaliação em apenas um desses locais é suficiente para a discriminação genotípica dos materiais.

O comportamento da produtividade das linhagens testadas no ano agrícola 1999/2000 foi avaliado efetuando-se o estudo de adaptabilidade e estabilidade, por meio da metodologia de Lin & Binns (1988) com decomposição de  $P_i$ , como sugerida por Carneiro (1998). Nessa metodologia, a superioridade do desempenho de uma linhagem nos vários locais de avaliação, indicada pelos valores de  $P_{if}$  e  $P_{id}$ , é medida pelo quadrado médio das distâncias entre o desempenho dessa linhagem e o desempenho da melhor linhagem em cada local.

Na estimação de  $P_{if}$  e  $P_{id}$ , os locais (ambientes) foram previamente classificados em favoráveis e desfavoráveis, de acordo com os respectivos índices ambientais codificados, que correspondem à diferença entre a média dos genótipos em cada local, e a média geral do ensaio. Nos ambientes favoráveis cujos índices assumem valores maiores ou iguais a zero, o estimador  $P_{if}$  é definido como:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (y_{ij} - M_j)^2}{2f},$$

em que  $P_{if}$  é o estimador do parâmetro de estabilidade e adaptabilidade da  $i$ -ésima linhagem;  $y_{ij}$  é a média dos  $k$ -ésimos blocos, referente à  $i$ -ésima linhagem, no  $j$ -ésimo local;  $M_j$ , a resposta máxima observada entre todas as linhagens no  $j$ -ésimo local;  $f$  é o número de locais (ambientes) favoráveis.

De modo análogo, é obtido  $P_{id}$  nos ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (y_{ij} - M_j)^2}{2d},$$

em que  $d$  é o número de locais (ambientes) desfavoráveis.

Uma vez que  $M_j$  é a resposta máxima e  $P_{if}$  e  $P_{id}$  são os quadrados médios das distâncias em relação a  $M_j$ , as linhagens que mostram os menores valores de  $P_{if}$  e  $P_{id}$  são as

mais estáveis e adaptadas a ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente. Essa comparação foi feita por grupo de maturação (Arantes, 1979).

A adaptabilidade e estabilidade das linhagens foi também estudada com base na metodologia de Cruz et al. (1989). Nesse caso, a linhagem ideal é aquela que apresenta alta capacidade produtiva (alto valor para  $\hat{\beta}_0$ ), baixa resposta a ambientes desfavoráveis ( $\hat{\beta}_1 < 1$ ), responsiva nos ambientes favoráveis ( $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$ ), e alta previsibilidade ( $\hat{\sigma}_d^2 = 0$ ). Quando o número de ambientes desfavoráveis ou favoráveis foram iguais ou inferiores a dois, em um grupo de maturação, o comportamento do desempenho das respectivas linhagens foi avaliado com base nas metodologias de Eberhart & Russel (1966) e Lin & Binns (1988). A linhagem ideal para Eberhart & Russel (1966) é a que apresenta alta capacidade produtiva (alto valor para  $\hat{\beta}_0$ ), adaptabilidade geral ( $\hat{\beta}_1 = 1$ ) e alta previsibilidade ( $\hat{\sigma}_d^2 = 0$ ). Quatorze linhagens de cada grupo de maturação foram comparadas às cultivares-padrão dos grupos de maturação precoce IAS 5 e FT Guaíra, semiprecoce EMBRAPA 59 e OCEPAR 13, e médio M-soy 7501 e BRS 134.

Todas as análises realizadas neste estudo foram efetuadas utilizando-se o programa computacional GENES (Cruz, 1997).

## Resultados e Discussão

A interação linhagens x locais foi significativa ( $P < 0,01$ ) na maioria dos anos avaliados, nos grupos de maturação precoce, semiprecoce e médio, o que indica haver mudança de desempenho produtivo das linhagens de soja nos diferentes locais avaliados. Isso justifica a realização da estratificação ambiental entre os anos agrícolas 1989/1990 a 1999/2000 e do estudo de adaptabilidade e estabilidade das linhagens em 1999/2000 (Tabela 2).

Os coeficientes de variação das análises de variância conjuntas variaram de 9,12 a 13,24% (precoce), 9,15 a 13,53% (semiprecoce) e 10,53 a 14,44% (médio), indicando, assim, que a precisão experimental variou de boa a muito boa nos ensaios finais conduzidos no Estado do Paraná, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (1985).

As condições ótimas de crescimento e desenvolvimento a que foram submetidas as plantas, refletiram-se nos rendimentos de grãos, tendo-se obtido produtividade média sempre superior a 2.500 kg/ha. Produtividade similar foi obtida por Toledo et al.

**Tabela 2.** Informações estatísticas referentes às análises de variância conjuntas em relação à produtividade de linhagens de soja, avaliadas em diversos locais do Paraná, no período 1990/2000.

Ano de avaliação	Grupo de maturação <sup>(1)</sup>									
	Maturação precoce			Maturação semiprecoce			Maturação médio			
	QMLxLO	CV (%)	Média (kg/ha)	QMLxLO	CV (%)	Média (kg/ha)	QMLxLO	CV (%)	QMLxLO	Média (kg/ha)
1990	187.741,069**	9,12	2.540,444	312.641,078**	11,99	2.682,419	481.619,823**	11,30	2.615,381	
1991	330.689,732**	12,72	3.217,091	366.667,708**	11,79	3.235,695	540.431,413**	11,02	3.058,966	
1992	301.065,687**	13,03	2.854,556	262.763,700**	13,53	2.926,721	256.121,155**	12,52	3.245,832	
1993	257.165,357*	13,24	3.135,652	364.854,104**	12,85	3.002,559	422.226,322**	14,23	3.096,019	
1994	258.167,056**	11,64	3.205,658	278.614,312**	11,53	3.115,141	432.742,788**	12,64	3.023,164	
1995	209.212,555**	10,87	3.243,920	324.303,461**	12,02	3.281,592	409.844,183**	14,44	3.207,935	
1996	311.932,485**	11,16	3.244,861	389.248,424**	9,15	3.379,147	355.080,316**	11,43	3.304,706	
1997	315.653,099**	11,25	2.845,320	233.257,162**	10,65	2.870,660	301.935,515**	11,03	2.827,144	
1998	177.564,438**	10,32	2.601,616	254.684,694**	10,06	2.872,916	377.326,369**	10,53	2.744,624	
1999	315.207,769**	11,49	2.854,679	289.939,781**	12,73	2.820,993	279.484,142**	12,43	2.831,722	
2000	331.908,922**	12,28	2.897,496	291.760,616**	12,77	2.960,827	253.188,659**	13,45	2.846,819	

<sup>(1)</sup>QMLxLO: quadrado médio da interação entre linhagens e locais; CV: coeficiente de variação. \* e \*\*Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

(1990) ao avaliar os ensaios da avaliação intermediária de linhagens de soja dos grupos de maturação precoce e semiprecoce, entre 1981 e 1986, em quatro locais do Paraná (Londrina, Cascavel, Ponta Grossa - 1 e Sertaneja).

A estratégia de escolha dos locais para a realização dos testes da avaliação final de linhagens de soja do Paraná, com base na diversidade e representatividade das regiões ecológicas do Estado, não impede que haja conjuntos de locais entre os quais a interação genótipos x locais seja não-significativa. Apesar de essa interação ter sido significativa na maioria das análises de variância conjuntas realizadas (Tabela 2), foi possível agrupar locais nos quais as linhagens não apresentaram comportamentos diferenciados (Tabelas 3 a 5). Diferentes agrupamentos foram formados, dependendo do ano e do grupo de maturação avaliado. A inclusão de novos locais nos grupos estabelecidos não foi possível, pois as interações significativas entre linhagens x pares de locais (novo local e cada membro do grupo) foram predominantemente de natureza complexa (estimativa acima de 50%) em todos os anos e grupos de maturação. Essa inclusão não é indicada, pois a interação genótipo x ambiente, quando predominantemente complexa, poderá dificultar a recomendação de cultivares.

Alguns locais apresentaram quadrado médio residual discrepante em relação aos demais locais (relação superior a sete, entre o maior e o menor quadrado médio residual) nas análises individuais de alguns anos e grupos de maturação. Esses locais não participaram do processo de estratificação ambiental para os referidos anos e grupos de maturação. As descrições dos agrupamentos de locais dos grupos de maturação precoce, semiprecoce e médio, entre 1989/1990 e 1999/2000, são indicadas a seguir.

Nos ensaios do grupo precoce, em alguns locais, foi possível verificar padrões de similaridade de resposta das linhagens em todos ou na maioria dos anos testados (Tabela 3). Interação linhagens x locais não-significativa foi geralmente obtida nas análises de variância, incluindo Castro, Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2 e Palotina. Esse resultado indica que haveria necessidade de avaliar o comportamento produtivo das linhagens de soja em apenas um desses locais. A relativa proximidade e similaridade de altitude, solo e clima dos locais podem ter favorecido a obtenção desses resultados, exceto para Palotina, que está localizada em outra região de baixa altitude

e de solo e clima bem diferentes das três primeiras localidades. Da mesma forma, em locais distantes entre si e com solos menos semelhantes, como Guarapuava e Mariópolis, as linhagens também acabaram incluídas no mesmo grupo. Por outro lado, em locais bem próximos, como Londrina e Cambé, as linhagens apresentaram comportamentos diferentes. O número reduzido de anos em que Cambé e Londrina participaram de avaliações simultâneas pode ter conduzido a esse resultado (Tabela 1).

Via de regra, não foram significativas as interações linhagens x locais entre Campo Mourão e Castro, Campo Mourão e Maringá, Campo Mourão e Ponta Grossa - 2, Cascavel e Castro, Cascavel e Congonhinhas, Cambé e Maringá, Cambé e Palotina, e Maringá e Sertaneja. A avaliação em Cambé, Campo Mourão, Cascavel, Guarapuava (ou Mariópolis), Ponta Grossa - 1 e Sertaneja pode ser satisfatória para avaliar as diferenças de comportamento das linhagens quanto à produtividade, reduzindo o número de ambientes testados, pois poucas informações adicionais foram obtidas, incluindo Castro, Congonhinhas, Maringá, Mariópolis (ou Guarapuava), Palotina e Ponta Grossa - 2, nas análises.

Londrina não mostrou padrão de similaridade com nenhum outro ambiente, por isso é importante como local na condução da rede de ensaios de competição de cultivares. Luiziana e Pato Branco participaram apenas no ano agrícola 1999/2000, portanto não foram incluídos nos estudos de estratificação ambiental.

Ao avaliar os ensaios intermediários (1987/1988) e finais (1988/1989 e 1989/1990) realizados no Paraná, Alliprandini (1992) sugeriu a inclusão de Congonhinhas, Guarapuava, Palotina e Ponta Grossa - 1 e a exclusão de Cascavel, Campo Mourão, Londrina, Maringá e Sertaneja, pelo fato de aqueles apresentarem maior estabilidade de produção (não-significância do efeito de ano, dentro do local) ou maior constância na discriminação dos genótipos (significância do efeito do genótipo, dentro do local) no decorrer dos anos. Segundo esse autor, quando o efeito do ano interfere menos na produtividade, existe a possibilidade de reduzir o número de anos dos testes, sem grande prejuízo da qualidade da informação obtida. Contudo, dois locais podem apresentar essas duas características e mostrar padrões de similaridade de comportamento das linhagens (interação linhagens x locais não-significativa). Neste estudo, por exemplo, Palotina e Ponta Grossa - 1 tiveram os mesmos padrões de comportamento.

**Tabela 3.** Estratificação ambiental com base na discriminação genotípica relacionada à produtividade de grãos de linhagens de soja do grupo de maturação precoce, no período 1990/2000 e em diversos locais do Paraná<sup>(1)</sup>.

Ano de avaliação	Conjunto de ambientes
1990	(Congonhinhas, Londrina, Sertaneja), (Maringá, Sertaneja), (Ponta Grossa - 1)
1991	(Guarapuava, Londrina), (Campo Mourão, Maringá, Ponta Grossa - 2, Sertaneja), (Ponta Grossa - 1), (Londrina, Ponta Grossa - 2), (Cascavel)
1992	(Castro, Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Campo Mourão, Cascavel, Congonhinhas, Londrina, Maringá), (Cambé, Maringá), (Campo Mourão, Castro), (Guarapuava)
1993	(Cambé, Campo Mourão, Cascavel, Castro, Maringá, Palotina, Ponta Grossa - 2), (Campo Mourão, Londrina), (Londrina, Palotina)
1994	(Campo Mourão, Cascavel, Congonhinhas, Guarapuava, Mariópolis, Palotina, Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Cambé, Congonhinhas), (Cambé, Palotina), (Cambé, Campo Mourão), (Cambé, Ponta Grossa - 1), (Londrina), (Sertaneja)
1995	(Campo Mourão, Cascavel, Castro, Guarapuava, Mariópolis, Palotina, Ponta Grossa - 2, Sertaneja), (Londrina, Palotina), (Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Castro, Ponta Grossa - 1), (Guarapuava, Ponta Grossa - 1), (Cascavel, Congonhinhas), (Cascavel, Ponta Grossa - 1), (Congonhinhas, Guarapuava), (Campo Mourão, Londrina)
1996	(Campo Mourão, Castro, Londrina, Palotina, Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Cascavel, Ponta Grossa - 2), (Cascavel, Castro), (Campo Mourão, Mariópolis), (Cascavel, Londrina), (Cascavel, Ponta Grossa - 1), (Sertaneja)
1997	(Cascavel, Castro, Palotina), (Castro, Ponta Grossa - 2), (Cascavel, Londrina), (Campo Mourão), (Congonhinhas), (Mariópolis)
1998	(Campo Mourão, Cascavel, Ponta Grossa - 1), (Cascavel, Palotina), (Guarapuava, Mariópolis)
1999	(Mariópolis, Palotina, Ponta Grossa - 1), (Londrina, Mariópolis), (Guarapuava, Mariópolis), (Campo Mourão), (Cascavel)
2000	(Palotina, Ponta Grossa - 1), (Guarapuava, Palotina), (Campo Mourão), (Cascavel), (Londrina)

<sup>(1)</sup>Os ambientes incluídos entre parênteses apresentaram interação linhagem x local não-significativa a 1% pelo teste F.

Nos ensaios do grupo semiprecoce, não houve consistência no agrupamento de Congonhinhas, Maringá e Palotina, com nenhum outro local testado, podendo-se recomendar esses locais como adequados para a realização dos testes finais das linhagens de soja. Diferentemente dos resultados encontrados nos ensaios do grupo precoce, Ponta Grossa - 1 e Palotina apresentaram interações significativas com Castro e Ponta Grossa - 2, na maioria dos anos avaliados. Além disso, Cambé e Londrina apresentaram respostas similares quanto ao comportamento das linhagens entre os anos agrícolas 1991/1992 a 1993/1994. Outros padrões de similaridade foram verificados com relação a Campo Mourão e Cascavel, Cascavel e Sertaneja, Castro e Guarapuava, Castro e Ponta Grossa - 2, Guarapuava e Ponta Grossa - 1, Mariópolis e Ponta Grossa - 1. A estratificação ambiental sugere a redução da rede experimental, incluindo apenas Londrina (ou Cambé), Campo Mourão, Congonhinhas, Guarapuava, Maringá, Mariópolis, Palotina, Ponta Grossa - 2 e Sertaneja nos

ensaios finais de linhagens de soja no Paraná. Nesse caso, ficam excluídos Cascavel, Castro, Londrina (ou Cambé) e Ponta Grossa - 1. Estes resultados diferem dos encontrados por Alliprandini (1992), que indicou avaliação simultânea em Cascavel e Sertaneja, e não recomendou Campo Mourão, Guarapuava, Londrina e Congonhinhas.

Quanto aos ensaios do grupo de maturação médio, neles não foram encontrados padrões de similaridade entre Cambé, Londrina, Maringá e Sertaneja com os demais locais. Apenas Campo Mourão e Ponta Grossa - 1 apresentaram similaridades de comportamento de linhagens durante vários anos de avaliação. Outros pares de locais, como Cascavel e Congonhinhas, Castro e Ponta Grossa - 1, Guarapuava e Mariópolis, Palotina e Ponta Grossa - 1 e Ponta Grossa - 1 e Ponta Grossa - 2, foram agrupados somente em alguns anos agrícolas. Em face do constante agrupamento com quatro locais (Campo Mourão, Castro, Palotina e Ponta Grossa - 2), Ponta Grossa - 1 pode ser excluída da rede de ensaios. Para a retirada de

**Tabela 4.** Estratificação ambiental com base na discriminação genotípica relacionada à produtividade de grãos de linhagens de soja do grupo de maturação semiprecoce, no período 1990/2000 e em diversos locais do Paraná<sup>(1)</sup>.

Ano de avaliação	Conjunto de ambientes
1990	(Congonhinhas, Londrina, Maringá, Sertaneja), (Ponta Grossa - 1)
1991	(Cascavel, Maringá, Sertaneja), (Londrina), (Campo Mourão), (Guarapuava), (Ponta Grossa - 2)
1992	(Campo Mourão, Cascavel, Congonhinhas, Londrina, Maringá, Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Castro, Maringá), (Cambé, Londrina), (Castro, Ponta Grossa - 2)
1993	(Campo Mourão, Castro, Ponta Grossa - 2), (Castro, Palotina), (Cambé, Palotina), (Cambé, Castro), (Cambé, Londrina)
1994	(Campo Mourão, Guarapuava, Londrina, Mariópolis, Ponta Grossa - 1), (Campo Mourão, Cascavel, Sertaneja), (Mariópolis, Ponta Grossa - 2, Maringá), (Campo Mourão, Palotina), (Castro, Ponta Grossa - 2), (Guarapuava, Palotina), (Cascavel, Ponta Grossa - 2), (Cambé, Guarapuava), (Cambé, Cascavel), (Castro, Guarapuava), (Cambé, Campo Mourão), (Londrina, Palotina), (Cambé, Londrina), (Guarapuava, Ponta Grossa - 1), (Cascavel, Guarapuava), (Campo Mourão, Congonhinhas), (Maringá, Palotina)
1995	(Campo Mourão, Cascavel, Castro, Guarapuava, Palotina, Ponta Grossa - 1, Sertaneja), (Cascavel, Ponta Grossa - 2), (Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Castro, Ponta Grossa - 2), (Mariópolis, Palotina), (Londrina, Sertaneja), (Guarapuava, Londrina), (Mariópolis, Sertaneja), (Cascavel, Londrina), (Congonhinhas)
1996	(Cascavel, Londrina, Ponta Grossa - 1), (Castro, Londrina), (Congonhinhas, Ponta Grossa - 1), (Londrina, Mariópolis), (Mariópolis, Ponta Grossa - 1), (Congonhinhas, Londrina), (Castro, Congonhinhas), (Palotina), (Ponta Grossa - 2), (Sertaneja)
1997	(Cascavel, Castro, Guarapuava, Londrina, Mariópolis, Ponta Grossa - 1), (Castro, Ponta Grossa - 2), (Campo Mourão, Mariópolis), (Mariópolis, Ponta Grossa - 2), (Campo Mourão, Cascavel), (Congonhinhas), (Palotina)
1998	(Campo Mourão, Londrina), (Mariópolis, Ponta Grossa - 1), (Cascavel), (Guarapuava), (Palotina)
1999	(Guarapuava, Mariópolis, Ponta Grossa - 1), (Palotina), (Londrina, Mariópolis), (Cascavel), (Campo Mourão)
2000	(Guarapuava, Palotina, Ponta Grossa - 1), (Campo Mourão, Guarapuava), (Cascavel, Palotina), (Campo Mourão, Cascavel), (Campo Mourão, Palotina), (Guarapuava, Londrina), (Londrina, Palotina), (Cascavel, Ponta Grossa - 1)

<sup>(1)</sup>Os ambientes incluídos entre parênteses apresentaram interação linhagem x local não-significativa a 1% pelo teste F.

Cascavel (ou Congonhinhas) e Guarapuava (ou Mariópolis) dos ensaios finais do grupo médio, um maior número de avaliações deve ser realizado. Assim como verificado nos outros grupos de maturação, o estudo realizado por Alliprandini (1992), com base na estabilidade de produção e constância na discriminação das linhagens do grupo médio no decorrer dos anos, mostrou resultados discordantes quanto à estratificação ambiental, considerando a significância da interação linhagem x local. Esse autor recomendou o descarte de Campo Mourão, Londrina, Maringá, Palotina e Sertaneja.

A estratificação ambiental realizada nos ensaios dos grupos precoce, semiprecoce e médio pode possibilitar reduzir o número de locais da rede de experimentação. Apesar das diferentes reduções no número de locais, efetuadas em cada grupo de maturação, as avaliações em Londrina (ou Cambé), Campo Mourão, Guarapuava (ou Mariópolis) e Sertaneja foram sempre indicadas. Ensaios em Ponta Grossa - 1 foram úteis na discriminação das linhagens do grupo precoce e em Ponta Grossa - 2, nos grupos de maturação semiprecoce e médio. Nenhum local foi excluído dos três grupos de maturação. A necessidade de avaliações em vários locais refletiu a existência de interação linhagens x locais significativa observada nas análises de variância (Tabela 2). Es-

tudos feitos com resultados dos ensaios intermediários de linhagens de soja do Paraná, entre os anos 1981 e 1986 (Toledo et al., 1990) e entre 1985 e 1990 (Alliprandini, 1992), não mostraram haver significância nesse tipo de interação. O pequeno número de linhagens testadas (2 a 6) por esses autores pode ter influenciado na obtenção desses resultados. Alliprandini (1992) encontrou significância na interação ano x local em relação a todos os grupos de maturação, e indicou que as associações entre locais e anos constituem ambientes distintos. No presente estudo, a importância de se considerar local e ano na estratificação ambiental pode ser verificada na formação dos diferentes agrupamentos entre os anos agrícolas 1989/1990 a 1999/2000, nos grupos precoce (Tabela 3), semiprecoce (Tabela 4) e médio (Tabela 5).

Quanto ao estudo de adaptabilidade e estabilidade, no grupo precoce, os locais Campo Mourão, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina e Ponta Grossa - 1 mostraram índices ambientais negativos, e Luiziana e Pato Branco, índices positivos. As estimativas dos índices ambientais são úteis, pois indicam a qualidade dos ambientes avaliados. Índices negativos identificam ambientes desfavoráveis, que são regiões de condições climáticas ou de solo adversas, ou áreas de utilização de baixa tecnologia,

**Tabela 5.** Estratificação ambiental com base na discriminação genotípica relacionada à produtividade de grãos de linhagens de soja do grupo de maturação médio, no período 1990/2000 e em diversos locais do Paraná<sup>(1)</sup>.

Ano de avaliação	Conjunto de ambientes
1990	(Congonhinhas, Maringá, Sertaneja), (Londrina), (Ponta Grossa - 1)
1991	(Campo Mourão, Congonhinhas, Ponta Grossa - 2), (Guarapuava, Sertaneja), (Maringá)
1992	(Campo Mourão, Cascavel, Londrina, Ponta Grossa - 1), (Cambé, Londrina)
1993	(Cascavel, Castro, Maringá, Ponta Grossa - 2), (Cambé, Maringá), (Cambé, Castro), (Castro, Londrina), (Campo Mourão, Londrina), (Cambé, Ponta Grossa - 2), (Cambé, Cascavel), (Palotina)
1994	(Cascavel, Congonhinhas, Guarapuava, Londrina), (Palotina, Sertaneja), (Congonhinhas, Palotina), (Cascavel, Palotina), (Cambé), (Castro), (Maringá), (Ponta Grossa - 1), (Ponta Grossa - 2)
1995	(Cascavel, Castro, Congonhinhas, Guarapuava, Londrina, Ponta Grossa - 1), (Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Londrina, Ponta Grossa - 2), (Guarapuava, Mariópolis), (Londrina, Palotina), (Londrina, Mariópolis), (Congonhinhas, Sertaneja), (Congonhinhas, Mariópolis)
1996	(Campo Mourão, Cascavel, Castro, Congonhinhas, Londrina, Mariópolis, Palotina, Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Sertaneja)
1997	(Castro, Guarapuava, Mariópolis, Ponta Grossa - 1), (Campo Mourão, Palotina, Ponta Grossa - 1), (Campo Mourão, Mariópolis), (Ponta Grossa - 1, Ponta Grossa - 2), (Castro, Ponta Grossa - 2), (Cascavel), (Congonhinhas), (Londrina)
1998	(Palotina, Ponta Grossa - 1), (Cascavel, Mariópolis), (Mariópolis, Palotina), (Cascavel, Palotina), (Campo Mourão), (Guarapuava), (Londrina)
1999	(Guarapuava, Mariópolis, Ponta Grossa - 1), (Campo Mourão, Ponta Grossa - 1), (Londrina), (Palotina)
2000	(Campo Mourão, Cascavel, Guarapuava, Palotina, Ponta Grossa - 1), (Londrina, Palotina), (Campo Mourão, Londrina)

<sup>(1)</sup>Os ambientes incluídos entre parênteses apresentaram interação linhagens x locais não-significativa a 1% pelo teste F.

em razão do uso de quantidade e qualidade de insumos e/ou equipamentos agrícolas insuficientes. Índices positivos identificam os ambientes favoráveis, que são regiões com condições edáficas e climáticas apropriadas ao cultivo da cultura ou áreas de utilização de alta tecnologia, caracterizada pelo uso de insumos e controle culturais adequados e pela mecanização agrícola (Cruz & Regazzi, 1994). Neste estudo, em razão do pequeno número de ambientes favoráveis, as análises de adaptabilidade e estabilidade das linhagens foram realizadas sem a decomposição dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis (Tabela 6).

Os valores de  $P_i$  geral das linhagens precoces BR95-7613, BRS 137, OC95-3006, OC95-10-3441, BRS 153, BRS95-8400, CD96-518, OC95-3048 superaram os valores das cultivares-padrão IAS 5 e FT Guaíra. Esse parâmetro relaciona a distância da linhagem avaliada à melhor linhagem (representada pela produtividade máxima obtida em cada local), de modo que quanto menor o seu valor, maior será a adaptabilidade e estabilidade da respectiva linhagem. Carneiro (1998) menciona que a vantagem de utilizar-se a metodologia de Lin & Binns (1988) é representada pela unicidade do parâmetro para estimar a adaptabilidade e estabilidade de comportamento e a sim-

plicidade na interpretação dos resultados. A correlação entre  $P_i$  geral e  $\beta_0$  de Eberhart & Russel (1966) do grupo precoce foi de -0,944. Assim, a média geral tendeu a refletir a adaptabilidade e estabilidade das linhagens com base na metodologia de Lin & Binns (1988). Em geral, linhagens que apresentaram maiores médias tiveram menores valores de  $P_i$  geral, e, por conseqüência, maior adaptabilidade e estabilidade. A possibilidade de utilização da média em substituição ao  $P_i$  simplifica ainda mais este tipo de análise. Carvalho (1999) também obteve correlação negativa, mas próxima da unidade, entre  $P_i$  geral e  $\beta_0$  ao avaliar híbridos de cacaueteiro em Rondônia.

Quatro locais (ambientes) foram classificados como favoráveis no grupo semiprecoce (Londrina, Luiziana, Palotina e Pato Branco), e quatro no grupo médio (Campo Mourão, Luiziana, Palotina e Pato Branco). Com o estudo de adaptabilidade e estabilidade, decompondo-se  $P_i$ , foram obtidas correlações entre médias dos ambientes desfavoráveis e  $P_{id}$ , e entre médias dos ambientes favoráveis e  $P_{if}$ , nos grupos semiprecoce e médio, variando de -0,942 a -0,967 (Tabela 7). Essa decomposição torna a metodologia de Lin & Binns (1988) mais adequada aos propósitos da recomendação das cultivares, pois fornece um direcionamento da resposta aos diferentes tipos de

**Tabela 6.** Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja do grupo de maturação precoce, avaliadas no Paraná em 1999/2000, com base nas metodologias de Eberhart & Russel (1966) e de Lin & Binns (1988)<sup>(1)</sup>.

Linhagens	Eberhart & Russel (1966)				Lin & Binns (1988)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	R <sup>2</sup>	$\hat{\sigma}_d^2$	$P_i$ geral
IAS 5	2.872,89	1,32 <sup>ns</sup>	68,72	84.119,19**	165.005,32
FT Guaíra	2.818,55	0,85 <sup>ns</sup>	72,93	7.787,13 <sup>ns</sup>	182.013,51
BR95-7613	3.135,10	0,85 <sup>ns</sup>	64,53	27.164,58 <sup>ns</sup>	41.593,84
BR95-8400	2.925,71	1,03 <sup>ns</sup>	57,94	82.294,32**	131.188,99
BR96-25337	2.847,69	0,66 <sup>ns</sup>	36,99	78.295,25**	217.957,82
BRS 137	3.111,95	1,28 <sup>ns</sup>	88,07	944,79 <sup>ns</sup>	44.583,05
BRS 138	2.681,76	0,72 <sup>ns</sup>	27,35	171.025,17**	334.956,05
BRS 153	3.045,72	0,36**	16,46	66.303,37**	114.352,54
BRS95-29133	2.660,88	1,46*	89,89	3.719,34 <sup>ns</sup>	278.671,85
CD96-518	2.869,97	0,82 <sup>ns</sup>	76,40	-1.048,77 <sup>ns</sup>	139.486,41
CD96-551	2.762,10	1,05 <sup>ns</sup>	93,27	-20.010,58 <sup>ns</sup>	197.197,27
OC95-10-3441	2.987,46	1,09 <sup>ns</sup>	71,62	36.937,16*	105.027,97
OC95-2806	2.901,73	1,62**	81,84	53.772,54*	172.617,03
OC95-3006	3.049,08	1,00 <sup>ns</sup>	72,76	23.012,25 <sup>ns</sup>	83.109,08
OC95-3048	2.874,51	0,72 <sup>ns</sup>	43,83	67.581,17**	161.245,41
OC95-3152	2.814,77	1,09 <sup>ns</sup>	71,66	36.919,60*	184.811,78

<sup>(1)</sup>IAS 5 e FT Guaíra foram utilizadas como padrão. <sup>ns</sup>Não-significativo. \* e \*\*Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 7.** Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja dos grupos de maturação semiprecoce e médio, avaliadas no Paraná em 1999/2000, com base nas metodologias de Cruz et al. (1989) e de Lin & Binns (1988)<sup>(1)</sup>

Linhagens	Cruz et al. (1989)						Lin & Binns (1988)		
	Média nos ambientes			$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}_d^2$	R <sup>2</sup> (%)	P <sub>id</sub> <sup>(2)</sup>	P <sub>if</sub> <sup>(2)</sup>
	Geral	Desfavorável	Favorável						
	Semiprecoce								
EMBRAPA 59	3.085,80	2.976,25	3.195,35	0,61 <sup>ns</sup>	-0,20*	15.820,82 <sup>ns</sup>	31,08	73.977,87	116.077,13
OCEPAR 13	2.972,48	2.623,75	3.321,22	1,86*	0,65 <sup>ns</sup>	9.288,12 <sup>ns</sup>	82,56	232.188,45	79.475,90
BR91-11995	2.775,57	2.657,18	2.893,96	0,72 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	-10.567,86 <sup>ns</sup>	81,07	214.012,87	321.693,69
BR96-16608	2.845,22	2.595,31	3.095,13	1,26 <sup>ns</sup>	2,39*	51.379,46*	72,96	259.824,39	285.160,94
BR96-17294	2.800,07	2.529,81	3.070,34	1,42 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	-7.551,74 <sup>ns</sup>	83,89	301.991,61	191.446,07
BR96-18671	2.913,90	2.712,43	3.115,37	0,97 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	37.930,40 <sup>ns</sup>	67,04	218.488,75	191.462,87
BR96-25619	3.316,68	3.135,34	3.498,02	1,09 <sup>ns</sup>	-0,10*	47.418,47*	45,67	37.859,98	26.009,82
BRS 154	3.091,79	2.918,71	3.264,87	0,73 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	244.732,41**	14,77	156.187,21	168.778,24
BR96-18710	3.020,41	2.678,23	3.362,58	1,70*	1,44 <sup>ns</sup>	15.074,71 <sup>ns</sup>	81,28	218.074,43	83.254,73
CD96-65	2.890,66	2.767,06	3.014,27	0,73 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	43.349,76*	42,28	158.588,66	235.942,44
CD96-450	3.051,79	2.822,43	3.281,15	1,29 <sup>ns</sup>	-0,17*	-6.130,53 <sup>ns</sup>	76,97	124.781,71	72.953,36
CD96-456	3.054,52	2.798,03	3.311,00	1,43 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-21.107,47 <sup>ns</sup>	89,19	131.808,03	60.855,12
OC95-2558	2.803,22	2.733,87	2.872,57	0,30*	0,07 <sup>ns</sup>	36.795,24 <sup>ns</sup>	7,12	223.597,89	306.071,40
OC95-2954	2.751,78	2.664,26	2.839,31	0,44 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	30.609,04 <sup>ns</sup>	57,84	233.661,07	396.541,01
OC95-3003	2.953,62	2.831,56	3.075,67	0,63 <sup>ns</sup>	2,06*	18.610,76 <sup>ns</sup>	70,42	121.143,74	256.334,17
OC95-3148	3.045,65	2.912,00	3.179,29	0,73 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	-2.379,86 <sup>ns</sup>	65,90	93.129,35	136.655,03
	Médio								
M-soy 7501	2.732,47	2.476,50	3.052,44	0,89 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	56.459,34*	54,83	236.392,34	195.148,35
BRS 134	2.860,73	2.641,20	3.135,15	1,03 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	-6.474,57 <sup>ns</sup>	82,93	142.144,24	149.781,26
BR94-493	2.604,67	2.288,43	2.999,96	1,26 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	13.463,46 <sup>ns</sup>	83,02	381.984,40	210.638,48
BR94-8875	2.626,57	2.364,32	2.954,39	1,06 <sup>ns</sup>	2,33 <sup>ns</sup>	43.404,26*	71,87	328.882,07	263.241,97
BR96-10145	2.648,42	2.398,44	2.960,89	1,01 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	-12.034,47 <sup>ns</sup>	87,08	298.276,01	252.846,65
BR96-12086	3.073,06	2.900,06	3.289,31	0,75 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	43.118,52*	50,06	37.436,79	71.922,26
BR96-16185	3.008,01	2.739,28	3.343,91	0,89 <sup>ns</sup>	2,64*	68.095,13**	62,35	105.972,53	78.722,03
BR96-19939	2.694,23	2.376,89	3.090,90	1,27 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	14.241,19 <sup>ns</sup>	82,19	344.345,16	174.940,90
BR96-9627	2.684,57	2.410,97	3.026,58	1,07 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	32.808,60 <sup>ns</sup>	71,02	315.186,24	204.844,63
CD96-257	2.845,10	2.648,96	3.090,28	0,85 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	5.992,62 <sup>ns</sup>	72,18	145.354,53	209.168,88
CD96-263	2.992,20	2.797,23	3.225,91	0,76 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	25.464,82 <sup>ns</sup>	56,84	86.486,72	133.819,18
CD96-454	2.926,19	2.676,13	3.238,76	1,04 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	9.524,92 <sup>ns</sup>	84,68	116.285,43	138.790,41
CD96-461	2.991,88	2.811,37	3.217,50	0,70 <sup>ns</sup>	-0,47 <sup>ns</sup>	7.514,11 <sup>ns</sup>	61,27	82.517,56	130.431,64
OC95-3194	3.161,02	2.806,54	3.604,11	1,43*	1,24 <sup>ns</sup>	94.427,26**	69,29	157.003,75	2.583,00
OC95-3214	2.890,15	2.640,06	3.202,77	1,02 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	86.507,59**	55,34	189.103,33	119.104,06
OC95-3312	2.809,77	2.546,61	3.138,72	0,87 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	33.479,63 <sup>ns</sup>	60,98	235.854,99	136.159,54

<sup>(1)</sup>EMBRAPA 59, OCEPAR 13, M-soy 7501 e BRS 134 foram utilizadas como padrão. <sup>(2)</sup>Os parâmetros P<sub>id</sub> e P<sub>if</sub> são obtidos da decomposição de P<sub>i</sub> para ambientes desfavoráveis e favoráveis, respectivamente. <sup>ns</sup>Não-significativo. \* e \*\*Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

ambientes (Carneiro, 1998). Assim, como verificado em relação ao grupo precoce, o desempenho médio das linhagens de tipo de ambiente tendeu a refletir, de modo inverso, o correspondente valor de  $P_i$ .

A linhagem de ciclo médio OC95-3194 apresentou o oitavo menor  $P_{id}$  e a terceira maior média nos ambientes desfavoráveis, apesar de a correlação entre esses dois parâmetros ter sido de -0,967. O valor de  $P_{id}$  dessa linhagem foi maior do que o obtido na linhagem CD96-257. Contudo, a produtividade média de OC95-3194 foi bem maior que a de CD96-257. Essa superioridade ocorreu em quatro dos cinco ambientes classificados como desfavoráveis. Neste caso, a utilização da média para comparar o desempenho de linhagens quanto à produtividade nos ambientes desfavoráveis foi mais satisfatória que  $P_{id}$ .

Segundo Carneiro (1998), a recomendação geral de cultivares deve ser baseada no  $P_i$  original do método Lin & Binns (1988) e nos ambientes desfavoráveis e favoráveis, nos valores de  $P_{id}$  e  $P_{if}$ . Como a correlação entre os parâmetros  $P_{id}$  e  $P_{if}$  de Lin & Binns (1988) e as respectivas médias foram próximas da unidade, o desempenho das linhagens dos grupos semiprecoce e médio foi verificado com base nas médias dos ambientes favoráveis e desfavoráveis. A linhagem semiprecoce BR96-25619 apresentou as maiores médias em produtividade para esses dois parâmetros, e é indicada tanto para ambientes favoráveis como desfavoráveis (recomendação geral). A cultivar-padrão EMBRAPA 59 mostrou melhor desempenho em ambientes desfavoráveis e a padrão OCEPAR 13, em ambientes favoráveis. Outras linhagens de bom desempenho, como BR96-18710 e BRS 154, foram indicadas para ambientes favoráveis e geral (ambientes favoráveis e desfavoráveis), respectivamente. No grupo médio, as linhagens OC95-3194, BR96-12086 e BR96-16185 se destacaram nos ambientes favoráveis e desfavoráveis (recomendação geral). Os padrões M-soy 7501 e BRS 134 não se destacaram em nenhum tipo de ambiente.

Foi pequena a diferença de comportamento das linhagens de cada grupo de maturação, conforme observada pelos coeficientes de regressão estimados de acordo com Eberhart & Russel (1966) e Cruz et al. (1989) (Tabelas 6 e 7). A maioria desses coeficientes mostrou ser igual à unidade, principalmente os associados às linhagens dos grupos precoce e médio. Assim, a análise, com base em Eberhart &

Russel (1966), indicou que o programa de melhoramento de soja no Paraná selecionou, geralmente, linhagens precoces com adaptabilidade geral. Com exceção da BRS 153, todas as linhagens que superaram o desempenho médio das cultivares-padrão IAS 5 e FT Guaira apresentaram adaptabilidade geral (Tabela 6). Dentre elas, BR95-7613, BRS 137, OC95-3006 e CD96-518 mostraram-se com alta previsibilidade ( $\hat{\sigma}_d^2 = 0$ ). A análise de adaptabilidade com base em Cruz et al. (1989) não refletiu a realizada com base nas médias dos ambientes favoráveis e desfavoráveis (Tabela 7). Nenhum genótipo foi considerado ideal, segundo aquela metodologia.

### Conclusões

1. As localidades de Londrina (ou Cambé), Campo Mourão, Guarapuava (ou Mariópolis) e Sertaneja são indicadas para avaliar o desempenho produtivo de linhagens de soja no Paraná, dos grupos de maturação precoce, semiprecoce e médio.
2. Ensaios em Ponta Grossa - 1 são indicados para discriminar as linhagens do grupo precoce e em Ponta Grossa - 2, para discriminar as linhagens dos grupos de maturação semiprecoce e médio.
3. As linhagens precoces BR95-7613, BRS 137, OC95-3006 e CD96-518 apresentam bom desempenho produtivo, adaptabilidade geral e previsibilidade.
4. A linhagem semiprecoce BR96-25619 é indicada tanto para ambientes favoráveis como desfavoráveis.
5. Outras linhagens semiprecoces de bom desempenho (BR96-18710 e BRS 154) são indicadas para ambientes favoráveis e geral (ambientes favoráveis e desfavoráveis), respectivamente.
6. As linhagens OC95-3194, BR96-12086 e BR96-16185, do grupo de maturação médio, destacam-se nos ambientes favoráveis e desfavoráveis.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro; aos pesquisadores Dr. Arlindo Harada (Cascavel, Palotina, Mariópolis e Campão Mourão), Dr. Celso Wobeto (Guarapuava), Dr. Marcos Kamikoga (Castro e Ponta Grossa FT), Dr. Rodiger

Boye (Sertaneja e Congonhinhas) e Dr. Wilson Higashi (Cambé e Maringá), que conduziram os ensaios experimentais das instituições do Grupo Cooperativo de Melhoramento de Soja do Paraná.

### Referências

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 503-507, 1964.
- ALLIPRANDINI, L. F. **Estudo dos efeitos ambientais, estabilidade, adaptabilidade e ganho genético em linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Estado do Paraná**. 1992. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- ARANTES, N. E. **Interação genótipo x ambiente e estudo de alternativas para seleção de variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com base em testes regionais**. 1979. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1989. 247 p.
- CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CARVALHO, C. G. P. de. **Repetibilidade e seleção de híbridos de cacaueteiro**. 1999. 177 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442 p.
- CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 38, p. 422-430, 1991.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390 p.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.
- EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 6-40, 1966.
- LIN, C. S. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 62, p. 277-280, 1982.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 1293-1298, 1988.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Esalq, 1985. 467 p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations: biometrical genetics**. New York: Pergamon, 1959. 186 p.
- SILVA FILHO, P. M. da; KIIHL, R. A. de S.; YORINORI, J. T.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; TERASAWA, F.; BOYE, R.; AGUIAR, C. Ensaio intermediário de avaliação de linhagens. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1985/1986**. Londrina, 1987. p. 261-265. (Documentos, 20).
- SOUZA, M. A. **Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficiente de trilha em genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) em doze ambientes de Minas Gerais**. 1985. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- TOLEDO, J. F. F. de; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 89-94, jan. 1990.