

Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de soja na região dos Chapadões¹

Stability and adaptability of soybean genotypes in Chapadões region

Jefferson Luis ANSELMO², João Antonio da Costa ANDRADE³, Edson LAZARINI⁴, Denis Santiago da COSTA⁵, Aguinaldo José Freitas LEAL⁶

¹Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada para a obtenção do título de Mestre em Sistema de Produção-FEIS-UNESP

²Autor para correspondência; Pesquisador em fitotecnia. Fundação Chapadão. Rodovia BR 060, Km 11, Cx.p 039, Chapadão do Sul/MS, Cep: 79560-000. e-mail: jefferson@fundacaochapadao.com.br

³Professor adjunto do curso de Agronomia. Departamento de biologia e zootecnia. Endereço: Rua Monção, nº 830 - CEP 15385-000, Ilha Solteira - SP. e-mail: jandrade@bio.feis.unesp.br

⁴Professor adjunto do curso de Agronomia. Departamento de fitotecnia, tecnologia de alimentos e sócio – economia. Endereço: Rua Monção, nº 830 – Cep: 15385-000, Ilha Solteira - SP. e-mail: lazarini@agr.feis.unesp.br

⁵Aluno do curso de graduação em agronomia UNESP-FEIS. Fundação Chapadão. Rodovia BR 060, Km 11, Cx.p 039, Chapadão do Sul/MS, Cep: 79560-000. e-mail: the_denis@hotmail.com

⁶Professor da UFMS, Tutor/Bolsista PET – Agronomia e Eng. Florestal. Campus de Chapadão do Sul. Endereço: Rod. MS 306, Km 105, Cx.p 112 – Cep: 79560-000, Chapadão do Sul - MS. e-mail: aguinaldo.leal@ufms.br Cx.p 039, Chapadão do Sul/MS, Cep: 79560-000. e-mail: aguinaldoleal@fundacaochapadao.com.br

Resumo

O objetivo do trabalho foi verificar a estabilidade e a adaptabilidade de genótipos de soja transgênicos e convencionais na região dos Chapadões, em diversos ambientes de produção, compostos por locais e épocas de semeadura. Os experimentos foram instalados em Chapadão do Sul-MS, Água Clara-MS, e Chapadão do Céu-GO, na safra de 2006/2007. Foram avaliadas 20 cultivares, sendo 10 convencionais e 10 transgênicas (RR). Os ambientes de produção corresponderam às combinações de locais e épocas de semeadura, sendo quatro épocas em Chapadão do Sul (16-10-2006, 27-10-2006, 17-11-2006 e 30-11-2006), duas em Água Clara (07-11-2006 e 28-11-2006) e duas em Chapadão do Céu (27-10-2006 e 23-11-2006). Foi realizada análise de estabilidade e adaptabilidade, para rendimento de grãos, pelo método da regressão linear bissegmentada. Os resultados indicaram que a época de semeadura exerceu influência marcante no rendimento, assim como os locais de produção. As cultivares convencionais foram mais produtivas na média dos ambientes favoráveis e desfavoráveis, apresentando performances acima da média de rendimento (3701 kg ha⁻¹), quando comparadas com as transgênicas, exceto TMG 115 (RR) e TMG 121 (RR). Houve tendência de um maior número de cultivares transgênicas pouco sensíveis aos ambientes desfavoráveis e responsivas aos ambientes favoráveis, em relação às convencionais. Para estabilidade, nenhuma tendência foi observada. Baseado nos resultados deste trabalho, as primeiras épocas de semeadura apresentaram os melhores índices ambientais, indicando-as como mais recomendadas para se atingir altos rendimentos, sob condições ambientais semelhantes às do presente estudo. No conjunto dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, a cultivar TMG 115 (RR) foi a que mais se destacou, sendo recomendável tanto para ambientes favoráveis como para desfavoráveis.

Palavras-chave adicionais: interação genótipo x ambiente, épocas de semeadura, regressão bissegmentada.

Abstract

The objective of the experiment was to evaluate stability and adaptability of soybean cultivars in a region in Brazil known as the Chapadões region. The experiment was set up at Chapadão do Sul and at Água Clara, both counties of the state of Mato Grosso do Sul and at Chapadão do Céu, in the state of Goiás. At Chapadão do Sul, four sowing dates were investigated: 10-16-2006, 10-27-2006, 11-17-2006, and 11-30-2006. At Água Clara, the sowing dates were two: 11-07-2006 and 11-28-2006. At Chapadão do Céu, two sowing dates were also studied: 10-27-2006 and 11-23-2006. The total of 20 soybean cultivars studied, 10 were conventional and 10 transgenic (RR). Stability and adaptability as to grain yield were determined by means of the bissegmented linear regression method. Sowing date and local had both significant influence on grain yield. The conventional cultivars yielded significantly more than the transgenic ones both under favorable and unfavorable conditions with the exception of cultivars TMG 115 (RR) and TMG 121 (RR). Transgenic cultivars, as compared to conventional ones, showed less sensitivity to unfavorable conditions and were more responsive to favorable conditions.

From a stability point of view, no tendency was observed. The results indicated that the early sowing times showed the best environmental indices. As to stability and adaptability the transgenic cultivar TMG 115 (RR) was the one with the best performance both for favorable and unfavorable conditions.

Additional keywords: genotype x environment interaction, sowing seasons, bi-segmented regression.

Introdução

A soja no Brasil é a principal oleaginosa responsável pela geração de divisas e também uma das principais culturas produtoras de óleo vegetal e fonte de proteína. Representa aproximadamente 49,5% da área semeada com grãos, rendimento médio de 2927 kg ha⁻¹ e produção estimada de 68,7 milhões de toneladas (CONAB, 2010).

Ao longo dos anos, com a expansão da cultura e os avanços tecnológicos, houve aumento significativo do rendimento e cada vez mais a necessidade de introduzir novas cultivares adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas das diversas regiões produtoras no País. Neste contexto, sabe-se que a soja apresenta notável sensibilidade fotoperiódica e respostas distintas nos diversos ambientes de produção, resultando comportamentos diferenciais dos genótipos.

Dentro do processo de obtenção de uma nova cultivar, os genótipos de uma determinada espécie são avaliados em diferentes ambientes (ano, local, época de semeadura), visando com isso à seleção dos genótipos mais produtivos, portadores de características agronômicas desejáveis e que apresentem um desempenho consistente nos diversos ambientes avaliados (CURCIOLI, 1997).

Diversas pesquisas realizadas no Brasil (SEDIYAMA et al., 1990; MARCHIORI et al., 1999; PEIXOTO et al., 2000; PRADO et al., 2001) demonstraram que a época de semeadura é um dos fatores que mais interagem com o rendimento de genótipos de soja. Sendo assim, ao optar por épocas de semeadura apropriadas pode-se garantir as melhores combinações fenológicas da cultura com as condições climáticas favoráveis que poderão resultar em rendimentos elevados.

A época de semeadura é definida por um conjunto de fatores ambientais que reagem entre si e interagem com a planta, promovendo variações no rendimento e afetando outros caracteres agronômicos (PEIXOTO et al., 2000). O aumento no número de épocas e na diminuição do número de locais pode ser única alternativa eficiente para a seleção de genótipos de soja, se a escolha dos locais for adequada (SAKIYAMA et al., 1998). Com essas variações ambientais, é possível estimar a interação genótipo x ambiente, que assume papel importante na manifes-

tação fenotípica. Com isso, busca-se avaliar sua importância na recomendação de cultivares e na condução de programas de melhoramento genético (OLIVEIRA et al., 2003). Estudos criteriosos de adaptabilidade e de estabilidade para rendimento de grãos devem ser realizados para garantir maior segurança nas recomendações de cultivares (SEDIYAMA et al., 1990).

A recomendação de cultivares específicas de soja para condições especiais (pouco representativas) geralmente é inviável economicamente. Assim, sempre se busca identificar aquelas com maior previsibilidade de comportamento (estáveis) e que respondam adequadamente às melhorias ambientais (adaptáveis), pois a interação genótipos x ambientes é detectada na maioria dos trabalhos de avaliação de cultivares de soja (SAKIYAMA et al., 1988; MARCHIORI et al., 1999; DI MAURO et al., 2000; PEIXOTO et al., 2000; PRADO et al., 2001; CARVALHO et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar a estabilidade e a adaptabilidade de genótipos de soja transgênicos e convencionais na região dos Chapadões, em diversos ambientes de produção, constituídos por locais e épocas de semeadura, buscando identificar cultivares estáveis e adaptáveis.

Material e métodos

Os experimentos foram instalados nos municípios de Chapadão do Sul (52°37'22"W, 18°47'39"S, 820m) e Água Clara (53°09'37"W, 19°14'40"S, 710m), no Estado de Mato Grosso do Sul, e Chapadão do Céu (52°30'57"W, 18°23'43"S, 840m), no Estado de Goiás, em áreas experimentais da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão – Fundação Chapadão. Os solos dos três locais são do tipo Latossolo Vermelho distrófico (LVd). Foram avaliadas as cultivares convencionais Msoy 6101, Emgopa 316, Msoy 8001, Msoy 8400, Msoy 8329, MG/BR 46 (Conquista), BRSGO Chapadões, AN 8500, FMT Tucunará e BRSMT Pintado, além das transgênicas “Roudup Ready” (RR), Msoy 8000 RR, Msoy 8008 RR, Msoy 7908 RR, BRS Valiosa RR, TMG 113 RR, BRS Silvânia RR, TMG 121 RR, Msoy 8787 RR, TMG 115 RR e TMG 117 RR. Os ambientes de produção estudados (AMB1, AMB2, AMB3, AMB4, AMB5, AMB6, AMB7 e AMB8) corresponderam à

combinação de locais e épocas distintas de semeadura, sendo quatro épocas em Chapadão do Sul (16-10-2006, 27-10-2006, 17-11-2006 e 30-11-2006), duas épocas em Água Clara (07-11-2006 e 28-11-2006) e duas épocas em Chapadão do Céu (27-10-2006 e 23-11-2006), respectivamente, totalizando oito ambientes. Os experimentos foram instalados em sistema de plantio direto, no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, com parcelas de quatro linhas com 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,40 m, e foram consideradas como área útil as duas linhas centrais com 4 m de comprimento, desprezando-se 0,5 m de cada lado. A densidade de semeadura foi realizada conforme a recomendação da empresa fornecedora das sementes, sendo em média 16 sementes por metro, variando de 10 a 20 sementes. Os tratos culturais seguiram as recomendações da Fundação Chapadão, conforme a necessidade.

As análises de variância, estabilidade e adaptabilidade foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional em genética e estatística Genes (CRUZ, 2005). O método de análise de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foi o de regressão linear bissegmentada, proposto por Cruz et al. (1989), cujo modelo estatístico é:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}, \quad (1)$$

em que:

Y_{ij} = rendimento médio do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente;

β_{oi} = média geral do i -ésimo genótipo;

β_{1i} = coeficiente de regressão linear associado a I_j (Resposta linear aos ambientes desfavoráveis);

β_{2i} = coeficiente de regressão linear associado a $T(I_j)$;

$$I_j = \frac{Y_{.j}}{g} - \frac{Y_{..}}{ag} = \text{índice ambiental codificado}$$

(diferença entre a média do ambiente j e a média geral para todos os ambientes);

$T = 0$ se $I_j < 0$; $T = I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos;

δ_{ij} = desvios da regressão linear;

$\bar{\epsilon}_{ij}$ = erro médio experimental.

A utilização dos índices I_j para realizar a regressão, inicialmente feita por FINLAY & WILKINSON (1963), foi estendida para outros métodos por serem indicativos mais coerentes da qualidade dos ambientes avaliados. Valores negativos de I_j identificam os ambientes desfavoráveis, normalmente associados a condições climáticas e/ou de solo adversas ou emprego de

baixa tecnologia de produção em razão do uso de quantidade e qualidade de insumos e/ou equipamentos agrícolas insuficientes. Valores positivos de I_j identificam os ambientes favoráveis, considerados pelos melhoristas como de condições edáficas e climáticas apropriadas à aptidão da cultura, ou seja, onde se emprega alta tecnologia de produção, caracterizada pelo uso de insumos adequados e mecanização agrícola.

Genótipos mais adaptáveis são aqueles com coeficiente de regressão β_{1i} (ambientes desfavoráveis) menor que um e $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ (ambientes favoráveis) maior que um. O parâmetro de estabilidade é representado pelo quadrado médio dos desvios da regressão, que sendo próximo de zero indica genótipos estáveis (previsíveis) e quando significativamente diferente de zero indica genótipos não estáveis (não previsíveis).

Resultados e discussão

Houve uma variação de 2950,3 a 44454,8 kg ha⁻¹ no rendimento médio de grãos entre os ambientes estudados (Tabelas 1 e 2). As análises de variâncias individuais indicaram variação entre os genótipos ($P < 0,01$) dentro de cada ambiente de produção. Os coeficientes de variação foram baixos, variando de 9,8% a 18,0%, sendo que os mais elevados (16,1 e 18,0%) ocorreram nas condições mais estressantes de Água Clara, onde o solo é menos fértil. CARVALHO et al. (2002) também obtiveram pequenas variações no coeficiente de variação (9,1 a 13,5%), bem como DI MAURO et al. (2000), em São Paulo, que obtiveram média de 11,2%.

Segundo PIMENTEL GOMES (2000), nos experimentos de campo, se coeficiente de variação for inferior a 10,0% pode ser considerado baixo (experimento com alta precisão); de 10 a 20% são considerados médios (boa precisão); de 20 a 30% são considerados altos (baixa precisão); e acima de 30% muito altos. Portanto, os valores obtidos de coeficientes de variação no presente trabalho estão dentro das classes baixo e com alta precisão e médio e com boa precisão, evidenciando a precisão dos dados experimentais.

A análise de variância conjunta (Tabela 3) foi possível de ser realizada devido à homogeneidade dos quadrados médios residuais. A relação entre o maior (328.572,9) e o menor (143.973,2) quadrado médios do resíduo foi 2,3. Os resultados também indicaram efeitos significativos ($P < 0,01$) de genótipos, de ambientes e da interação genótipos x ambientes, justificando a aplicação da análise de adaptabilidade e estabilidade.

A época de semeadura é um dos fatores que mais interage com o rendimento de grãos e, quando aliada à região produtora e às condições edafoclimáticas, determina o potencial produtivo de genótipos de soja (SEDIYAMA et al., 1990;

MARCHIORI et al., 1999; PEIXOTO et al., 2000; PRADO et al., 2001), o que ficou claramente evidenciado pela interação significativa do presente trabalho.

Tabela 1 - Rendimento de grãos de 20 cultivares de soja e análise de variância de quatro ambientes de produção: Chapadão do Sul em 16-10-2006 (AMB1), 27-10-2006 (AMB2), 17-11-2006 (AMB3) e 30-11-2006 (AMB4). *Grain yield of twenty soybean cultivars and analysis of variance of four production environments: - Chapadão do Sul in 10-16-2006 (AMB1), 10-27-2006 (AMB2), 11-17-2006 (AMB3), and 11-30-2006 (AMB4).*

Cultivares	AMB1 (kg ha ⁻¹)	AMB2 (kg ha ⁻¹)	AMB3 (kg ha ⁻¹)	AMB4 (kg ha ⁻¹)
BRSGO Chapadões	5.414,50	4.302,25	4.579,25	3.688,25
TMG 121 (RR)	5.009,00	3.776,75	4.064,25	3.570,50
Msoy 8001	4.748,75	4.510,25	4.184,25	3.833,00
BRSMT Pintado	4.366,00	5.394,25	3.863,50	3.083,00
FMT Tucunaré	4.607,00	4.000,50	3.775,00	3.132,00
Msoy 8400	4.879,75	4.243,00	4.612,25	3.294,75
TMG 115 (RR)	5.402,00	4.667,25	3.608,75	3.024,50
Msoy 8329	4.519,00	4.554,00	3.961,25	3.363,75
Conquista	4.313,50	4.194,75	3.946,50	3.078,75
Msoy 6101	4.337,25	4.294,50	3.950,75	3.370,75
TMG 113 (RR)	4.897,75	4.445,50	3.082,00	2.876,75
AN 8500	4.827,00	4.439,50	4.504,00	3.330,00
BRS Valiosa (RR)	4.554,25	4.129,75	3.586,25	3.040,00
Msoy 7908 (RR)	3.960,25	3.781,00	3.956,00	3.407,75
Msoy 8008 (RR)	3.187,75	4.180,25	3.661,25	2.953,50
Emgopa 316	4.228,25	3.872,50	3.642,00	3.357,00
Msoy 8787 (RR)	4.994,25	3.929,00	3.267,75	2.990,25
TMG 117 (RR)	3.991,75	3.674,75	3.221,50	2.415,75
Msoy 8000 (RR)	3.628,50	3.527,25	3.381,50	3.063,25
BRS Silvania (RR)	3.230,50	3.316,50	3.429,25	2.329,00
Média geral por ambiente	4.454,9	4.161,7	3.813,9	3.169,1
Q.M. Tratamentos	1.556.704,4**	855.835,7**	76.993,1**	544.264,3**
Q.M. Resíduo	192.359,9	230.602,7	240.096,9	143.973,2
CV (%)	9,84	11,53	12,84	12,00

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$). ** Significant by the F test ($P < 0.01$)

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

A média geral nos oito ambientes estudados (3701 kg ha⁻¹) e mesmo o limite mínimo (Tabela 4) são considerados como satisfatórios para a região dos Chapadões, pois foram superiores em comparação com a média nacional que foi de 2927 kg ha⁻¹ na safra de 2009/2010 (CONAB, 2010).

As médias de rendimento de grãos, relativas aos oito ambientes de produção, e os índices ambientais I_j e T(I_j) (Tabela 4) indicaram índices ambientais positivos referentes à primeira, segunda e terceira épocas de semeadura em Chapadão do Sul (16-10, 27-10 e 17-11) e primeira época em Chapadão do Céu (27-10), para rendimentos médios acima de 3800 kg ha⁻¹. Por este critério, as épocas 30-11 em Chapadão do Sul e 23/11 em Chapadão do Céu foram consideradas desfavoráveis, provavelmente porque entre as cultivares avaliadas não existiam as que atendessem satisfatoriamente ao escalonamento de semeadura em diferentes épocas e por apresentarem maior sensibilidade fotoperiódica nas épocas mais tardias. Em Água Clara, por apresentar condições edafoclimáticas menos favoráveis quando comparada com Chapadão do Sul e Chapadão do Céu, as épocas 7-11 e 28-11 foram desfavoráveis para os genótipos avaliados. Portanto, ficou bem definido que, no presente estudo, as primeiras épocas de semeaduras foram as melhores, com índices I_j positivos, concordando com os resultados obtidos por PRADO et al. (2001).

Tabela 2 - Rendimento médio de grãos de 20 cultivares de soja e análise de variância de quatro ambientes de produção: Água Clara em 07-11-2006 (AMB5) e 28-11-2006 (AMB6); Chapadão do Céu em 27-10-2006 (AMB7) e 23-11-2006 (AMB8). *Grain yield of twenty soybean cultivars and analysis of variance of four production environments: Água Clara in 11-07-2006 (AMB5) and 11-28-2006 (AMB6), Chapadão do Céu in 10-27-2006 (AMB7) and 11-23-2006 (AMB8)*

Cultivares	AMB5 (kg ha ⁻¹)	AMB6 (kg ha ⁻¹)	AMB7 (kg ha ⁻¹)	AMB8 (kg ha ⁻¹)
BRSO Chapadões	3.741,25	3.485,50	5.717,75	3.727,75
TMG 121 (RR)	3.823,00	4.403,25	5.373,25	3.819,50
Msoy 8001	4.116,75	3.483,00	4.536,75	3.474,00
BRSMT Pintado	3.850,25	3.476,00	5.278,75	3.037,75
FMT Tucunaré	4.283,75	3.680,50	5.427,50	3.297,25
Msoy 8400	4.470,00	2.854,25	4.610,75	2.986,50
TMG 115 (RR)	3.808,75	3.223,25	4.767,00	3.270,50
Msoy 8329	4.031,00	2.953,75	5.098,25	2.834,50
Conquista	3.914,00	3.529,50	4.125,00	2.634,25
Msoy 6101	3.640,75	3.014,75	3.815,75	3.193,00
TMG 113 (RR)	3.496,75	3.311,75	4.845,50	2.637,50
AN 8500	3.008,75	2.737,75	4.187,00	2.220,50
BRS Valiosa (RR)	3.537,25	3.139,75	4.147,25	2.819,75
Msoy 7908 (RR)	3.027,50	3.720,50	3.620,75	2.810,25
Msoy 8008 (RR)	2.981,50	3.865,25	4.026,50	3.215,50
ENG 316	2.798,25	2.807,75	4.175,00	2.919,50
Msoy 8787 (RR)	2.975,75	2.281,50	3.878,00	2.508,50
TMG 117 (RR)	3.331,25	2.199,00	4.410,00	2.862,25
Msoy 8000 (RR)	2.585,50	3.488,75	3.095,00	2.618,00
BRS Silvania (RR)	2.145,00	2.091,25	2.893,75	2.118,75
Média geral por ambiente	3.478,4	3.187,4	4.401,5	2.950,3
Q.M. Tratamentos	1.470.062,3**	1.366.811,3**	2.308.085,0**	796.102,6**
Q.M. Resíduo	313.490,80	328.572,90	205.109,00	148.501,60
CV (%)	16,09	17,98	10,28	13,06

* Significativo pelo teste F ($P < 0,01$). ** Significant by the F test ($P < 0,01$).
The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância conjunta para rendimento de grãos de 20 cultivares de soja avaliadas em oito ambientes envolvendo épocas e locais distintos. *Analysis of variance for grain yield of twenty soybean cultivars in eight environments including different dates and places.*

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios
Blocos/ Ambiente	24	167.986,76
Ambientes	7	5.055.802,56**
Genótipos	19	28.039.515,24**
Genótipos x Ambientes	133	658.579,46**
Erro Médio	456	225.338,38
Média (kg ha ⁻¹)	-----	3.700,99
C.V (%)	-----	12,82

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$). ** Significant by the F test ($P < 0,01$). The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Os estudos sobre épocas de semeadura de soja em diversos estados têm apontado como período mais favorável ao desenvolvimento e rendimento, o período entre a segunda quinzena de outubro e a primeira quinzena de novembro. MOTTA et al. (2002), estudando cinco cultivares de soja no Paraná observaram que a melhor época de semeadura para rendimento de sementes foi 15 de outubro. QUEIROZ et al. (1998) verificaram que as cultivares Paraná, Bossier e Santa Rosa apresentaram o rendimento máximo quando a primeira foi semeada no início de novembro, e as duas últimas, em meados de outubro. Por outro lado, FIETZ & RANGEL (2008) evidenciaram que, analisando conjuntamente os fatores déficit hídrico e fotoperíodo, semeaduras em novembro (15/11) são mais indicadas para a região de Dourados-MS.

Tabela 4 - Média de ambientes e índices ambientais I_j e $T(I_j)$ obtidos em épocas e locais distintos de semeadura, utilizando o método de CRUZ et al. (1989). *Environment means and environmental indexes of different sowing dates and places according to the analytical method by CRUZ et al. (1989).*

Ambiente	Época (Ano 2006)	Local	Média (kg ha ⁻¹)	Índice (I_j) (kg ha ⁻¹)	Índice $T(I_j)$ (kg ha ⁻¹)	Condição do Ambiente
AMB1	16-10	Chapadão do Sul	4.454,85	753,85	246,88	Favorável (F)
AMB2	27-10	Chapadão do Sul	4.161,67	460,67	-46,29	Favorável (F)
AMB3	17-11	Chapadão do Sul	3.813,86	112,86	-394,10	Favorável (F)
AMB4	30-11	Chapadão do Sul	3.160,12	-540,87	0,00	Desfavorável (D)
AMB5	07-11	Água Clara	3.478,35	-222,64	0,00	Desfavorável (D)
AMB6	28-11	Água Clara	3.187,35	-513,64	0,00	Desfavorável (D)
AMB7	27-10	Chapadão do Céu	4.401,47	700,47	193,50	Favorável (F)
AMB8	23-11	Chapadão do Céu	2.950,27	-750,72	0,00	Desfavorável(D)
Média geral			3.701,0	-	-	-
Média dos ambientes favoráveis			4.209,0	-	-	-
Média dos ambientes desfavoráveis			3.194,0			

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Dentre os genótipos estudados, houve consistente variabilidade tanto para adaptabilidade como para estabilidade (Tabela 5). As cultivares mais responsivas nos ambientes desfavoráveis foram BRSMT Pintado e AN 8500, com coeficientes de regressão β_{1i} de 1,4 e 1,6, respectivamente (Tabela 5 e Figura 1b), o que torna as mesmas não recomendáveis para essas con-

dições. As cultivares mais indicadas para os ambientes desfavoráveis são TMG 121 (RR), Msoy 7908 (RR), Msoy 8008 (RR) e Msoy 8000 (RR), com $\beta_{1i} < 1$ (Tabela 5 e Figuras 1a e 1c). Entretanto, TMG 121 (RR), Msoy 7908 (RR) devem ser preferidas devido às maiores médias de rendimento nesses ambientes (3.904 e 3.829 kg ha⁻¹, respectivamente).

Tabela 5 - Médias gerais (β_{0i}) para ambientes favoráveis (F) e desfavoráveis (D) e parâmetros de estabilidade (Q.M. desvios e R^2) e adaptabilidade (β_{1i} , $\beta_{1i} + \beta_{2i}$), estimados segundo a metodologia de CRUZ et al. (1989), para 20 cultivares de soja avaliadas em oito ambientes. *General means (β_{0i}), for favorable (F) and unfavorable environments (D) and stability parameters (M.S. deviations and R^2) and adaptability (β_{1i} , $\beta_{1i} + \beta_{2i}$), estimated according to the analytical method by CRUZ et al. (1989), for twenty soybeans cultivars in eight environments.*

Cultivares	β_{0i} (kg ha ⁻¹)	F (kg ha ⁻¹)	D (kg ha ⁻¹)	β_{1i}	$\beta_{1i} + \beta_{2i}$	Q.M. desvios	R^2 (%)
BRSGO Chapadões	4.332,1	5.003,4	3.660,7	1,24	1,72	683.262,6*	82,90
TMG 121 (RR)	4.229,9	4.555,8	3.904,1	0,60*	1,95*	934.231,9**	60,40
Msoy 8001	4.110,8	4.495,0	3.726,7	0,79	0,75	100.618,4	92,28
BRSMT Pintado	4.043,7	4.725,6	3.361,7	1,36*	1,28	1.030.172,1**	77,72
FMT Tucunaré	4.025,4	4.452,5	3.598,8	0,92	2,01*	797.830,8**	74,30
Msoy 8400	3.993,9	4.586,4	3.401,8	1,28	0,32	804.071,34**	78,33
TMG 115 (RR)	3.971,5	4.611,2	3.331,7	1,25	2,41**	256.108,8	93,92
Msoy 8329	3.914,4	4.533,1	3.295,7	1,29	1,29	409.288,0	88,83
MG/BR 46 (Conquista)	3.717,0	4.144,9	3.289,1	0,94	0,44	352.712,1	82,05
Msoy 6101	3.702,2	4.099,6	3.304,8	0,79	0,21	235.794,5	82,39
TMG 113 (RR)	3.699,2	4.317,7	3.080,7	1,25	2,84**	163.221,8	96,40
AN 8500	3.656,8	4.489,4	2.824,2	1,62**	0,08*	517.833,4*	89,91
BRS Valiosa (RR)	3.619,3	4.104,4	3.134,2	0,98	1,26	74.593,4	96,45
Msoy 7908 (RR)	3.535,5	3.829,5	3.241,2	0,56**	-0,22**	448.977,7	55,44
Msoy 8008 (RR)	3.508,9	3.763,9	3.253,9	0,44**	-0,27**	956.199,9**	27,32
Emgopa 316	3.475,0	3.979,4	2.970,6	0,91	0,93	347.218,2	82,42
Msoy 8787 (RR)	3.353,1	4.017,2	2.689,0	1,28	2,01*	652.011,6*	85,03
TMG 117 (RR)	3.263,3	3.824,5	2.702,1	1,10	1,56	580.351,1*	82,01
Msoy 8000 (RR)	3.173,5	3.408,1	2.938,9	0,42**	-0,01*	608.961,3*	33,66
BRS Silvéria (RR)	2.694,2	3.217,5	2.171,0	0,96	-0,58**	199.461,7	89,54
Média geral	3.701,0	4.208,0	3.194,0	---	---	---	---

*, ** - Significativamente diferente de 1 em nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste t (β_{1i} e $\beta_{1i} + \beta_{2i}$); Significativamente diferente de zero a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F (Q.M. dos desvios da regressão). *, ** - Significantly different from 1 at 5% and 1% of probability by the t test (β_{1i} e $\beta_{1i} + \beta_{2i}$); - Significantly different from 0 at 5 and 1% of probability by the F test (M.S. of the regression deviations).

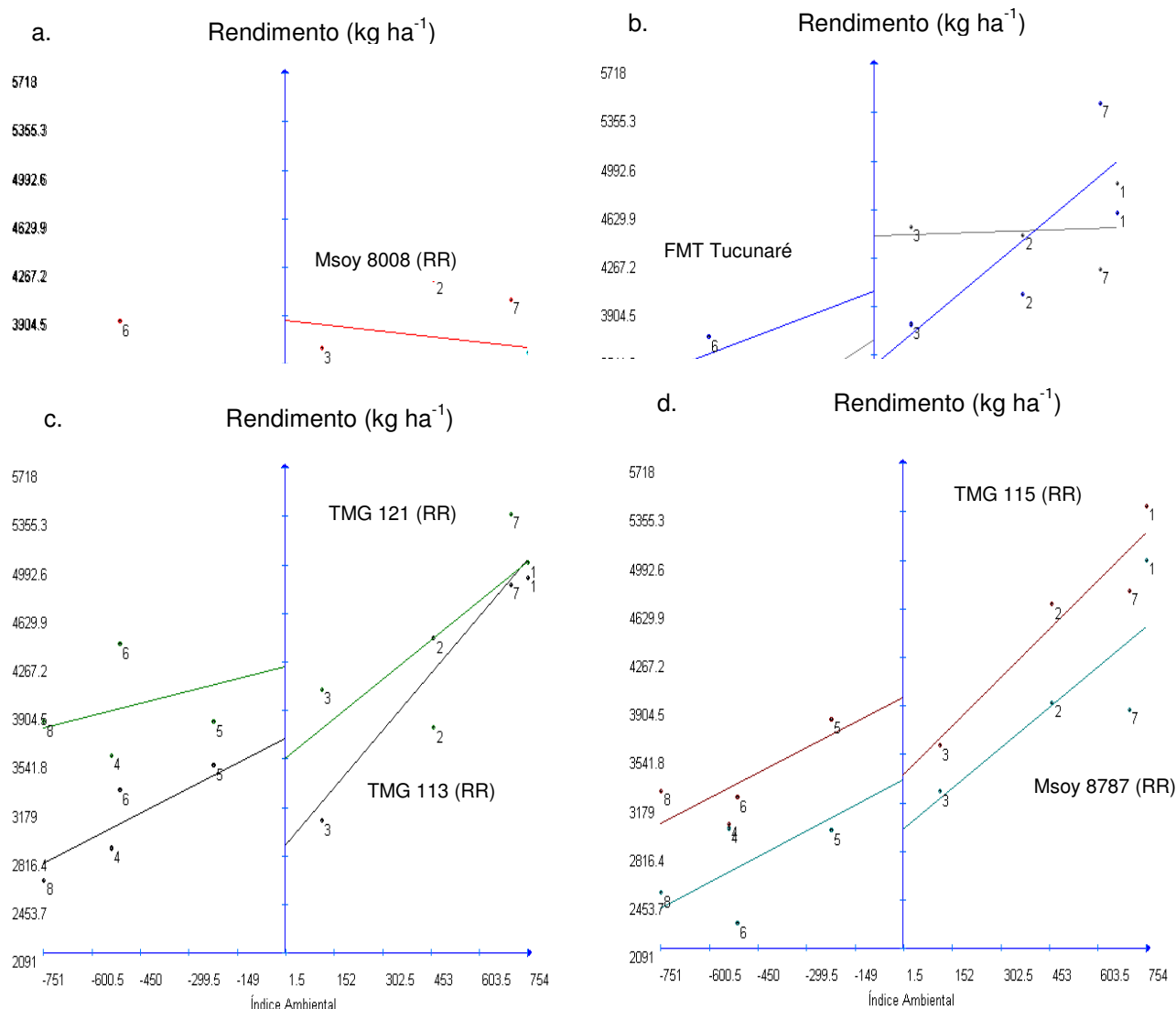


Figura 1 - Regressão linear bissegmentada do rendimento de grãos das cultivares Msoy 8000 (RR) e Msoy 8008 (RR) (a), FMT Tucunaré e AN 8500 (b), TMG 121 (RR) e TMG 113 (RR) (c), TMG 115 (RR) e Msoy 8787 (RR) (d) em função dos índices ambientais. *Bisegmented linear regression for yield grain of soybean Msoy 8000 (RR) and Msoy 8008 (RR) (a), FMT Tucunaré and AN 8500 (b), TMG 121 (RR) and TMG 113 (RR) (c), TMG 115 (RR) and Msoy 8787 (RR) (d) as determined by environmental indexes.*

Nos ambientes favoráveis, destacaram-se como altamente responsivas ($\beta_{1i} + \beta_{2i} > 1$) as cultivares transgênicas TMG 121 (RR), TMG 115 (RR), TMG 113 (RR) e Msoy 8787 (RR) (Figuras 1c e 1d). Entre todas as cultivares avaliadas, a TMG 121 (RR) foi a que melhor se comportou na média dos ambientes desfavoráveis (3904 kg ha^{-1}), apresentando elevada taxa de resposta aos ambientes favoráveis e comportamento imprevisível nos ambientes testados, pela alta significância do quadrado médio dos desvios da regressão (Tabela 5 e Figura 1c). As cultivares TMG 115 (RR) e Msoy 8787 (RR) apresentaram comportamentos semelhantes, com coeficientes de regressão iguais a um em ambientes desfavoráveis e alta taxa de resposta aos ambientes favoráveis

(Figura 1d). Entre as cultivares convencionais, somente para FMT Tucunaré ocorreu $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ significativamente maior que um, apresentando-se como capaz de explorar vantajosamente os estímulos ambientais favoráveis, porém com certa instabilidade de comportamento (Tabela 5). Nos ambientes favoráveis, a maioria das cultivares com baixa taxa de resposta à melhoria das condições ambientais (não responsivas) também foram transgênicas: AN 8500, Msoy 7908 (RR), Msoy 8008 (RR), Msoy 8000 (RR) e BRS Silvana (RR).

Conforme os valores dos quadrados médios dos desvios da regressão (Tabela 5), metade das cultivares avaliadas podem ser consideradas estáveis (previsíveis), sendo cinco con-

vencionais e cinco transgênicas. Dentre elas, apenas para Msoy 7908 (RR) o coeficiente de determinação foi menor que 80%, dando consistência para a estabilidade das demais.

As cultivares BRSGO Chapadões, BRSM T Pintado, FMT Tucunaré, Msoy 8400, AN 8500, TMG 121 (RR), Msoy 8008 (RR), Msoy 8787 (RR), TMG 117 (RR) e Msoy 8000 (RR) tiveram comportamento considerado imprevisível, pois apresentaram os quadrados médios dos desvios da regressão significativos. Nada indica que a condição transgênica favoreça ou não a estabilidade das cultivares, pois houve uma distribuição equitativa entre transgênicas e convencionais estáveis e não estáveis.

Pela interpretação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, um genótipo ideal seria aquele com média alta, $\beta_{1i} < 1$, $\beta_{1i} + \beta_{2i} > 1$ e quadrados médios dos desvios não significativos, o que não ocorreu no grupo de cultivares estudado. Resultados semelhantes foram observados por PRADO et al. (2001), EASTON & CLEMENTS (1973) e LIN et al. (1986), os quais salientaram que a caracterização da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica é relativa ao conjunto dos genótipos incluídos no experimento. Como o rendimento do ambiente é expresso pelo próprio desempenho médio dos genótipos no experimento, não há qualquer segurança de que um genótipo manterá o mesmo comportamento quando avaliado em outro grupo de genótipos. A cultivar TMG 115 (RR) foi a que mais se aproximou das condições ideais, pois apresentou média geral de 3.971 kg ha⁻¹, coeficiente de regressão linear igual a um nos ambientes desfavoráveis, coeficiente de regressão maior que um ($\beta_{1i} + \beta_{2i} = 2,4$) nos ambientes favoráveis e quadrado médio dos desvios não significativo, além de coeficiente de determinação alto ($R^2=93,9\%$). Portanto, dentro deste grupo, é uma cultivar estável que pode ser recomendada para qualquer dos ambientes avaliados e com alta resposta nos melhores ambientes (Figura 1d). A cultivar Msoy 8001, embora não tão responsiva nos ambientes favoráveis como a TMG 115 (RR), também possui boas propriedades, com média alta, coeficientes de regressão iguais a um e quadrado médio dos desvios da regressão não significativos, com $R^2= 92,3\%$. Essa cultivar também foi evidenciada no trabalho desenvolvido por OLIVEIRA et al. (2006), por apresentar boas características de adaptação e estabilidade.

Destaque também deve ser dado à cultivar BRSGO Chapadões, com as melhores médias e coeficientes de regressão iguais a um, embora com baixa previsibilidade (quadrado médio dos desvios significativo). No entanto, a imprevisibilidade não deve comprometer sua indicação para ambos os tipos de ambientes, pois o coeficiente de determinação foi superior a

80% (82,9%).

As propriedades que indicam recomendação apenas para ambientes favoráveis (média alta, $\beta_{1i} + \beta_{2i} > 1$ e quadrado médio dos desvios igual a zero) também não foram encontradas neste grupo de cultivares. A cultivar TMG 121 (RR) foi a que mais se aproximou, mas foi instável, com quadrado médio dos desvios altamente significativos e coeficiente de determinação de 60,4%.

Na comparação entre transgênicas e convencionais, não houve tendência alguma para os parâmetros de estabilidade, com cinco transgênicas e cinco convencionais sendo consideradas estáveis; mas, para adaptabilidade, algumas tendências foram observadas. As transgênicas ocuparam posições extremas quanto à adaptabilidade em ambientes favoráveis, com quatro cultivares com alta resposta e quatro com baixa resposta. A maioria das convencionais apresentou coeficientes de regressão iguais a um, exceto FMT Tucunaré (única altamente responsiva em ambientes favoráveis), AN 8500 e BRSM T Pintado (altamente sensíveis nos ambientes desfavoráveis) (Figura 1b). Embora existam exceções, como a TMG 115 (RR), há certa tendência de os coeficientes de regressão das transgênicas se colocarem acima ou abaixo de um. Segundo MENDONÇA et al. (2007), mesmo materiais que apresentam parâmetros contrários ao recomendado pelo modelo de regressão bis-segmentada devem ter suas médias analisadas mais cuidadosamente. Esses mesmos autores afirmam que uma cultivar com $\beta_{1i} > 1$, mas com média elevada (como exemplo a TMG 115 RR), pode ser promissora e, nesse caso, a metodologia pouco contribui para o entendimento de falta de resposta à melhoria dos ambientes favoráveis. GARBUGLIO et al. (2007) atribuem esse fenômeno a uma possível falha no modelo, uma vez que o fato de um genótipo ser pouco responsivo em ambiente desfavorável previne que a reta da equação de regressão não atinja pontos inferiores em ambientes mais pobres.

Conclusões

Houve uma tendência de maior número de cultivares transgênicas pouco sensíveis aos ambientes desfavoráveis e responsivas aos ambientes favoráveis, em relação às convencionais. Para estabilidade, nenhuma tendência foi observada.

As primeiras épocas de semeadura apresentaram os melhores índices ambientais, o que as evidenciava como melhores para se atingir altos rendimentos no presente estudo. No conjunto dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, a cultivar TMG 115 (RR) foi a que mais se destacou, sendo recomendável tanto para ambientes favoráveis como para desfavoráveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos os funcionários da Fundação Chapadão, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Referências

CARVALHO, C.G.P.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; OLIVEIRA, M.F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.989-1000, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. 12^o levantamento de grãos 2009/2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/7e05515f8222082610088f5a2376c6af.pdf>> Acesso em: 26 nov. 2010.

CRUZ, C.D. **GENES**: aplicativo computacional em genética e melhoramento de plantas. Versão 2005. Viçosa: UFV, 2005.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, p.567-580, 1989.

CURCIOLI, V.B. **Correlação entre medidas paramétricas e não paramétricas de estabilidade fenotípica em genótipos de soja (*Glycine max* L.)**. 1997, 82f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

DI MAURO, A.O.; CURCIOLI, V.B.; NÓBREGA, J.C.M.; BANZATO, D.A.; SEDIYAMA, T. Correlação entre medidas paramétricas e não-paramétricas de estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.687-696, 2000.

EASTON, H.S.; CLEMENTS, R.J. The interaction of wheat genotypes with a specific factor of the environment. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.80, p.43-52, 1973.

FIETZ, C.R.; RANGEL, M.A. S. Época de semeadura de soja para região de Dourados – MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28; n.4, p.666-672, 2008.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.14, p.742-754, 1963.

GARBUGLIO, D.D.; GERAGE, A.C.; ARAÚJO, P.M.; FONSECA JUNIOR, N.S.; SHIOGA, P.S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.183-191, 2007.

LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand?. **Crop Science**, Madison, v.26, p.894-900, 1986.

MARCHIORI, L.F.S.; CÂMARA, G.M. DE; PEIXOTO, C.P.E.; MARTINS, M.C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em épocas normal e safrinha. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.2, p.25-36, 1999.

MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D.D.; FONSECA JUNIOR, N.S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1567-1575, 2007.

MOTTA, I.S.; BRACCINI, A. L.E.; SCAPIM, C.A.; INOUE, M.H.; ÁVILA, M.R.; BRACCINI, M.L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. I. Efeito nas características agrônômicas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.24, p.1275-1280, 2002.

OLIVEIRA, A.B.; DUARTE, J.B.; CHAVES, L.J.; COUTO, M.A. Environmental and genotypic factors associated with genotype by environment interactions in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.6, p.79-89, 2006.

OLIVEIRA, A.B.; DUARTE, J.B.; PINHEIRO, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.3, p.357-364, 2003.

PEIXOTO, G.P.; CÂMARA, G.M.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: Componentes de produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.47-61, 2000.

PRADO, E.E.; HIROMOTO, D.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M.; RAMALHO, A.R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, 2001.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.

QUEIROZ, E.F.; GAUDÊNCIO, C.A.; GARCIA, A.; TORRES, E.; OLIVEIRA, M.C.N. Efeito de época de plantio sobre o rendimento da soja na

região norte do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1461-1474, 1998.

SAKIYAMA, N.S.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.S.; REIS, M.S. Interação genótipo x ambiente e efeitos na escolha de localidades para avaliação de linhagens de soja. (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v.35, n.201, p.486-493, 1988.

SEDIYAMA, C.S.; OLIVEIRA, L.O.; CRUZ, C.D. Análise de estabilidade fenotípica de cultivares de soja por meio da regressão linear simples e da regressão linear segmentada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.37, p.513-518, 1990.