

SEÇÃO: AGRONOMIA

PROGRESSO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DA SOJA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL: I. RENDIMENTO DE GRÃOS¹

SÉRGIO DE ASSIS LIBRELOTTO RUBIN², OSMAR SOUZA DOS SANTOS³

RESUMO – Experimentos foram conduzidos no Centro de Pesquisa de Sementes de Júlio de Castilhos, RS, no período de setembro de 1993 a maio de 1994, com o objetivo de mensurar o progresso em rendimento de grãos, obtido pelo melhoramento genético da soja no Rio Grande do Sul, em três ambientes diferenciados quanto ao manejo do solo e da cultura. Os tratamentos constaram de 21 cultivares de soja, escolhidas pelo alto potencial de rendimento de grãos e pela representatividade em área de cultivo, nos respectivos períodos em que foram utilizadas pelos sojicultores gaúchos. Os resultados evidenciaram que nos últimos 40 anos foi obtido ganho genético de 14,7 a 25,3 kg/ha/ano nos ambientes de menor e maior produtividade, respectivamente, com média de 19 kg/ha/ano ou 1,1% ao ano. Com a exclusão da antiga cultivar 'Amarela Comum', ocorreu ganho de 11,7 kg/ha/ano, no período aproximado de 30 anos. Porém, os ganhos em rendimento de grãos vem diminuindo com o decorrer do tempo, em função do alto potencial de rendimento já alcançado e da constante utilização do mesmo germoplasma básico nas hibridações. Com o surgimento de novas doenças no final da década de 1980, houve grande mudança da preferência varietal, com a substituição de cultivares derivadas de Hill e Hood por genótipos oriundos de Davis, principalmente pela sua resistência à podridão parda da haste (*Phialophora gregata*). A diferença em rendimento de grãos, entre os ambientes, evidenciou também significativo avanço proporcionado pelo uso de melhor tecnologia no manejo do solo e da cultura.

Palavras-chave: Soja, melhoramento genético, cultivar, rendimento de grão.

GENETIC IMPROVEMENT OF SOYBEANS IN THE RIO GRANDE DO SUL STATE: I. GRAIN YIELD

ABSTRACT – Experiments were carried out at the Seeds Research Center of Júlio de Castilhos (RS) from September of 1993 to May of 1994 to evaluate the progress in grain yield due to the soybean breeding programs in Rio Grande do Sul state, under three environmental conditions related to soil and crop management. The treatments included 21 soybean cultivars from different eras, chosen by their yield potential and their percentage of use by the soybean growers. The results show high progress in grain yield for the last 40 years. The genetic gain was 19 kg/ha/year or 1.1% per year, ranging from 14.7 to 25.3 kg/ha annually, within every environment. When the cultivar 'Amarela Comum' was excluded the gain was 11.7 kg/ha/year, for a 30 years period. However, the grain yield gain has been decreasing along the years probably because the soybean cultivars have reached high productivity level and also because there has been constant use of the same germplasm bank for hybridization, creating a genetic narrow base. With emergence of new diseases in the last decade, there were great changes on soybean varieties preference, changing from varieties derived from Hill and Hood cultivars to genotypes originated from Davis cultivar. The changing was driven by resistance to brown stem rot (*Phialophora gregata*). The great difference in grain yield among environments was due to better use of technology on soil and crop tillage.

Key words: Soybean, genetic gain, genotypes, grain yield.

1. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
2. Eng. Agr., M.Sc. – FEPAGRO/ Centro de Pesquisa de Sementes – Júlio de Castilhos, Caixa Postal 3, 98130-000 Júlio de Castilhos – RS/BRASIL.
3. Eng. Agr., Dr. – Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Caixa Postal 221, 97119-900 Santa Maria – RS/BRASIL. Recebido para publicação em 09/07/1996.

INTRODUÇÃO

Há mais de 40 anos, várias instituições de pesquisa vêm desenvolvendo programas para obtenção de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Rio Grande do Sul, tendo como principais objetivos alto potencial de rendimento de grãos e alta capacidade de adaptação às diferentes condições de ambiente. Estes esforços iniciaram no final da década de 40 e propiciaram o lançamento de diversas cultivares, iniciando com a 'Pioneira', desenvolvida pela Secretaria da Agricultura, em 1960 (FERES et al., 1982).

Resultados obtidos em vários locais, comparando cultivares no período de 1943/44 a 1957/58, evidenciaram o bom comportamento da cultivar 'Amarela Comum', que, no início da década de 60, ocupava mais de 80% da área cultivada no território gaúcho. Entretanto, necessitava-se de cultivares mais precoces e com melhores características para a colheita mecanizada, na sucessão com a cultura de trigo (ELIAS, 1959; SANTOS, 1975).

A premência de se encontrar cultivares mais precoces e com bom ideótipo de planta deu maior impulso aos programas de melhoramento genético, seja por introdução de cultivares de outros países ou pelo uso de cruzamentos artificiais e posterior seleção. O germoplasma proveniente do sul dos Estados Unidos foi o que melhor se adaptou às condições ecológicas do sul do Brasil. Enquanto o trabalho de hibridação e seleção de novas cultivares de soja tinha andamento, os agricultores rio-grandenses usavam as melhores cultivares introduzidas dos Estados Unidos, como 'Hill', 'Hood', 'Majós', 'Bragg', 'Davis', 'JEW 45', 'Hampton', 'Hardee' e 'Bienville', para substituírem a 'Amarela Comum' (VERNETTI et al., 1981).

Desde o ano agrícola 1969/70, quando foi criado o Ensaio Estadual de Variedades de Soja SA-IPEAS, até 1995, foram recomendadas 61 cultivares para o Rio Grande do Sul, ao mesmo tempo que 38 foram retiradas de recomendação. Das 13 cultivares recomendadas em 1969, apenas 'Bragg' e 'Davis' permanecem em cultivo. Apresentam "vida longa", também, as cultivares 'IAS 4' e 'IAS 5' lançadas em 1973. Além destas quatro cultivares, 17 outras estão ou estiveram recomendadas para cultivo por mais de dez anos. Somente as cultivares 'BR-32', 'CEP 26-Umbú', 'EMBRAPA 19' e 'EMBRAPA-5' foram retiradas de recomendação com menos de seis anos de cultivo, principalmente pela suscetibilidade a novas doenças.

Não é tarefa fácil estimar a contribuição do melhoramento genético ao rendimento de grãos, devido à interação existente com o ambiente. É difícil reproduzir, experimentalmente e com exatidão, um complexo cronológico de mudanças que tenham

ocorrido na combinação de genótipos e práticas agronômicas empregadas nas lavouras, ao longo de vários anos (SPECHT e WILLIAMS, 1984).

A eficiência ou os ganhos proporcionados por programas de melhoramento podem ser avaliados de diversas maneiras. Uma delas é através do número de cultivares lançadas e da área ocupada por elas. Conforme ABREU et al. (1994), este processo é falho porque a eficiência avaliada não é só do programa de melhoramento, mas também da difusão das novas cultivares, a qual, quase sempre, independe do melhorista.

Outra opção é o uso dos resultados dos experimentos de competição de cultivares, em uma determinada região. Este método tem a vantagem de utilizar dados já existentes, não necessitando de experimentos específicos (TOLEDO et al., 1990).

A avaliação do progresso genético também pode ser feita comparando-se cultivares de diferentes épocas, em ambiente comum. Este procedimento, segundo COX et al. (1988), é o mais direto dos vários métodos que têm sido usados para estimar o progresso do melhoramento genético. Experimentos comparando cultivares antigas e modernas têm sido usados em vários locais do mundo, nas culturas de trigo (COX et al., 1988; NEDEL, 1994), de feijão (ABREU et al., 1994) e de soja (VELOSO et al., 1977; LUEDDERS, 1977; BEN et al., 1978; BOERMA, 1979; WILCOX et al., 1979; COSTA e MIKUSINSKI-COSTA, 1981; SPECHT e WILLIAMS, 1984).

No Rio Grande do Sul, VELOSO et al. (1977), testando dez cultivares em solo com pH (água)=5,3, observaram que, na média, as cinco cultivares recomendadas para cultivo ('Hood', 'Bragg', 'Davis', 'Planalto' e 'IAS 4') foram 35% mais produtivas que 'Amarela Comum', 'Hill' e 'Majós', já não mais recomendadas. Já em solo com elevada acidez (pH água=4,2), BEN et al. (1978) relataram que as mesmas cinco cultivares mais recentes tiveram rendimento médio de grãos 39% superior à média das três fora de recomendação.

Resultados mais modestos foram encontrados por COSTA e MIKUSINSKI-COSTA (1981), em Guaíba-RS. Por três anos consecutivos, testando quatro cultivares recomendadas: 'Prata', 'Planalto', 'IAS 5' e 'Hardee', obtiveram 18% a mais, em rendimento de grãos, que quatro cultivares fora de recomendação: 'Hill', 'Hood', 'Majós' e 'Amarela Comum'. Salientaram que, em capacidade produtiva, os primeiros lugares ainda eram ocupados por cultivares provenientes do exterior e somente foram obtidos ganhos apreciáveis sobre a antiga cultivar 'Amarela Comum'.

No Paraná, TOLEDO et al. (1990) analisando experimentos da rede estadual de pesquisa por um período de cinco anos (1981-1986), encontraram ganhos

genéticos anuais de 1,8% e 1,3% para os genótipos dos grupos precoce e semiprecoce, respectivamente, que respondiam por 70% de todo o material cultivado naquele Estado. Concluíram que os ganhos obtidos são resultados dos esforços empreendidos na busca de melhores cultivares.

BOERMA (1979), trabalhando num período de três anos, na Geórgia, EUA, com 18 cultivares dos grupos de maturação VI, VII e VIII, lançadas entre 1942 e 1973, encontrou aumento no rendimento de grãos de 21%, com média de 0,7% ao ano. A regressão linear do rendimento de grãos sobre os anos de lançamento das cultivares, indicou 13,7 kg/ha de aumento anual, de 1942 (lançamento de Ogden) até 1973 (lançamento de Cobb e Coker 338).

Resultados semelhantes foram obtidos por LUEDDERS (1977), com cultivares dos grupos de maturação I a IV, lançadas entre 1917 e 1971. Encontrou aumento no rendimento de grãos de 26% no primeiro ciclo e de 16% no segundo ciclo de seleção. Este aumento do potencial genético equivale a um ganho de 16,1 kg/ha/ano (SPECHT e WILLIAMS, 1984). Já WILCOX et al. (1979) encontraram ganho genético anual de 11,7 kg/ha, trabalhando por dois anos em vários locais do meio-oeste Americano, com cultivares dos grupos de maturação II e III, lançadas entre 1917 e 1974.

O ganho do melhoramento genético em soja, nos Estados Unidos, tem sido estimado entre 10 a 18 kg/ha/ano, baseado em comparações entre cultivares obsoletas e modernas (SPECHT e WILLIAMS, 1984). Estes autores, trabalhando durante três anos consecutivos (1977-79), com 240 cultivares dos grupos de maturação 00 a IV, lançadas entre 1902 a 1977, encontraram taxa anual média de ganho genético de 18,8 kg/ha nestes 75 anos, variando de 14 a 29 kg/ha entre os seis grupos de maturação. Uma porção significativa do total do progresso genético nestes 75 anos, ocorreu com o aumento de 15 a 25% do potencial genético de rendimento durante os anos 40, quando cultivares derivadas de introduções (PIs) foram substituídas pelas oriundas de hibridações. Conseqüentemente, o ganho médio anual, desde 1940, tem sido menor, de apenas 12,5 kg/ha (SPECHT e WILLIAMS, 1984). Este menor ganho pode estar influenciado pelo fato de que, nem sempre, o rendimento de grãos foi o critério para o lançamento de muitas destas cultivares. Algumas foram recomendadas por possuírem características agrônômicas desejáveis, como resistência ao acamamento, ou por serem resistentes a determinadas doenças. SPECHT e WILLIAMS (1984) afirmaram que, mesmo com objetivo principal de melhorar a resistência a doenças, não houve queda no rendimento de grãos das cultivares lançadas nos Estados Unidos entre 1940 e 1980.

Considerando-se todos os esforços na busca de

melhores cultivares de soja para o Rio Grande do Sul, objetivou-se neste estudo, mensurar o progresso genético do rendimento de grãos, através de experimentos comparativos entre os melhores e mais cultivados genótipos, nos diferentes períodos de cultivo, em ambientes diferenciados quanto ao manejo do solo e da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no Centro de Pesquisa de Sementes, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul – FEPAGRO, localizado no município de Júlio de Castilhos, na região fisiográfica do Planalto Médio Rio-grandense: 29° 13' 26" de latitude sul, 53° 40' 45" de longitude oeste e altitude de 514 metros. O solo, pertencente a Unidade de Mapeamento Passo Fundo, é classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico (LE).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos constaram de 21 cultivares de soja, sendo seis precoces, seis de ciclo médio e nove semitardias/tardias, em três ambientes. As unidades experimentais (parcelas) constituíram-se de 10 m² de área total (quatro linhas com 5 m de comprimento espaçadas de 0,5 m entre si) e 4 m² de área útil (duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade). Os ambientes foram assim caracterizados:

Ambiente 1 – com rotação e calagem, devido ao experimento ter sido implantado em área que recebeu calagem para elevar o pH em água a 6,0 (3,5 t/ha, em setembro de 1993) e com rotação de culturas, isto é, sem a presença da soja nos dois anos agrícolas precedentes. Em 1991/92, a área foi cultivada com feijão e em 1992/93 ficou em pousio.

Ambiente 2 – ambiente intermediário com relação à rotação e à calagem, em função de ter sido instalado em área com pH = 5,3 e que havia sido cultivada com soja no ano anterior (1992/93), mas ficara em pousio no ano agrícola 1991/92.

Ambiente 3 – sem rotação e sem calagem, por ter sido conduzido em solo que não recebe calcário há mais de 10 anos, com pH = 4,6 e que, por vários anos, vem sendo cultivado sistematicamente com soja.

A escolha das cultivares foi baseada na época em que foram recomendadas para cultivo no Rio Grande do Sul e na representatividade, tanto em produtividade, quanto em área de semeadura, no período em que estiveram ou estão em cultivo.

A 'Amarela Comum' (ciclo semitardio/tardio) representou as cultivadas antes da década de 1960. 'Hill' e 'Hood' (precoce), 'Bragg' e 'Davis' (ciclo médio), 'Bienville', 'Hardee' e 'Santa Rosa' (semitardio/tardio)

foram representativas da década de 1960. 'Pérola' e 'IAS 5' (precoce), 'IAS 4' e 'BR-4' (médio) e 'BR-1' (semitardio/tardio) as lançadas na década de 1970. 'Ivorá' (precoce), 'CEP12-Cambará' (médio), 'CEP20-Guajuvira' e 'Cobb' (semitardio/tardio) representaram a década de 1980, enquanto as cultivares 'FT-Saray' (precoce), 'RS 7-Jacuí' (ciclo médio), 'FT-Abyara' e 'BR-32' (semitardio/tardio) as lançadas para cultivo na década de 1990.

A adubação de manutenção foi a mesma para os três experimentos, com 220 kg/ha da fórmula 02-20-30, colocados a lanço e incorporados com uma gradagem, antes da semeadura.

A quantidade de sementes, por parcela, foi calculada para a densidade de 40 plantas/m². As sementes foram inoculadas, no momento da semeadura, com *Bradyrhizobium japonicum* (Kircher) Buchanan fornecido pelo laboratório de microbiologia da FEPAGRO-RS de Porto Alegre. A semeadura dos três experimentos foi manual e em sulcos, no dia 8 de novembro e a emergência ocorreu em 18 de novembro de 1993.

Para o controle de plantas daninhas, utilizou-se a mistura de herbicidas trifluralin + imazaquim, em pré-plantio incorporado, com 1,8 + 1,0 l/ha, respectivamente. Foram necessárias duas aplicações de inseticidas para controle de lagartas e percevejos, com produtos à base de permetrina e monocrotofós. A ocorrência de doenças foi acompanhada nos três experimentos, principalmente no período reprodutivo.

Em função da estiagem ocorrida na primeira quinzena de janeiro de 1994, foi necessária uma irrigação de 40 mm em cada experimento, utilizando-se equipamento de aspersão, nos dias 14, 15 e 16 de janeiro, para os experimentos 3, 1 e 2, respectivamente.

Os dados obtidos foram analisados através do pacote SOC (EMBRAPA, 1986), submetidos à análise da variância para o teste F, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. As médias de rendimento de grãos, por décadas, foram analisadas pelo teste de Scheffé. Calcularam-se os ganhos genéticos anuais, obtidos por grupo de maturação e para todas as cultivares, através da análise de regressão linear para rendimento de grãos (variável dependente), nos respectivos anos (variável independente) de lançamento ou introdução das cultivares no Rio Grande do Sul.

Para efeito cronológico no cálculo do progresso genético (regressão linear), considerou-se 1950, como o ano em que a cultivar 'Amarela Comum' foi introduzida no Rio Grande do Sul, pelo fato de, a partir de então, terem sido efetivamente iniciados esforços para a obtenção de cultivares através de hibridações. Às cultivares oriundas dos Estados Unidos, atribuiu-se como da sua introdução no Rio Grande do Sul, o ano

em que se obteve a primeira referência de testes ou ensaios comparativos com outros genótipos: 'Hill' e 'Hood' (1961), 'Bienville' (1963), 'Hardee' (1964), 'Bragg' e 'Davis' (1966). 'Cobb', introduzida dos Estados Unidos, foi lançada em 1979. As cultivares 'Santa Rosa' (1966) e 'IAS 5' e 'IAS 4' (1973), foram selecionadas de material segregante provenientes de São Paulo e dos Estados Unidos, respectivamente, 'Pérola' (1973), 'BR-1' (1976), 'BR-4' (1979), 'Ivorá' (1980), 'CEP 12-Cambará' (1984), 'CEP 20-Guajuvira' (1988), 'RS 7-Jacuí' e 'BR-32' (1989), 'FT-Abyara' (1991) e 'FT-Saray' (1993) foram fruto de programas de melhoramento genético conduzidos integralmente no Sul do Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes foram analisados separadamente, em função da interação significativa obtida na análise conjunta.

O ambiente 1 (com rotação e calagem) apresentou produtividade de 3680 kg/ha, sendo que as cultivares de ciclo médio tiveram rendimento de 3973 kg/ha, 8% maior que as precoces com 3618 kg/ha e 11% maior que as semitardias/tardias com 3526 kg/ha (Tabela 1). Estes dados concordam com os observados por TRAGNAGO e BONETTI (1989), que, avaliando as cultivares recomendadas em Cruz Alta, por nove anos consecutivos, encontraram superioridade das de ciclo médio em seis anos.

Tiveram destaque as cultivares 'IAS 5', 'Ivorá' e 'FT-Saray' (precoces), 'Bragg', 'Davis', 'IAS 4', 'CEP 12-Cambará' e 'RS 7-Jacuí' (médias) e 'BR-1', 'CEP 20-Guajuvira', 'Cobb' e 'FT-Abyara' (semitardias/tardias). Todas produziram acima da média do experimento e foram estatisticamente equivalentes entre si. Neste ambiente, a cultivar 'BR-4' não teve bom desempenho, sendo inferior a 'CEP 12-Cambará', 'Bragg' e 'IAS 4'. Apresentou baixa performance a cultivar tardia 'BR-32', lançada recentemente, inferior a 'FT-Abyara'.

Como era esperado, a antiga cultivar 'Amarela Comum' foi a menos produtiva, diferindo da maioria das cultivares, com exceção de 'Santa Rosa', 'Hood' e 'Hill' lançadas na década de 1960, concordando com resultados encontrados em Passo Fundo por VELOSO et al. (1977). Das 12 cultivares do primeiro grupamento estatístico, somente 'Bragg' e 'Davis' foram lançadas na década de 1960.

No ambiente 2, a produtividade média foi 2930 kg/ha, 20% inferior a do ambiente 1. Neste ambiente, as cultivares de ciclo médio apresentaram rendimento de 3085 kg/ha, contra 2819 e 2899 kg/ha das precoces e semitardias/tardias, sendo 8 e 6% maior, respectivamente.

TABELA 1 – Rendimento de grãos (kg/ha) de 21 cultivares de soja em três ambientes, em Júlio de Castilhos-RS, 1993/94

Cultivar	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Média
Hill	3.025 ef *	2.238 de	1.753 ef	2.339
Hood	3.049 ef	2.811 bcd	2.512 a	2.791
Pérola	3.651 bcd	2.602 bcd	2.327 abcd	2.860
IAS 5	4.289 a	3.160 ab	2.483 a	3.311
Ivorá	3.782 abc	3.091 ab	2.209 abcd	3.027
FT-Saray	3.910 abc	3.013 abc	2.395 abc	3.106
Média	3.618	2.819	2.280	2.906
Bragg	4.243 a	3.224 ab	1.687 fg	3.051
Davis	3.781 abc	2.930 bc	2.090 cd	2.934
IAS 4	4.059 ab	2.956 bc	2.128 bcd	3.048
BR-4	3.495 cde	3.141 ab	2.301 abcd	2.979
CEP 12-Cambará	4.244 a	3.160 ab	1.999 de	3.134
RS 7-Jacuf	4.017 abc	3.098 ab	2.185 abcd	3.100
Média	3.973	3.085	2.065	3.041
Amarela Comum	2.665 f	2.470 cde	1.426 g	2.187
Bienville	3.579 bcd	2.994 abc	2.259 abcd	2.944
Hardee	3.216 de	3.070 abc	2.086 cd	2.791
Santa Rosa	3.049 ef	1.960 e	1.379 g	2.129
BR-1	3.781 abc	2.775 bcd	2.035 de	2.864
CEP 20-Guajuvira	3.791 abc	3.160 ab	2.294 abcd	3.082
Cobb	3.824 abc	3.221 ab	2.114 bcd	3.053
FT-Abyara	4.288 a	3.582 a	2.322 abcd	3.397
BR-32	3.546 bcd	2.862 bc	2.445 ab	2.951
Média	3.526	2.899	2.040	2.822
Média geral	3.680	2.930	2.116	2.908
Prod. relativa	174	138	100	
C.V.%	9,4	12,5	11,0	

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Duncan a 5%.

Mais uma vez, 12 cultivares produziram acima da média do experimento e não diferiram estatisticamente entre si: 'IAS 5', 'Ivorá' e 'FT-Saray' do grupo precoce, 'Bragg', 'CEP 12-Cambará', 'BR-4' e 'RS 7-Jacuf' de ciclo médio e 'FT-Abyara', 'Cobb', 'CEP 20-Guajuvira', 'Hardee' e 'Bienville' do grupo semitardio/tardio (Tabela 1).

As cultivares precoces 'IAS 5', 'Ivorá' e 'FT-Saray' foram estatisticamente superiores a 'Hill'. Diferente dos outros dois ambientes foi o comportamento das cultivares de ciclo médio, que não diferiram entre si. Neste ambiente, a cultivar 'Hardee' teve produção equivalente às cultivares mais produtivas, ao contrário dos outros dois, quando não esteve entre as cultivares do primeiro grupamento estatístico. Salienta-se o bom desempenho relativo da cultivar 'Amarela Comum', que foi equivalente a maioria das cultivares do seu grupo de maturação, diferindo apenas de 'FT-Abyara', 'Cobb' e 'CEP 20-Guajuvira', as mais produtivas. A cultivar 'Santa Rosa' apresentou a menor produção, equivalente apenas à da cultivar 'Amarela Comum' e inferior às demais.

Ao contrário dos outros, no ambiente 3 (sem rotação e calagem) as cultivares precoces apresentaram produção média de 2280 kg/ha, 9,4% e 10,5% maior que as médias e semitardias/tardias, respectivamente. A média geral neste ambiente, foi 43% menor que a do ambiente 1 – com rotação e calagem, sendo 11 cultivares equivalentes entre si (Tabela 1).

Das cinco cultivares com maiores rendimentos, quatro foram do ciclo precoce: 'Hood', 'IAS 5', 'FT-Saray' e 'Pérola', e 'BR-32' do ciclo tardio. 'BR-32' foi a primeira colocada entre as semitardias/tardias, demonstrando tolerância à acidez, confirmando resultados obtidos em Passo Fundo, por BEN et al. (1992).

As cultivares 'Cobb', 'CEP 12-Cambará' e 'Bragg', que nos ambientes 1 e 2 sempre estiveram no primeiro grupamento estatístico, apresentaram reduções em produtividade, principalmente a cultivar 'Bragg', estatisticamente inferior a maioria das cultivares, com exceção de 'Hill', 'Amarela Comum' e 'Santa Rosa'. Estes dados confirmam resultados de outros autores (CANAL e ABRÃO, 1983; RUBIN e VARGAS, 1988;

BOARD e CALDWELL, 1991) que encontraram baixa tolerância à acidez nas cultivares 'Cobb', 'Bragg' e 'CEP 12-Cambará'. A cultivar 'CEP 12-Cambará' deve ter herdado esta característica da 'Bragg', seu ancestral materno.

Com relação aos três ambientes, somente seis cultivares estiveram sempre no primeiro grupamento estatístico em rendimento de grãos: 'FT-Abyara', 'IAS 5', 'FT-Saray', 'RS 7-Jacuí', 'CEP 20-Guajuvira' e 'Ivorá'. Dez cultivares tiveram produções acima de 3000 kg/ha, na média dos três ambientes. Pela ordem decrescente de rendimento foram: 'FT-Abyara', 'IAS 5', 'CEP 12-Cambará', 'FT-Saray', 'RS 7-Jacuí', 'CEP 20-Guajuvira', 'Cobb', 'Bragg', 'IAS 4' e 'Ivorá'. A cultivar 'BR-4', que no ambiente 1 teve rendimento de grãos abaixo da média, nos outros dois colocou-se entre as mais produtivas. As cultivares 'IAS 5' e 'Ivorá' (precoce), 'RS 7-Jacuí', 'CEP 12-Cambará' e 'IAS 4' (médias) e 'FT-Abyara' (tardia) também apresentaram as maiores produções na análise conjunta dos ensaios de cultivares recomendadas no Rio Grande do Sul, no ano agrícola 1993/94 (BERTAGNOLLI e BONATO, 1994).

As cultivares 'Amarela Comum', 'Hill' e 'Santa Rosa' apresentaram os menores rendimentos de grãos, à semelhança dos resultados encontrados por BEN et al. (1978) em Passo Fundo e COSTA e MIKUSINSKI-COSTA (1981), em Guaíba-RS.

Observaram-se grandes incrementos de produtividade em relação à 'Amarela Comum', na média dos ambientes, com 'FT-Abyara' produzindo 55% a mais, seguida de 'IAS 5' com 51%, 'CEP 12-Cambará' com 43% e 'FT-Saray' e 'RS 7-Jacuí' com 42%.

Houve grande incremento de produtividade com o lançamento das novas cultivares, principalmente nos ambientes 1 e 3, que contrastaram em rotação e calagem (Tabela 2).

No ambiente 1, observa-se aumento em rendimento de 48%, com ganho genético anual de 1,2%, nestes 40 anos de melhoramento. Há um substancial incremento de produtividade das cultivares nas décadas de 1960 e 1970 (28% e 44%) sobre a 'Amarela Comum', respectivamente, estabilizando-se nos últimos anos, com apenas 1% após 1970.

No ambiente 2, em função do bom desempenho da antiga cultivar 'Amarela Comum', houve menor significância do melhoramento, com ganho genético ao redor de 0,7% ao ano.

O ambiente 3 apresentou os maiores incrementos de produtividade com o lançamento das novas cultivares, apresentando ganho genético anual de 1,6%. Novamente, constata-se maior aumento de rendimento de grãos nas décadas de 1960 e 1970, de 38% e 58%, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por BEN et al. (1978) em solo com pH = 4,2, com 53% de incremento de produtividade na média de sete cultivares recomendadas em comparação com 'Amarela Comum'.

Na média dos três ambientes, o ganho genético no período foi 44%, ou seja de 1,1% ao ano. Os maiores aumentos de rendimento ocorreram nas décadas de 1960 e 1970, com 24% e 11%, respectivamente. Mas nos últimos 15 anos, desde o lançamento de 'IAS 5', 'Pérola', 'IAS 4', 'BR-4' e 'BR-1' em meados da década de 1970, foi de 4,1%, correspondendo a 0,3% ao ano.

Apesar do notável progresso do melhoramento

TABELA 2 – Rendimento de grãos por períodos de lançamento ou introdução no Rio Grande do Sul, de 21 cultivares de soja em três ambientes, em Júlio de Castilhos-RS, 1993/94

Década*	Ambiente 1	Ambiente 2	kg/ha			Produção Relativa(%)
			Ambiente 3	Média		
1950	2.665 c**	2.470 a	1.426 c	2.187 c	100	
1960	3.420 b	2.747 a	1.967 b	2.711 b	124	
1970	3.855 a	2.927 a	2.255 a	3.012 a	138	
1980	3.910 a	3.158 a	2.154 a	3.074 a	141	
1990	3.940 a	3.139 a	2.337 a	3.139 a	144	

* Década de 1950 ou antes de 1960 - Cultivar 'Amarela Comum'.

Década de 1960 - 'Hill', 'Hood', 'Bragg', 'Davis', 'Bienville', 'Hardee' e 'Santa Rosa'.

Década de 1970 - 'Pérola', 'IAS 5', 'IAS 4', 'BR-4' e 'BR-1'.

Década de 1980 - 'Ivorá', 'CEP 12-Cambará', 'CEP 20-Guajuvira' e 'Cobb'.

Década de 1990 - 'FT-Saray', 'RS 7-Jacuí', 'FT-Abyara' e 'BR-32'.

** Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Teste de Scheffé).

genético da soja nos principais países produtores do mundo, supõe-se que esta tendência possa ter um limite finito. Procedimentos tradicionais de criação de cultivares, que cruzam linhagens de elite, estão continuamente recombinando os genes que provieram de um limitado grupo de ancestrais, resultando num estreitamento da base genética das cultivares de soja (HARTWIG, 1973). As cultivares da década de 1990 também não apresentaram ganhos genéticos muito significativos em relação à década de 1970 (Tabela 2), porém mantiveram os elevados níveis de rendimento de grãos, igualmente como foi observado nos Estados Unidos por SPECHT e WILLIAMS (1984), os quais constataram que, mesmo com o objetivo de melhorar a resistência às doenças, não houve queda no rendimento com o lançamento das novas cultivares.

LUEDDERS (1977), trabalhando com cultivares dos grupos de maturação I a IV nos Estados Unidos, concluiu que os aumentos no rendimento de grãos foram 21% até 1933, 9% de 1938 a 1943, 14% de 1947 a 1953 e 6% de 1961 a 1971. Estes resultados também indicam que os ganhos genéticos em rendimento de grãos vêm diminuindo com o decorrer do tempo.

Com base em resultados obtidos em Passo Fundo, durante três anos agrícolas (1977-79), KASTER e BONATO (1981) mostraram que cultivares em uso na época apresentaram capacidade produtiva de 36 a 63% superior a 'Amarela Comum' e que a média de ganho de 'Bragg', 'Davis' e 'Santa Rosa' foi 42%, muito próxima aos 44% encontrados na média dos três ambientes, neste estudo (Tabela 2).

Os ganhos genéticos anuais em rendimento de grãos 1,2 e 1,6%, verificados nos ambientes 1 e 3 respectivamente, são bastante parecidos com os obtidos

no Paraná por TOLEDO et al. (1990), de 1,3 e 1,8%, para genótipos dos grupos semiprecoce e precoce, respectivamente.

Semelhante aos ganhos de 15 a 25% em rendimento de grãos obtidos nos Estados Unidos, com as primeiras cultivares originadas por hibridação no início dos anos 40 (SPECHT e WILLIAMS, 1984), foi a diferença de 24% encontrada na média das cultivares da década de 1960 sobre a 'Amarela Comum', representante das cultivadas antes de 1960. A mesma coincidência ocorre com a exclusão da 'Amarela Comum' da análise de regressão linear (Tabela 3), quando o ganho anual de rendimento de grãos baixou de 19,0 para 11,7 kg/ha, pois SPECHT e WILLIAMS (1984), excluindo as cultivares obtidas antes de 1940, verificaram que os ganhos genéticos anuais diminuíram de 18,8 para 12,5 kg/ha, o que caracteriza a semelhança dos ganhos genéticos encontrados no período pós-hibridações, nos Estados Unidos, com o período em que foram introduzidas no Estado as cultivares 'Hill', 'Hood', 'Bragg', 'Davis', 'Bienville' e 'Hardee', principalmente.

O ganho genético em rendimento de grãos de 19,0 kg/ha/ano, obtido no Rio Grande do Sul (Tabela 3), é praticamente idêntico aos obtidos por LUEDDERS (1977) e SPECHT e WILLIAMS (1984) nos Estados Unidos. Estes autores, testando cultivares lançadas desde o início do século até a década de 1970, encontraram ganho genético em rendimento de grãos de 16,1 e 18,8 kg/ha/ano, respectivamente.

Pela análise de regressão linear por grupos de maturação, encontrou-se ganho genético significativo apenas no semitardio/tardio, que contém a cultivar 'Amarela Comum', à qual foi atribuído 1950 como o ano da sua introdução no Rio Grande do Sul. Neste

TABELA 3 – Coeficientes de regressão (b) e coeficientes de determinação (r²) obtidos por regressão linear, das médias das cultivares de soja de diferentes anos de lançamento ou introdução no Rio Grande do Sul

Ambiente/ ciclo	Rendimento de grãos			
	(b)	(r ²)	(b)	(r ²)
	kg/ha/ano	%	kg/ha/ano	%
	Com 'Amarela Comum'		Sem 'Amarela Comum'	
Todos	19,0*	9	11,7*	9
Ciclo:				
Precoce	17,7	9	17,7	9
Médio	5,1	0,3	5,1	0,3
Semitardio/Tardio	22,7*	17	20,2	9
Ambiente:				
(1)	25,3**	42	16,0**	45
(2)	17,0**	30	9,3*	25
(3)	14,7**	30	9,9*	37

* e ** Significativamente diferentes de zero nos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

grupo, obteve-se ganho genético anual de 22,7 kg/ha. O grupo precoce, no qual as cultivares 'Hill' e 'Hood' foram introduzidas em 1961, apresentou ganho genético de 17,7 kg/ha/ano. Apesar da análise de regressão não detectar significância estatística, estes valores indicam o grande avanço genético em rendimento de grãos conseguido nos últimos 30 anos, nas cultivares deste grupo. No ciclo médio, verificou-se o maior equilíbrio entre as cultivares, com ganho genético anual de 5,1 kg/ha, não significativo. Resultados semelhantes foram encontrados na Flórida, Estados Unidos e na Argentina por SALADO-NAVARRO et al. (1993), comparando as cultivares 'Bragg' e 'Davis' com 'Tracy-M', 'Jeff' e 'Braxton' lançadas em 1979 e 1980 no sul dos Estados Unidos, inclusive com rendimentos superiores de 'Bragg' e 'Davis' em alguns ambientes, principalmente na Argentina.

Diferenças no ganho genético em rendimento de grãos, entre grupos de maturação, também foram descritas por BOERMA (1979) na Georgia, Estados Unidos, com ganhos genéticos anuais de 10,4, 17,9 e 14,8 kg/ha, respectivamente para os grupos VI, VII e VIII, com cultivares lançadas entre 1942 e 1973.

Quando analisados separadamente, verificou-se que o ganho genético em rendimento de grãos foi significativo em todos os ambientes, maior no ambiente de maior produtividade, 25,3 kg, diminuindo para 17,0 e 14,7 kg/ha/ano, nos ambientes 2 e 3, respectivamente. Sem a cultivar 'Amarela Comum', os ganhos genéticos anuais diminuíram para 16,0, 9,3 e 9,9 kg/ha, respectivamente, em ordem decrescente de produtividade entre os ambientes.

A pequena estiagem ocorrida em janeiro e a boa distribuição de chuvas a partir de fevereiro/94, fizeram com que houvesse pouca intensidade de doenças, inclusive no ambiente 3, sem rotação e calagem. Em nenhuma cultivar houve alta incidência de qualquer tipo de doença, no período reprodutivo. Foi encontrada somente uma planta com sintomas da podridão parda da haste (*Phialophora gregata*), na cultivar 'IAS 4', no ambiente 2. O cancro da haste (*Diaphorte phaseolorum f. sp. meridionalis*) não ocorreu nos experimentos.

A não ocorrência das doenças podridão parda da haste e cancro da haste, nos três ambientes, possibilitou avaliar o potencial genético de cada cultivar, independentemente da ação destes patógenos. Porém, caso tivessem ocorrido, provavelmente haveria ganhos mais significativos com as cultivares de lançamento recente, conforme dados de BONATO e COSTAMILAN (1992) em Passo Fundo, comparando cultivares em áreas com baixa e alta infestação do fungo causador da podridão parda da haste, e de YORINORI (1993), sobre perdas causadas em cultivares suscetíveis ao cancro da

haste no Paraná, em 1991 e 1992. A ocorrência destas doenças no final da década de 1980 e início de 1990, principalmente a podridão parda da haste, fez com que houvesse grande mudança na preferência varietal no Rio Grande do Sul. Os sojicultores, que na década de 1980 usavam basicamente as cultivares 'IAS 5', 'BR-4', 'IAS 4', 'Bragg' e 'Cobb', derivadas de 'Hill' ou 'Hood', substituíram-nas por genótipos oriundos de 'Davis' (resistente à PPH), como 'RS 7-Jacuí', 'BR-16', 'OCEPAR 14' e outras, que ocupam atualmente ao redor de 50% da área com soja, no Estado.

CONCLUSÕES

A introdução e a criação das novas cultivares de soja proporcionaram, nos últimos 40 anos, ganhos genéticos em rendimento de grãos de 14,7 a 25,3 kg/ha/ano, para os ambientes de menor e maior produtividade, respectivamente, com média de 19 kg/ha/ano ou 1,1% ao ano. Com exclusão da cultivar 'Amarela Comum', verifica-se, ainda, ganho de 11,7 kg/ha/ano, nos últimos 30 anos de melhoramento genético.

Os ganhos genéticos em rendimento de grãos vêm diminuindo com o decorrer do tempo, em função do alto potencial já alcançado e da constante utilização do mesmo germoplasma básico nos cruzamentos artificiais.

Não foi detectado avanço genético relevante entre as cultivares de ciclo médio, justificando-se que 'Bragg' e 'Davis', introduzidas na década de 1960, ainda sejam recomendadas para cultivo no Rio Grande do Sul.

As diferenças em rendimento de grãos, entre os ambientes estudados, demonstraram o grande avanço proporcionado pelo uso de melhor tecnologia no manejo do solo e da cultura.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 1, p. 105-112, 1994.
- BEN, J.R.; VELLOSO, J.A.R.O.; MARQUES, G.L.; TONELLO, J.P. Avaliação de cultivares de soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 6, 1978, Florianópolis. *Soja: resultados de pesquisa obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo em 1977/78*. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1978. p. 25-27.
- BEN, J.R.; NEDEL, J.L.; BONATO, E.R. Comportamento de genótipos de soja, em relação à acidez do solo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 20, 1992, Chapecó. *Soja: resultados de pesquisa 1991/92*. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1992, p. 58-65.
- BERTAGNOLLI, P.F.; BONATO, E.R. Análise conjunta dos ensaios de cultivares de soja recomendadas para o Rio Grande do Sul. I. Ensaios realizados na época preferencial de semeadura, em 1993/94. In: REUNIÃO DE PES-

- QUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 22, 1994, Cruz Alta. 10 p. (mimeografado).
- BOARD, J.E.; CALDWELL, A.G. **Response of determinate soybean cultivars to low pH soils**. Baton Rouge: Louisiana Agricultural Experiment Station, 1991. 22 p. (Techn. Bulletin, n. 827).
- BOERMA, H.R. Comparison of past and recently developed soybean cultivars in maturity groups VI, VII e VIII. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 494-498, 1979.
- BONATO, E.R.; COSTAMILAN, L.M. Desempenho de cultivares e linhagens de soja em duas condições de ocorrência natural de *Phialophora gregata*. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 20, 1992, Chapecó. **Soja: resultados de pesquisa 1991/92**. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1992. p. 66-70.
- CANAL, I.N.; ABRÃO, J.J.R. Comportamento de cultivares de soja a acidez do solo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 11, 1983, Santa Maria. **Contribuição do Centro de Experimentação e Pesquisa**. Cruz Alta: CEP-FECOTRIGO, 1983. p. 218-229.
- COSTA, J.A.; MIKUSINSKI-COSTA, O. Rendimento de genótipos de soja de lançamento recente e fora de recomendação. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 9, 1981, Passo Fundo. **Contribuição do departamento de fitotecnia da Faculdade de Agronomia, UFRGS**. Porto Alegre, 1981. 3 p. (mimeografado).
- COX, T.S.; SHROYER, J.P.; BEN-HUI, L.; SEARS, R.G.; MARTIN, T.J. Genetics improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 756-760, 1988.
- ELIAS, A.M. A cultura da soja e as realizações da Secretaria da Agricultura. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 5-31, 1959.
- FERES, J.; HILGERT, E.R.; GOMES, J.E.S. Resumo do melhoramento da soja na Secretaria da Agricultura. **IPAGRO INFORMA**, Porto Alegre, n. 25, p. 5-8, 1982.
- HARTWIG, E.E. Varietal development. In: CALDWELL, B.E. (Ed.) **Soybeans: Improvement, production and uses**. Madison, American Society of Agronomy, 1973. p. 197-210.
- KASTER, M.; BONATO, E.R. Evolução da cultura do soja no Brasil. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C., (Eds.) **A Soja no Brasil**, Campinas: ITAL, 1981. p. 58-64.
- LUEDDERS, V.D. Genetic improvement in yield of soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 17, p. 971-972, 1977.
- NEDEL, J.L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1565-1570, 1994.
- RUBIN, S.A.L.; VARGAS, J.N.R. Avaliação de cultivares e linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com e sem calagem em Júlio de Castilhos, RS, em 1987/88. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 16, 1988, Santa Maria. **Resultados de pesquisa 1987/88**. Porto Alegre: IPAGRO/Secretaria da Agricultura, 1988. p. 113-122.
- SALADO-NAVARRO, L.R.; SINCLAIR, T.R.; HINSON, K. Changes in yield and seed growth traits in soybeans cultivars released in the Southern USA from 1945 to 1983. **Crop science**, Madison, v. 33, p. 1204-1209, 1993.
- SANTOS, O.S. **Comportamento de dez variedades de soja em diferentes ambientes do Estado do Rio Grande do Sul**. Viçosa, 1975. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFV, 1975.
- SPECHT, J.E.; WILLIAMS, J.H. Contribution of genetic technology to soybean productivity- retrospect and prospect. In: FEHR, W.R. (Ed.) **Genetic contributions to yield gains in five major crop plants**. Madison, Crop Science Society of America, 1984. p. 49-74. (Special Publication, n. 7)
- TOLEDO, F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; 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.
- TRAGNAGO, J.L.; BONETTI, L.P. Avaliação de cultivares de soja recomendadas para cultivo no Rio Grande do Sul - Cruz Alta, RS, 1987/88. In: CEP-FECOTRIGO. **Culturas de verão: resultados de pesquisa 1987/88**. Cruz Alta, 1989. p. 37-47.
- VELOSO, J.A.R.O.; DALL'AGNOLL, A.; TONELLO, J.P. Evolução das cultivares de soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 5, 1977, Pelotas. **Resultados de pesquisa em soja obtidos na EMBRAPA-CNPT EM 1976/77**. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1977. p. 39-41.
- VERNETTI, F. J.; BONATTO, E.R. GASTAL, M.F.C.; DALLAGNOLL, A; RAUPP, A.A.A.; VELOSO, J.A.R.O. Melhoramento de cultivares no Brasil. I. No Estado do Rio Grande do Sul, 1.2.1- Pelo Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul. In: MYIASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.) **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 283-292.
- WILCOX, J.R.; SCHAPAUGH Jr., W.T.; BERNARD, R.L.; COOPER, R.L.; FEHR, W.R.; NIEHAUS, M.H. Genetic improvement of soybeans in the Midwest. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 803-805, 1979.
- YORINORI, J.T; CHARCHAR, M.J.D.; NASSER, L.C.B.; HENNING, A.A. Doenças da soja e seu controle. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 333-397.