

Parâmetros genéticos e avaliação agrônômica em progênies F_2 de soja no Distrito Federal, Brasil

Elonha Rodrigues dos Santos¹, Carlos Roberto Spehar², Paulo Roberto Pereira², Aristoteles Capone³, Hélio Bandeira Barros³

¹ Faculdade da Amazônia, Vilhena, RO, Brasil. E-mail: elonharodrigues@gmail.com (ORCID: 0000-0002-6930-653X)

² Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, Brasil. E-mail: spehar@unb.br (ORCID: 0000-0002-7701-2750); paulorobertop19@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-0876-5302)

³ Universidade Federal de Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, Gurupi, TO, Brasil. E-mail: aristotelescapone@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-1977-7533); barrosbh@uft.edu.br (ORCID: 0000-0002-7777-7593)

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar os parâmetros genéticos e agrônômicos em progênies F_2 de soja no Distrito Federal, Brasil, oriundas de vinte cruzamentos biparentais, entre genitores com ausência de lipoxigenases e genitores que apresentam período juvenil longo. O experimento foi conduzido no Distrito Federal, safra 2013/14. O delineamento experimental foi blocos casualizados com quatro repetições. Foram avaliadas: características agrônômicas, herdabilidade estimada, relação entre o coeficiente de variação genético e ambiental e correlações fenotípicas entre os caracteres. As hibridações entre cultivares, com período juvenil longo e de cultivares destinada a alimentação humana, originaram grande variação no ciclo de maturação. O cruzamento Amaralina x UFVTN105 apresenta maior probabilidade de selecionar para altura de plantas, enquanto o cruzamento UFVTN105 x M8867 apresenta maior frequência de recombinantes para produção de grãos. Com base na herdabilidade e no quociente CV_g/CV_e a seleção por número de dias para maturação (NDM) e altura de plantas na maturação (APM) é efetiva na população segregante F_2 . Correlações positivas e significativas de magnitude forte entre as variáveis NDM x APM e NVP x RG e de magnitude mediana entre AP x AIV, permitem seleção indireta na obtenção de genótipos de soja com alta produção de grãos por planta e com melhor sabor em gerações iniciais.

Palavras-chave: alimentação humana; *Glycine max*; herdabilidade; razão CV_g/CV_e ; seleção precoce

Genetic parameters and agronomic evaluation progenies F_2 soy the Federal District, Brazil

ABSTRACT: The objective of this paper was to evaluate the genetic and agronomic parameters of soybean F_2 progenies in the Federal District, Brazil, from twenty biparental crosses, between parents with absence of lipoxygenases and parents with long juveniles. The experiment was conducted in the Federal District, crop 2013/14. The experimental design was randomized blocks with four replicates. The following were evaluated: agronomic characteristics, estimated heritability, relationship between the genetic and environmental variation coefficient and phenotypic correlations between the characters. Hybridizations between cultivars, with a long juvenile period and cultivars intended for human consumption, caused a great variation in the maturation cycle. The Amaralina x UFVTN105 cross was more likely to be selected for plant height, while the UFVTN105 x M8867 cross showed a higher frequency of recombinants for grain production. Based on heritability and the CV_g/CV_e quotient, the selection by number of days for maturation (NDM) and plant height at maturity (PHM) is effective in the F_2 segregating population. Positive and significant correlations of strong magnitude between the variables NDM x PHM and NPP (number of pods per plant) x GY (Grain yield) and of medium magnitude between PHM x HPI (height first pod insulation), allow indirect selection in obtaining soybean genotypes with high grain yield per plant and with better flavor in early generations.

Key words: human food; *Glycine max*; heritability; CV_g/CV_e ratio; early selection

Introdução

A soja cultivada [*Glycine max* (L.) Merr.], uma das principais culturas do mundo, é utilizada tanto para alimentação animal quanto para alimentação humana (Malek et al., 2014). O consumo da soja apresentou um aumento significativo nos últimos anos na alimentação humana, motivado pela qualidade nutricional excepcional de seus grãos, como o elevado teor de proteína, que fornece todos os aminoácidos essenciais; possui nutrientes importantes como ácido fólico, vitamina do complexo B, ferro, antioxidantes etc; além de ser um alimento funcional: isoflavonas (Destro et al., 2013; Bologna et al., 2014; Malek et al., 2014). Entre os vegetais, a soja é a que apresenta níveis mais elevados de proteínas e estas podem variar entre cultivares e épocas de semeadura (Faria et al., 2018).

Apesar da cultura da soja estar disseminada por todo o Brasil ainda existem poucas cultivares destinadas, à alimentação humana. As cultivares disponíveis, destinadas a esse fim, quando introduzidos em regiões de baixa latitude apresentam porte reduzido e baixa produtividade, o principal fator que afeta essas características é o fotoperíodo. A soja com melhor sabor, não incorpora alelos de período juvenil longo (PJL), assim seu ciclo é reduzido em baixas latitudes (Santos et al., 2011).

Os programas de melhoramento de soja exerceram influência marcante sobre o desenvolvimento da soja no Brasil (Vasconcelos et al., 2015). A soja adaptada às baixas latitudes apresenta um componente genético que a difere das regiões tradicionais de cultivo. Trata-se do período juvenil longo, que alonga a fase vegetativa da soja sob condições de dias curtos (Spehar et al., 2014).

Uma solução para contornar essa limitação da produção da soja, do tipo alimento, consiste em hibridar soja, tipo

alimento, com soja comum, contendo alelos de período juvenil longo (Santos et al., 2011).

A seleção em gerações precoce de soja, F₂ ou F₃, pode ser utilizada em programas de melhoramento para descartar progênies não promissoras (Carvalho et al., 2009). Ademais, as estimativas de parâmetros genéticos em gerações iniciais possibilitam dirigir o processo de seleção dos genótipos mais promissores (Costa et al., 2008), além de definir genitores com maior probabilidade de gerar recombinantes livres de interações indesejáveis (St Martin et al., 2009).

Vários trabalhos foram realizados em gerações iniciais na cultura da soja, para estimar parâmetros genéticos como a herdabilidade, coeficiente de relação genotípica e fenotípica e correlações fenotípicas, os quais foram avaliados em diferentes locais, como demonstram os de Costa et al. (2008), Carvalho et al. (2009), Matsuo et al. (2012), Tavares et al. (2013), Bologna et al. (2014), Charnai et al. (2014), Malek et al. (2014), Bizari et al. (2017) e Follmann et al. (2017).

Objetivou-se com este trabalho avaliar os parâmetros genéticos e agrônômicos em progênies F₂ de soja no Distrito Federal, Brasil, oriundas de vinte cruzamentos biparentais, entre genitores com ausência de lipoxigenases e genitores que apresentam período juvenil longo.

Material e Métodos

Os cruzamentos foram realizados na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília. Os genitores utilizados nos cruzamentos e suas principais características morfológicas encontram-se na Tabela 1. Os tratamentos testados encontram-se na Tabela 2, que foi constituído por 20 cruzamentos efetivos.

Nas hibridações utilizaram-se quinze cultivares de soja: destes dez apresentam período juvenil longo, a seleção

Tabela 1. Características morfológicas - cor da flor (CF), cor da pubescência (CP), cor do tegumento (CT) - origem e natureza da instituição (NI) de genótipos de soja utilizados em hibridações.

Genótipo	CF	CP	CT	Origem	NI
1- M 8867 ¹	B	C	A	Monsoy	Privada
2- M 9144 ¹	R	C	A	Monsoy	Privada
3-M 8585 ¹	B	C	A	Monsoy	Privada
4- Conquista ¹	R	M	A	Embrapa	Pública
5- BRSGO Amaralina ¹	B	M	A	Embrapa	Pública
6- BRS 257 ⁴ (TN)	B	C	A	Embrapa	Pública
7- BRSMG 800A ³	R	C	M	Embrapa	Pública
8- BRSMG 790A ³	R	C	A	Embrapa	Pública
9- A 7002 ¹	R	C	A	Nidera	Privada
10- CD 219 ¹	B	C	A	Coodetec	Cooperativa
11- DM 309 ¹	B	M	A	Agropec. Dois Marcos	Privada
12- UFVTN105 ⁴	R	C	A	UFV	Pública
13- UnB 1125 ²	R	M	P	UnB	Pública
14- Linhagem Preta ²	R	M	P	UnB	Pública
15- NA 5909 RG ⁵	R	C	A	Nidera	Privada

¹ Soja com PJL de interesse para a indústria de óleo e farelo cultivada na região do Cerrado;

² UnB 1125 e Linhagem Preta genótipos com tegumento pretos e PJL, selecionados na UnB;

³ Soja destinada a alimentação humana, indicadas ao cultivo em MG, SP, GO e DF;

⁴ Soja para alimentação humana, com alelos recessivos para as três enzimas lipoxigenases (TN);

⁵ Soja com hábito de crescimento indeterminado (HCl);

B: branca; R: roxa; C: cinza; M: marrom;

A: amarelo; M: marrom; P: preto.

Tabela 2. Tratamentos testados: 20 genótipos de soja, na geração F_2 , oriundos de cruzamentos biparentais realizados em Brasília-DF.

Genitor feminino		Genitor masculino	Genitor feminino		Genitor masculino
1- BRS 257 (TN)	x	CD 219 (PJL)	11- M 8585 (PJL)	x	BRSMG 800A (AH)
2- BRS 257 (TN)	x	DM 309 (PJL)	12- M 8585 (PJL)	x	BRSMG 790A (AH)
3- BRS 257 (TN)	x	M 8867 (PJL)	13- M 8585 (PJL)	x	BRS 257 (TN)
4- BRS 257 (TN)	x	M 9144 (PJL)	14- UFVTN105 (TN)	x	M 9144 (PJL)
5- BRS 257 (TN)	x	NA5909 RG (HCl)	15- UFVTN105 (TN)	x	M8867 (PJL)
6- BRS 257 (TN)	x	A 7002 (PJL)	16- UFVTN105 (TN)	x	M 8585 (PJL)
7- BRS 257 (TN)	x	Conquista (PJL)	17- BRSMG 800A (AH)	x	A 7002 (PJL)
8- BRS 257 (TN)	x	UnB 1125 (PJL)	18- Conquista (PJL)	x	UFVTN105 (TN)
9- BRS 257 (TN)	x	Preta (PJL)	19- Amaralina (PJL)	x	UFVTN105 (TN)
10-M8585 (PJL)	x	UFVTN105 (TN)	20- M 9144 (PJL)	x	UFVTN105 (TN)

TN: Triplo Nulo, destinada à alimentação humana (ausência das três lipoxigenases); PJL: Período juvenil longo; HCl: Hábito de crescimento indeterminado; AH: Cultivar destinada a Alimentação Humana (com lipoxigenases).

foi baseada no desempenho agrônômico na Região dos Cerrados e na dissimilaridade genética. Foram empregados ainda quatro cultivares destinados à alimentação humana, sendo que as cultivares BRS257 e UFVTN105 são triplo nulos, ou seja, apresentam os genes recessivos que codificam as três enzimas lipoxigenases; as cultivares BRSMG790A e BRSMG800A apresentam apenas sabor mais suave dos grãos. Usou ainda uma cultivar de soja com hábito de crescimento indeterminado.

Buscou-se, quando possível, utilizar marcadores morfológicos recessivos no momento de decidir o genitor feminino, a fim de identificar precocemente o sucesso da hibridação. Observou-se principalmente a cor da flor e da pubescência, onde o genitor feminino foi prioritariamente portador de alelos recessivos (flor branca e pubescência cinza).

Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília (UnB). As hibridações foram concentradas no período de 8:00 às 11:00 horas, diariamente, após o aparecimento dos primeiros botões florais. Nas plantas receptoras de pólen foram escolhidos botões antes da antese, realizando-se emasculação com auxílio de uma pinça de relógio. As flores doadoras de pólen foram escolhidas nos genitores masculinos quando abertas e na antese, transferindo-se o pólen para o estigma da flor feminina, com auxílio da pinça. Cada botão hibridado recebeu uma etiqueta com a identificação de seus progenitores.

As sementes oriundas dos cruzamentos deram origem à geração F_1 . Em maio de 2013, na Estação Experimental de Biologia da UnB, as sementes híbridas (F_1) foram semeadas em canteiros, com adubação para atender as exigências da planta.

Os híbridos foram suplementados por iluminação artificial (temporizador analógico com lâmpadas incandescentes de 200 w), com objetivo de prolongar o fotoperíodo em 5h30min (17:00 as 22:30) para aumentar a produção de sementes por planta, afim de ter sementes satisfatórias para a geração F_2 .

A irrigação foi realizada por aspersão. A colheita e beneficiamento das sementes foram realizadas individualmente por híbridos, entre setembro e outubro de

2013. As sementes foram identificadas e armazenadas em câmara fria a 10 °C.

Para avaliação dos genótipos na geração F_2 , foi conduzido um experimento na Fazenda Água Limpa, UnB - DF, latitude 15°56'S, longitude 47°56'W e altitude média de 1.080 m. Segundo Köppen, o clima é do tipo Aw tropical chuvoso de inverno seco. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA, textura argilosa, fase Cerrado. O solo da área foi analisado quimicamente para recomendação de calagem e adubação, para atender as exigências da cultura.

A semeadura foi realizada em 30 de dezembro de 2013. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 20 progênies na geração F_2 , oriundos dos cruzamentos descritos na Tabela 2. Cada parcela foi composta por uma linha com 2,5 m de comprimento, espaçadas entre si por 1,0 m e 0,10 m entre plantas.

Realizaram-se aração e gradagens antecedendo à semeadura, precedida por inoculação e tratamento das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 500 g de inoculante para 50 Kg e fungicida Carbendazim-Thiram 200 SC, na dose de 200 mL/100 Kg. A adubação foi realizada com base na análise de solo e nas recomendações para a cultura, correspondendo a 500 Kg.ha⁻¹ da formulação NPK 00-16-16. O controle das plantas daninhas foi feito por meio de capina manual. Para controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizie*) foram realizadas pulverizações com 0,6 L.ha⁻¹ do fungicida Opera® (Piraclostrobina e Epoxiconazol) em intervalos de 20 dias a partir do estádio R_1 das plantas.

A colheita ocorreu a partir de abril de 2014, de acordo com a maturação (estádio R_3). As plantas foram colhidas em conjunto de acordo com a maturação por parcela, posteriormente avaliadas e armazenadas individualmente.

As características agrônômicas avaliadas foram: a) número de dias para maturação (NDM), período que correspondeu ao número de dias decorridos desde a emergência das plântulas até a data em que 95% das vagens das plantas da parcela apresentaram-se maduras; b) altura das plantas na maturação (APM), realizada na maturação medindo da base da planta até a inserção do rácemo no ápice da haste principal; c) altura de inserção da primeira vagem (AIV), realizada na

maturação medindo a distância, a partir da superfície do solo até a primeira vagem da haste principal; d) número de vagens por plantas (NVP), média obtida por contagem direta de vagens por plantas; e) rendimento de grãos por planta (RG): determinado após a trilha das plantas e limpeza das sementes convertendo-os em g planta⁻¹.

Foi realizada análise de variância, com base na média de parcelas, em blocos ao acaso, visando avaliar a existência de variabilidade genética entre os tratamentos e estimação de parâmetros genéticos. Após a análise de variância, os dados passaram por comparação das médias pelo teste de Scott Knott de todas as variáveis. Todas as análises genéticas e estatísticas foram processadas por meio do aplicativo computacional Genes (Cruz, 2013).

Resultados e Discussão

A partir da análise de variância foi possível verificar a diferença significativa entre os tratamentos, para todas as variáveis a $p < 0,01$, exceto para AIV que foi significativo a $p < 0,05$ (Tabela 3) pelo teste F.

Estes resultados demonstram a variabilidade entre os genótipos avaliados na geração F₂. Os coeficientes de variação para as características estudadas, de 3,55 a 30%, confirmam o apresentado na literatura para a cultura da soja (Carvalho et al., 2009).

Os resultados médios das variáveis estudadas nas progênies dos 20 cruzamentos encontram-se na Tabela 4. O NDM e APM possibilitou maior discriminação entre os tratamentos, ou seja, aqueles em que se obtiveram o maior número de grupos significativamente diferentes.

O NDM variou de 107 dias (BRS257 x NA5909RG) há 132 dias (Conquista x UFVTN105), com uma amplitude de 25 dias

Tabela 3. Resumo da análise de variância de 20 genótipos de soja na geração F₂, oriundos de cruzamentos biparentais entre genótipos de soja destinados a alimentação humana e soja que apresentam período juvenil longo. Brasília – DF, 2014.

FV	GL	Quadrado médio				
		NDM	APM	AIV	NVP	RG
Blocos	3	2118,51	407,02	12,21	1050,26	22,76
Tratamentos	19	181,30**	269,83**	5,09*	800,79**	38,14**
Resíduos	57	18,23	25,12	2,73	339,94	16,20
Média		120,13	71,81	9,66	70,63	13,098
CV (%)		3,55	6,98	17,13	26,10	30,00

** e * significativos a $P < 0,01$ e $P < 0,05$, respectivamente, pelo teste F.

NDM: número de dias para a maturação; APM: altura das plantas; AIV: altura da inserção da primeira vagem; NVP: número de vagens por plantas e RG: rendimento de sementes por planta.

no ciclo, evidenciando a variabilidade entre as progênies analisadas. O grupo mais precoce foi composto pelas progênies dos cruzamentos BRS 257 x UnB 1125, BRS 257 x A 7002 e BRS 257 x NA5909 RG, que completaram o ciclo em média aos 109 dias após a emergência (DAE), comprovando assim, uma maior precocidade. O fator que possivelmente pode ter influenciado no ciclo dessas progênies, foi a ausência de período juvenil longo (Spehar et al, 2014), uma vez que seus genitores, principalmente o BRS 257 e NA5909 RG, são recomendados para a região sul do país.

As maiores APM foram observadas pelas progênies derivadas do cruzamento (Amaralina x UFVTN105), com média de 87 cm. No geral, para APM foram englobadas no mesmo grupo as progênies oriundas dos cruzamentos Amaralina x UFVTN105, Conquista x UFVTN105, M 8585 x BRSMG 790A e BRS 257 x DM 309, com média de 83 cm. Entretanto, as progênies inseridas no segundo grupo, também apresentaram altura satisfatória para cultivo

Tabela 4. Médias de características agrônômicas de 20 genótipos de soja, na geração F₂, oriundos de cruzamentos biparentais entre genótipos de soja destinados a alimentação humana e soja que apresentam período juvenil longo. Brasília – DF, 2014.

Tratamento	NDM	APM (cm)	AIV	NVP	RG (g planta ⁻¹)	
						1
2	Amaralina x UFVTN105	130 a	87,10 a	8,76 b	69,87 b	10,62 b
3	M 8585 x BRSMG790A	129 a	81,89 a	10,37 a	70,05 b	11,38 b
4	UFVTN105 x M 9144	128 a	73,40 b	9,95 a	82,12 a	15,74 a
5	M 9144 x UFVTN105	125 b	74,77 b	10,27 a	65,38 b	10,85 b
6	M 8585 x UFVTN105	122 b	76,21 b	9,61 a	55,88 b	9,51 b
7	M 8585 x BRS 257	122 b	70,91 c	8,60 b	68,10 b	9,65 b
8	M 8585 x BRSMG800A	121 b	75,83 b	10,71 a	65,10 b	13,23 b
9	UFVTN105 x M 8585	121 b	71,61 c	11,27 a	57,74 b	9,17 b
10	BRS 257 x M 9144	121 b	63,35 c	8,70 b	91,52 a	17,24 a
11	BRSMG800A x A 7002	121 b	66,38 c	8,97 b	98,75 a	17,03 a
12	UFVTN105 x M 8867	121 b	70,54 c	8,94 b	93,18 a	21,69 a
13	BRS 257 x Preta	117 c	69,97 c	10,23 a	72,29 b	12,98 b
14	BRS 257 x DM 309	117 c	80,82 a	10,54 a	63,67 b	12,15 b
15	BRS 257 x CD 219	117 c	67,74 c	11,08 a	59,14 b	12,49 b
16	BRS 257 x M 8867	116 c	57,68 d	7,84 b	62,08 b	10,91 b
17	BRS 257 x Conquista	115 c	65,91 c	9,01 b	59,69 b	14,10 b
18	BRS 257 x UnB 1125	112 d	76,09 b	10,82 a	82,72 a	13,79 b
19	BRS 257 x A 7002	109 d	69,51 c	9,54 a	89,27 a	14,88 a
20	BRS 257 x NA5909RG	107 d	53,91 d	7,11 b	53,81 b	13,04 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott Knott ($p \geq 0,05$).

NDM: número de dias para a maturação; APM: altura de planta; AIV: altura da primeira vagem; NVP: número de vagens por planta e RG: rendimento de grãos por planta.

comercial, com média superior a 70 cm. Verificou-se ainda que as menores APM foram obtidas pelas progênies referente aos cruzamentos BRS 257 x M 8867 e BRS 257 x NA5909 RG, com média de 56 cm, no limite inferior ao recomendado para a colheita mecanizada.

A AIV formou dois grupos significativos e variou entre valor máximo de 11,27 cm e mínimo de 7,11 cm (Tabela 4). Esses resultados corroboram aos encontrados por Santos et al. (2011) que obtiveram AIV média de 8 cm em 48 genótipos de soja analisados em Tocantins; Torres et al. (2015) que obtiveram AIV medias entre 7,85 a 12,5 cm ao avaliarem o desempenho agrônomo entre genótipos de soja em Mato Grosso do Sul; ainda em Mato Grosso do Sul, Costa et al. (2015) verificaram AIV entre 9 e 11 cm na safra 2009/10.

Ferreira Júnior et al. (2015) ao avaliarem linhagens avançadas de soja, oriundas de cruzamentos biparentais, quádruplos e óctuplos e Leite et al. (2016b) ao estudarem a população segregante de soja, também verificaram ampla variação no NDM, APM e AIV demonstrando, assim, conformidade aos resultados obtidos neste trabalho.

Foram formados dois grupos significativos para NVP, com valores oscilando entre 52,34 a 98,75 entre as progênies dos cruzamentos Conquista x UFVTN105 e BRSMG 800A x A7002, respectivamente (Tabela 4), com uma média geral de 70,63 vagens por planta. O primeiro grupo foi composto por progênies de seis cruzamentos, com valores médios de 89,60 que variaram de 82,12 a 98,75 vagens por plantas. O segundo grupo foi constituído por progênies de quatorze cruzamentos onde os valores oscilaram de 52,34 a 72,29, com média de 62,51. Vislumbra-se diferença de 30,23% nos valores entre estes dois grupos.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, para NVP, divergem aos encontrados por Costa et al. (2015), onde as médias oscilaram de 40 a 52 vagens por planta. Contudo, os valores verificados para o segundo grupo tenderam a assemelhar aos resultados encontrados por Leite et al. (2016a) com média de 59 vagens por planta.

Para NVP, os valores mais elevados, possivelmente, estejam relacionados ao espaçamento adotado nas entre linhas (um metro). No trabalho realizado por Balbinot Junior et al. (2015), esses autores demonstraram que quanto maior o espaçamento adotado nas entre linhas, maior é o rendimento de vagens por plantas e componentes relacionados a produção. Isso se deve ao fato das plantas de soja apresentarem alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia e nos componentes do rendimento (Tavares et al., 2013).

O RG também formou dois grupos significativos, o primeiro composto por progênies de cinco cruzamentos e o segundo por quinze cruzamentos. A progênie que apresentou maior RG foi oriunda do cruzamento UFVTN105 x M 8867 com 21,69 g planta⁻¹ (Tabela 4). Em contrapartida, a que apresentou pior valor foi referente ao cruzamento UFVTN105 x M8585, com 9,17 g planta⁻¹. A diferença observada entre as progênies desses dois cruzamentos foi de 58%.

Ferreira Júnior et al. (2015) verificaram maior RG por plantas para aquelas cultivares de soja que apresentaram maior número de vagem por planta (NVP), mostrando concordância aos resultados obtidos neste trabalho. Demonstrando que plantas com maior NVP também são mais produtivas.

O coeficiente de herdabilidade (h^2), como expressão quantitativa, reflete os valores de herança e do ambiente na expressão de caracteres de interesse. Quanto maior for esse coeficiente, maior será o sucesso da seleção para um dado caráter. Esse coeficiente pode variar de 0 a 1. Quando $h^2 = 1$, o fenótipo é determinado completamente pelo genótipo, não tendo influência do ambiente. Se $h^2 = 0$, a variabilidade do caráter não tem origem genética (Hamawaki et al., 2012).

A h^2 obtida para NDM e APM (Tabela 5), foi alta e relativamente maior do que aquelas obtidas para as características relacionadas à produção, como NVP e RG.

O NDM apresentou alta h^2 (0,90). Isso explica o fato de oito das nove progênies envolvendo a cultivar BRS 257 nos cruzamentos como genitor feminino, terem ficado nos dois grupos que apresentaram menores NDM. Ressalta-se ainda que as progênies oriundas do cruzamento BRS 257 x NA5909 RG apresentaram o menor NDM, isso possivelmente ocorreu pelo fato desses genitores serem adaptados a região de maior latitude. Em contrapartida, o grupo que apresentou maiores médias para ciclo, 130 dias da emergência à maturação fisiológica, foi composto por genitores que apresentaram maior adaptação ao ambiente de cultivo.

Para NDM, valores semelhantes de h^2 também foram encontrados por Bizari et al. (2017), ao avaliarem os índices de seleção para caracteres agrônomo em populações segregantes de soja em São Paulo. Bologna et al. (2014) também obtiveram valores elevados de herdabilidade para o NDM em população F_3 de soja (0,76).

A herdabilidade média para APM foi superior a 0,91, corroborando com os resultados obtidos por Costa et al. (2008), em população F_2 de soja, onde a herdabilidade foi de 0,94.

Tabela 5. Estimativas das variâncias fenotípica (V_f), genotípica (V_g), ambiental (V_e), herdabilidade senso amplo (h^2), coeficiente de variação genético (CV_g) e razão entre coeficiente de variação genético e ambiental (CV_g/CV_e) de 20 genótipos de soja, na geração F_2 , oriundos de cruzamentos biparentais entre genótipos de soja destinados a alimentação humana e soja que apresentam período juvenil longo. Brasília – DF, 2014.

Variância estimada	NDM	APM	AIV	NVP	RG
V_f (média)	45,33	67,46	1,27	200,19	9,54
V_e (média)	4,56	6,28	0,68	84,99	4,050
V_g (média)	40,77	61,17	0,59	115,21	5,49
h^2 (média)	0,90	0,91	0,46	0,57	0,57
CV_g	5,314	10,89	7,95	15,19	17,88
CV_g/CV_e	1,49	1,56	0,46	0,58	0,58

NDM: número de dias para a maturação; APM: altura de planta na maturação; AIV: altura da primeira vagem; NVP: número de vagem por planta e RG: rendimento de grãos por planta.

Os caracteres influenciados por poucos genes apresentam alta h^2 em gerações precoces, ocorrendo à fixação de tipos distintos em poucas gerações de autofecundação. Por isso, para esses caracteres, principalmente no que se refere ao NDM ($h^2= 0,90$) (que é influenciado por apenas dois genes) e APM ($h^2= 0,91$), pode-se fazer seleção em gerações precoces (F_2 ou F_3), facilitando a condução do programa de melhoramento que objetivam incorporar essas características.

Os coeficientes da relação CV_g/CV_e é uma informação extremamente relevante para o melhorista de plantas, pois quando atinge o valor 1,0 ou superior, indica uma situação muito favorável para a seleção. Os CV_g/CV_e apresentaram valores acima da unidade para as variáveis NDM (1,49) e APM (1,56) (Tabela 5). Sendo estas favoráveis à seleção fenotípica, em gerações precoces. Bizari et al. (2017) também obtiveram CV_g/CV_e acima da unidade para ambas características (NDM e AP).

A h^2 observada para AIV, NVP e RG foi de 0,46; 0,57 e 0,57 respectivamente (Tabela 5). E a razão CV_g/CV_e foi de 0,46 (AIV) e 0,58 (NVP e RG) sendo entretanto, abaixo de 1, isso reflete uma condição desfavorável a seleção, uma vez que a variância genética foi menor que a variância ambiental. Esses resultados divergem aos encontrados por Costa et al. (2008) em estudo de famílias de soja, na geração F_3 , os quais obtiveram valores acima da unidade para todas as características avaliadas incluído aquelas relacionadas a produtividade. Entretanto, a razão CV_g/CV_e obtida para as variáveis APM e RG, esta de acordo com resultados de Leite et al. (2016a).

Os valores mais baixos de h^2 foram encontrados para NVP, AIV e de RG por planta, indicando a alta influência de fatores ambientais sobre os mesmos.

A h^2 obtida para NVP e RG, nesta pesquisa, foi relativamente baixa, e estão de acordo com os resultados de Costa et al. (2008) que encontrou valores baixo para herdabilidade para a maioria das famílias dos cruzamentos obtidos na geração F_3 de soja. O baixo valor de h^2 para RG em geração precoce, na cultura da soja, ainda assemelhou aos obtidos por Bologna et al. (2014), Carvalho et al. (2009) e Leite et al. (2016a). Isso demonstra que a seleção para essas variáveis, principalmente RG, pode ser ineficiente nas primeiras gerações.

A correlação pode ocorrer quando um gene interfere na expressão de outros. Os coeficientes de correlação (r) podem ser classificados em função da magnitude dos seus valores, a saber: $r = 0$ (nula); $0 < |r| \leq 0,30$ (fraca); $0,30 < |r| \leq 0,60$ (média); $0,60 < |r| \leq 0,90$ (forte); $0,90 < |r| \leq 1$ (fortíssima) e $|r| = 1$ (perfeita) (Carvalho et al., 2004).

Na Tabela 6 encontram-se os dados referentes às correlações fenotípicas. Foram obtidas correlações positivas e significativas a $p < 0,01$, entre NDM x APM, APM x AIV, NVP x RG. As correlações entre NDM x APM e NV x RG apresentaram magnitude forte de 0,69 e 0,78 respectivamente. E magnitude mediana para a correlação entre APM x AIV. Leite et al. (2016b) também obtiveram correlações positivas e significativas para NDM x APM e APM x AIV, avaliando 23 genótipos de soja na geração F_6 . Correlação positiva e significativa também foram obtidas na cultura da soja por Dallastra et al. (2014).

Tabela 6. Estimativas de valores de correlação fenotípica entre características de 20 genótipos de soja, na geração F_2 , oriundos de cruzamentos biparentais entre genótipos de soja destinados a alimentação humana e soja que apresentam período juvenil longo. Brasília – DF, 2014.

	NDM	APM	AIV	NVP	RG
NDM	1	0,690**	0,301	-0,059	-0,188
APM	-	1	0,601**	-0,079	-0,280
AIV	-	-	1	-0,134	-0,211
NVP	-	-	-	1	0,780**
RG	-	-	-	-	1

** significativos a $p < 0,01$ pelo teste F.

NDM: número de dias para a maturação; APM: altura de planta na maturação; AIV: altura da primeira vagem; NVP: número de vagem por planta e RG: rendimento de grãos por planta.

Observou-se uma relação direta para NVP e RG, quanto maior o NVP maior foi o RG (Tabela 4). Essa constatação foi confirmada pela correlação (Tabela 6), onde o valor foi significativo a $p < 0,01$ (0,78). Resultados semelhante para correlação fenotípica entre NVP e RG também foram verificados por Leite et al. (2016a). De acordo ainda com esses autores, a causa para altas correlações positivas e significativas pode ser pela ocorrência de pleiotropismo, no qual um mesmo gene influencia na expressão de mais de um caráter, o que favoreceria a seleção simultânea de dois ou mais caracteres, pela seleção em apenas um destes.

De acordo com Dallastra et al. (2014), os componentes de produção parecem não afetarem sozinhos a produção de grãos, esses parecem ter participação conjunta; e as variáveis NVP e número de sementes por planta são as que mais afetam a produção. Follmann et al (2017) no estudo de soja verificaram que a altura de planta tem relação linear positiva com a produtividade de grãos e pode ser usada para seleção indireta de cultivares mais produtivas.

Diante destes resultados uma seleção indireta poderia ser vantajosa para características que correlacionam positivamente e significativamente entre si como NDM x APM, APM x AIV e NVP x RG.

Conclusões

As hibridações entre cultivares, com período juvenil longo e de cultivares destinada a alimentação humana, originaram grande variação no ciclo de maturação;

O cruzamento Amaralina x UFVTN105 apresenta maior probabilidade de selecionar para altura de plantas, enquanto o cruzamento UFVTN105 x M8867 apresenta maior frequência de recombinantes para produção de grãos.

Com base na herdabilidade e no quociente CV_g/CV_e a seleção por número de dias para maturação (NDM) e altura de plantas na maturação (APM) é efetiva na população segregante F_2 .

Correlações positivas e significativas de magnitude forte entre as variáveis NDM x APM e NVP x RG e de magnitude mediana entre AP x AIV, permitem seleção indireta na obtenção de genótipos de soja com alta produção de grãos por planta e com melhor sabor em gerações iniciais.

Literatura Citada

- Balbinot Junior, A.A.; Procópio, S.O.; Costa, J.M.; Kosinski, C.L.; Panison, F.; Debiassi, H.; Franchini, J.C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.5, p.2977-2986, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p2977>.
- Bizari, E.H.; Val, B.H.P.; Pereira, E.M.; Mauro, A.O.D.; Unêda-Trevisoli, S.H. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. *Revista Ciência Agronômica*, v.48, n.1, p.110-117, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170012>.
- Bologna, S.B.; Rojas, E.; Soldini, D.O.; Gilli, J.R.; Sequin, L.; Martínez Alvarez, D.L. Desarrollo de germoplasma de soja sin lipoxigenasas y factores antinutricionales. *BAG. Journal of Basic and Applied Genetics*, v.25, n.1, p.9-20, 2014. <http://www.scielo.org.ar/pdf/bag/v25n1/v25n1a02.pdf>. 17 Out. 2016.
- Carvalho, A.D.F.; Geraldi, I.O.; Santos, V.S. Evaluation of $F_{2:4}$ and $F_{4:6}$ progenies of soybeans and perspectives of using early generation testing for grain yield. *Bragantia*, v.68, n.4, p.857-861, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400005>.
- Carvalho, F.I.F.; Lorencetti, C.; Benin, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. *Pelotas*: Ed. Universitária da UFPel, 2004. 142 p.
- Charnai, K.; Mauro, A.O.D.; Santiago, S.; Vianna, V.F.; Revolti, L.T.M.; Costa, M.M. Estimates of genetic parameters in F4-F5 soybean populations resistant to Asian Soybean rust. *African Journal of Agricultural Research* v.9, n.15, p. 1200-1206, 2014. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8538>.
- Costa, M.M.; Di Mauro, A.O.; Unêda Trevisoli, S.H.; Arriel, N.H.C.; Bárbaro, I.M.; Silveira, G.D.; Muniz, F.R.S. Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. *Bragantia*, v.67, n.1, p.101-108, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000100012>.
- Costa, N.R.; Andreotti, M.; Ulian, N.A.; Costa, B.S.; Pariz, C.M.; Cavasano, F.A.; Filho, M.C.M.T. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.10, n.1, p.8-16, 2015. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a3842>.
- Cruz, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.35, n.3, p.271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.
- Dallastra, A; Uneda-Trevisoli, S.H.; Ferraudo, A.S.; Di Mauro, A.O. Multivariate approach in the selection of superior soybean progeny which carry the RR gene. *Revista Ciência. Agronômica*, v.45, n.3, p.588-597, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000300021>.
- Destro, D.; Faria, A.P.; Destro, T.M.; Faria, R.T.; Gonçalves, L.S.A.; Lima, W.F. Food type soybean cooking time: a review. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.13, n.13, p.194-199, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332013000300007>.
- Faria, L.A.; Peluzio, J.M.; Santos, W.F.; Souza, C.M.; Colombo, G.A.; Afférrri, F.S. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.13, n.2, e5518, 2018. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i2a5518>.
- Ferreira Júnior, J.A.; J.; Unêda-Trevisoli, S.H.; Espíndola, S.M.C.G.; Vianna, V.F.; Mauro, A.O.D. Diversidade genética em linhagens avançadas de soja oriundas de cruzamentos biparentais, quádruplos e óctuplos. *Revista Ciência Agronômica*, v.46, n.2, p.339-351, 2015. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150013>.
- Follmann, D.N.; Filho, A.C.; Souza, V.Q.; Nardino, M.; Carvalho, I.R.; Demari, G.H.; Ferrari, G.; Pelegrin, A.J.; Szareski, V.J. Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. *Revista de Ciências Agrárias*, v.40, n.1, p.213-221, 2017. <https://doi.org/10.19084/RCA16027>.
- Hamawaki, O.T.; Sousa, L.B.; Romanato, F.N.; Nogueira, A.P.O.; Júnior, C.D.S.; Polizel, A.C. Genetic parameters and variability in soybean genotypes. *Comunicata Scientiae*, v.3, n.2, p.76-83, 2012. <https://doi.org/10.14295/CS.v3i2.192>.
- Leite, W.S.; Pavan, B.E.; Filho, C.H.A.M.; Neto, F.A.; Oliveira, C.B.; Feitosa, F.S. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agrônômicos em linhagens F8 de soja. *Comunicata Scientiae*, v.7, n.3, p.302-310, 2016a. <https://doi.org/10.14295/CS.v7i3.1176>.
- Leite, W.S.; Unêda-Trevisoli, S.H.; Grolí, E.L.; Azevedo, C.V.G.; Val, B.H.P.; Bizari, E.H.; Silva, F.M.; Mauro, A.O.D. Agronomic performance and path analysis of roundup ready and conventional soybean from two-way crosses in the northwestern of São Paulo, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.45, p.4584-4593, 2016b. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11700>.
- Malek, M.A.; Rafii, M.Y.; Afroz, M.S.S.; Nath, U.K.; Mondal, M.M.A. Morphological characterization and assessment of genetic variability, character association, and divergence in soybean mutants. *Scientific World Journal*, v.2014, Article ID 968796, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/968796>.
- Matsuo, E.; Sedyama, T.; Cruz, C.D.; Oliveira, R.C.T.; Cadore, L.R. Estimates of the genetic parameters, optimum sample size and conversion of quantitative data in multiple categories for soybean genotypes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.34, n.3, p.265-273, 2012. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v34i3.14015>.
- Santos, E.R.; Barros, H.B.; Ferraz, E.C.; Cella, A.J.S.; Capone, A.; Santos, A.F.; Fidelis, R.R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. *Revista Ceres*, v.58, n.6, p.755-764, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600012>.
- Spehar, C.R.; Francisco, E.R.; Pereira, E.A. Yield stability of soybean cultivars in crop seasons and sowing dates at low latitude Brazilian Savannah Highlands. *Journal of Agricultural Science*, v.153, n.6, p.1059-1068, 2014. <https://doi.org/10.1017/S0021859614000781>.
- St Martin, S.K.; Xie, F.; Zhang, H.; Zhang, W.; Song, X. Epistasis for quantitative traits in crosses between soybean lines from China and the United States. *Crop Science*, v.49, p.20-28, 2009. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.06.0379>.
- Tavares, L.C.; Rufino, C.A.; Brunos, A.P.; Tunes, L.M.; Barros, A.C.S.A.; Peske, S.T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F_1 . *Ciência Rural*, v.43, n.8, p.1357-1363, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000800003>.

- Torres, F.E.; David, G.V.; Teodoro, P.E.; Ribeiro, L.P.; Correa, C.G.; Júnior, R.A.L. Desempenho agrônomico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja *Revista de Ciências Agrárias*, v.38, n.1, p.111-117, 2015. http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2015000100016&lng=pt&nrm=iso. 16 Out. 2016.
- Vasconcelos, E.S.; Reis, M.S.; Sedyama, T.; Cruz, C.D. Produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.3, p.1203-1214, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1203>.