

BRUNO ERMELINDO LOPES GOMES

**SELEÇÃO DE GENITORES DE SOJA PARA PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS E PRECOCIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

G633s
2018
Gomes, Bruno Ermelindo Lopes, 1992-
Seleção de genitores de soja para produtividade de grãos e
precocidade / Bruno Ermelindo Lopes Gomes. – Viçosa, MG,
2018.

xi, 29 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Leonardo Lopes Bhering.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Diversidade genética. 2. Cruzamento (Genética). 3.
Glycine max - Seleção. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Biologia Geral. Programa de Pós-Graduação
em Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 581.35

BRUNO ERMELINDO LOPES GOMES

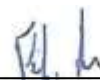
**SELEÇÃO DE GENITORES DE SOJA PARA PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS E PRECOCIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 6 de julho de 2018.



Renato Domiciano Silva Rosado



Felipe Lopes da Silva
(Coorientador)



Leonardo Lopes Bhering
(Orientador)

A Deus, que a todo momento me guiou e deu forças para seguir na árdua caminhada dos estudos.

OFEREÇO

Aos meus pais, que desde pequeno ensinaram a valorizar as coisas simples da vida e, à exemplo de si mesmo, jamais desistir de um objetivo. Também, por nunca pouparem esforços em oferecer este bem tão precioso que é o conhecimento.

A minha irmã, que desde pequeno me acompanha e deu suporte nos dias difíceis desta caminhada.

Aos meus avós, pelo exemplo de pessoas íntegras e perseverantes que sempre foram.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais Joana Darque Lopes Gomes e Waltruir João Gomes, por todos ensinamentos e esforços imensuráveis sempre que necessário.

A minha irmã Cássia Aparecida Soares Freitas por estar sempre ao meu lado, apoiando, se entristecendo e também alegrando a cada novo acontecimento da vida.

Ao grande amigo e também orientador Dr. Leonardo Lopes Bhering, pelos ensinamentos, exemplo de profissional e apoio sempre.

Ao professor e coorientador Dr. Felipe Lopes da Silva pelos ensinamentos passados e, por abrir as portas do programa Soja – UFV para mim.

Ao Professor, grande amigo e coorientador Dr. Paulo Eduardo Teodoro, por todo suporte oferecido neste período, um exemplo de perseverança, profissionalismo e humildade a ser lembrado sempre.

A todos os amigos, estagiários e funcionários do programa Soja – UFV, em especial ao Sr. Cupertino, o qual foi fundamental para o desenvolvimento de minha pesquisa.

A todos os amigos do Laboratório de Biometria, pelos momentos de descontração e companheirismo ao longo destes cinco anos.

Aos amigos Rodolfo Serafim Réboli e Matheus Caetano Luz por todo apoio e motivação, mesmo que distantes.

A Universidade Federal de Viçosa, por todos momentos passados nestes últimos setes anos, todos conhecimentos e amizades conquistadas.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, campo Chapadão do Sul, professores, funcionários e amigos, por acolher a mim de portas abertas durante a fase de condução experimental.

Também, a todos os demais que não foram mencionados, mas, que em algum ou vários momentos estiveram juntos a mim contribuindo cada um a seu modo, meu muito obrigado.

*“(...) Dias melhores virão
Serão melhores seus dias
Se acaso dormir chorando
Sonha com a alegria
O sol nasceu para todos
Sua luz nos vem de graça
Se passa o que é bom
O que é ruim também passa.”*

*José das Dores
Fernandes (Zé Mulato)*

BIOGRAFIA

BRUNO ERMELINDO LOPES GOMES, filho de Waltruir João Gomes e Joana Darque Lopes Gomes, nasceu em Viçosa/MG, no dia 15 de dezembro de 1992.

Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa em fevereiro de 2011, concluindo o curso em julho de 2016.

Em agosto de 2016 ingressou no Mestrado em Genética e Melhoramento Vegetal na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em julho de 2018.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
Condução do experimento	4
Análises estatísticas	6
RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
Análise de diversidade genética entre os genitores	9
Análise dialéctica.....	13
CONCLUSÕES	22
BIBLIOGRAFIA	24

RESUMO

GOMES, Bruno Ermelindo Lopes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Seleção de genitores de soja para produtividade de grãos e precocidade.** Orientador: Leonardo Lopes Bhering. Coorientadores: Felipe Lopes da Silva e Paulo Eduardo Teodoro.

A participação da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diversos setores agrícolas e industriais, posicionam o grão como um dos principais agentes da balança comercial brasileira. Tal fato é reflexo do progresso genético sobre a expansão da cultura pelo país nas últimas décadas. Deste modo, tendo em vista a importância do desenvolvimento de cultivares mais precoces e produtivas, o presente trabalho tem como objetivo a identificação de genitores e cruzamentos potenciais para o desenvolvimento de um programa de melhoramento que atenda à esta demanda. As hibridações e condução das F1's foram conduzidas em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa entre outubro de 2016 e julho de 2017. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições por tratamento. Foram avaliados os caracteres: dias para floração (FLR, dias), dias para maturação (MAT, dias), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), diâmetro do hipocótilo (DHL, milímetros), altura de planta na maturação (AM, centímetros), número de vagens (NV), número de nós por planta (NNP), número de hastes laterais (NHL), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos (PROD). O estudo contou com sete cultivares comerciais, sendo eles: BMX Prisma IPRO, BMX Bônus IPRO, BMX Flecha IPRO, M 7739 IPRO, BMX Ponta IPRO, DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO os quais foram submetidos a estudos de diversidade genética. Para a análise dialélica, adotou-se o modelo referente a dialelos parciais em um esquema 4 x 3. A distância generalizada de Mahalanobis demonstrou os genótipos BMX Prisma IPRO e BMX Bônus IPRO formaram o par mais similar e, BMX Flecha IPRO e BMX Bônus IPRO o par mais divergente, sendo a variável número de dias para florescimento a que mais contribuiu para a diversidade. Quanto a análise de agrupamento, foram formados três grupos, o primeiro composto pelos cultivares BMX Bônus IPRO, BMX Flecha IPRO e M 7739 IPRO; o grupo dois por: DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO e o BMX Ponta IPRO e o terceiro grupo pelo cultivar BMX Prisma IPRO. Foram encontrados efeitos significativos da capacidade geral de combinação (CGC) para as variáveis: MAT, ATFL, NV e PROD no grupo I e FLR, ATFL, AM e MAT do grupo II. Para a estimativa das capacidades específicas (CEC) entre grupos foram encontrados efeitos significativos para as variáveis

AM, NGP e PROD. Os resultados permitem indicar os genitores BMX Prisma IPRO, BMX Ponta IPRO e M7739 IPRO como portadores de alelos favoráveis para o estabelecimento do programa de melhoramento, sendo estes resultados concordante com o esperado com base na diversidade genética. Os cruzamentos: BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO, BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO e BMX Ponta IPRO x M 7739 IPRO por apresentarem elevadas médias e estimativas de CEC, são indicados como promissores para o estabelecimento de um programa de melhoramento.

ABSTRACT

GOMES, Bruno Ermelindo Lopes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Selection of soybean parents for grain productivity and precocity.** Adviser: Leonardo Lopes Bhering. Co-advisers: Felipe Lopes da Silva and Paulo Eduardo Teodoro.

The participation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in several agricultural and industrial sectors, positions the grain as one of the main agents of the Brazilian trade balance. This fact reflects the genetic progress of the country's expansion of culture in recent decades. Thus, in view of the importance of the development of earlier and more productive cultivars, the present work aims at the identification of potential parents and crosses for the development of an improvement program that meets this demand. Hybridization and conduction of the F1's were conducted in a greenhouse at the Federal University of Viçosa between October 2016 and July 2017. The experimental design was a randomized block design with three replicates per treatment. Flowering days (FLR, days), maturity days (MAT, days), flowering plant height (ATFL, centimeters), hypocotyl diameter (DHL, millimeters), plant height at maturity, number of grains per plant (NGP), number of grains per pod (NGV), grain yield (NGP), number of nodes per plant (NNP), number of lateral stems (PROD). The study consisted of seven commercial cultivars: BMX Prisma IPRO, BMX Bônus IPRO, BMX Flecha IPRO, M 7739 IPRO, BMX Ponta IPRO, DM 6563 IPRO and SYN 13671 IPRO, which were submitted to genetic diversity studies. For the diallel analysis, we adopted the model for partial dials in a 4 x 3 scheme. The generalized distance of Mahalanobis demonstrated the BMX Prisma IPRO and BMX Bonus IPRO genotypes formed the most similar pair and, BMX Flecha IPRO and BMX Bonus IPRO the pair more divergent, being the variable number of days for flowering that contributed most to the diversity. Regarding the grouping analysis, three groups were formed, the first composed by the cultivars BMX Bonus IPRO, BMX Flecha IPRO and M 7739 IPRO; group two by: DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO and the BMX Ponta IPRO and the third group by the cultivar BMX Prisma IPRO. There were significant effects of the general combining ability (CGC) for the variables: MAT, ATFL, NV and PROD in group I and FLR, ATFL, AM and MAT of group II. For the estimation of specific capacities (CEC) between groups, significant effects were found for AM, NGP and PROD. The results allow to indicate the BMX Prisma IPRO, BMX Ponta IPRO and M7739 IPRO parents as carriers of favorable alleles for the establishment of breeding program, these results being in agreement with the expected ones based on the genetic diversity. Crossroads: BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO, BMX Ponta IPRO x

BMX Bônus IPRO and BMX Ponta IPRO x M 7739 IPRO for presenting high averages and CEC estimates are indicated as promising for the establishment of an improvement program.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma espécie autógama, pertencente ao gênero *Glycine*, família Fabaceae (Hymowitz, 1970; Judd et al., 2009). É originária da China e seu cultivo no Brasil iniciou-se na Bahia por volta de 1882 sem grande sucesso por suas exigências fisiológicas. Em 1914, uma nova tentativa de introduzir a cultura no sul do país marcou o início de uma trajetória de sucesso para a cultura. O potencial da cultura e apoio financeiro de políticas voltadas ao aquecimento da econômico, viabilizaram o início da pesquisa no que tange o melhoramento da cultura para as condições daquele ambiente (Mattos, 1987; Sedyama, 2009; Silva et al., 2017).

Os resultados obtidos pela pesquisa, possibilitaram uma rápida expansão da soja para as diversas regiões do Brasil. Eventos como a descoberta do chamado “gene do período juvenil longo” somado a outros fatores, possibilitaram que a cultura ganhasse o cerrado alavancando ainda mais a produção do grão. Atualmente, a soja compõe o cenário agrícola como carro chefe da safra de verão (primeira safra), estando diretamente correlacionada com a segunda safra, também conhecida como safrinha (CONAB, 2018; Kiihl & Garcia, 1989).

A segunda safra, praticada na maioria das regiões produtoras de soja, impõe algumas restrições aos produtores, muitas por consequência do regime pluviométrico existente em cada área de cultivo. Quando analisado o início do período chuvoso, o fim do vazio sanitário e a janela de plantio da segunda safra, fica clara a demanda por cultivares que atendam as condições de abertura da safra e possuam um ciclo adequado (Braccini et al., 2004; Meotti et al., 2012; Peixoto et al., 2000)

Todo empenho envolvido ao longo destes anos possibilitou que o Brasil se tornasse o grande produtor do grão que é. Nos últimos 17 anos, a produção de grãos saltou

de 38 milhões em 2000/2001 para pouco mais de 114 milhões em 2016/2017. Tais resultados são atribuídos prioritariamente ao melhoramento genético e práticas fitotécnicas adequadas, aliadas a abertura de novas áreas (CONAB, 2017; Martins et al., 2005; USDA, 2017). Contudo, a produtividade brasileira ainda pode ser incrementada quando comparada aos Estados Unidos, maior produtor mundial de soja.

A base dos programas de melhoramento, é fundamentada na grande maioria das vezes em selecionar e recombinar cultivares. Esta estratégia, apoiada por um aparato técnico e teórico de métodos, ainda é a maneira mais eficiente de crescer ou decrescer a média dos caracteres agronômicos nas espécies cultivadas. Assim, é possível que seja realizada a identificação de cultivares produtivas e precoces para as diferentes regiões do Brasil, sendo esta uma das principais estratégias para consolidar o país como principal produtor mundial desta oleaginosa. Por este motivo, a escolha correta dos genitores em um programa de melhoramento é essencial (Borém, 2005; Borém & Miranda, 2013; Silva et al., 2017).

Na literatura, estudos demonstram que, possivelmente, a variabilidade genética existente entre os cultivares de soja adaptados para as condições climáticas brasileiras é relativamente baixa e sofre ainda, um frequente processo de afinamento. Este fato, reforça a importância do uso de metodologias de cunho preditivo, para que possa ser realizada a caracterização e capitalização da variabilidade existentes entre os materiais, e nos cruzamentos, e conseqüentemente, também nas populações segregantes (MIRANDA et al., 2007).

Analisar a diversidade genética de um conjunto de cultivares com base em diferentes caracteres é uma forma preditiva para escolha dos genitores. Os genitores são escolhidos com base em sua diversidade e comportamento *per se*. Estas metodologias permitem planejar cruzamentos entre genitores ou grupos de genitores que proporcionem

na sua progênie elevado efeito heterótico, permitindo a obtenção de populações com ampla variabilidade (Cruz et al., 2011).

Outra estratégia amplamente utilizada para escolha de genitores no melhoramento de espécies autógamas é a de cruzamentos dialélicos proposta por Griffing (1956). O autor, descreveu quatro modelos que permitem avaliar diferentes arranjos de cruzamentos para um grupo de genitores, sendo eles: método 1, cruzamento entre p^2 genitores, que leva em consideração os híbridos F1's, seus recíprocos e genitores; método 2, entre $p(p+1)/2$ genitores, sem que sejam incluídos os híbridos recíprocos; método 3, $p(p-1)$ genitores, sem que seja consideradas as autofecundações; método 4, $p(p-1)/2$ que não considera os genitores e os híbridos recíprocos, em que p é o número de genitores envolvidos.

Uma modificação neste trabalho é apresentada por Geraldi & Miranda Filho (1988) onde são realizados todos os possíveis cruzamentos entre um grupo de n indivíduos e outro de tamanho p , sendo obtidas as np combinações híbridas. A modificação apresentada, denominada dialelo parcial, é uma forma prática de avaliar um maior número de genitores. Outra possibilidade obtida com a utilização de dialelos parciais é estabelecer cruzamentos entre grupos de genitores ou grupos de genitores distintos.

A análise dialélica é uma eficiente ferramenta na determinação de futuros cruzamentos e populações segregantes para prática da seleção. Nesta análise, a escolha dos genitores é feita com base em parâmetros genéticos que permitem inferir sobre a concentração de alelos favoráveis dos genitores e, desvios de dominância apresentados nas populações. Estas estimativas são divididas em capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação. A CGC mede o desempenho *per se* dos genitores como doadores de alelos favoráveis, ou seja, dos desvios aditivos. Para recomendação das populações,

objetiva-se identificar cruzamentos que envolva genitores de elevada capacidade geral de combinação e também uma elevada capacidade específica (CEC), tendo esta estimativa, relação direta entre os desvios de dominância ou efeitos não aditivos (Borém & Miranda, 2013; Cruz, 2005; Cruz et al., 2012).

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram (i) determinar a diversidade genética existente entre cultivares comerciais de soja pertencentes a diferentes grupos de maturidade fisiológica; (ii) identificar progenitores e cruzamentos que apresentem potencial para o estabelecimento de um programa de melhoramento visando elevada produtividade de grãos e precocidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Condução do experimento

Para obtenção das populações F1's avaliadas neste trabalho, adotou-se um delineamento dialélico parcial incluindo genitores e híbridos como descrito por Geraldini & Miranda Filho (1988). Os ciclos referentes ao bloco de cruzamento e condução das plantas híbridas foram realizados entre os meses de outubro de 2016 e julho de 2017, em casa de vegetação pertencente ao Programa Soja do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

O ciclo inicial, identificado como realização das hibridações, ocorreu entre outubro de 2016 e janeiro de 2017. Foram utilizados 11 genitores IPRO – Intacta RR2 PRO, em um esquema dialélico 7 x 4. Esta tecnologia aprovada para cultivo no Brasil em 2013, proveem aos cultivares resistência a pragas como a lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*), lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*) dentre outras e também a herbicidas como Glifosato (MONSANTO, 2016).

Foram selecionados cultivares de soja com elevada produtividade adaptados as diferentes regiões brasileiras, cujos grupos de maturidade relativa variam entre 6.2 e 7.9.

Posteriormente, estes genótipos foram agrupados em duas classes, dando origem a um grupo de genitores com flores roxas (utilizados como genitores masculinos) e outro de flor branca (genitores femininos). Buscando evitar a incompatibilidade entre períodos reprodutivos, foi adotado o plantio escalonado, onde cultivares pertencentes a faixas de maturidade mais altas foram primeiramente semeados que os adaptados as regiões de maiores latitudes. Para aumentar o número de sementes por cruzamento e evitar a perda de combinações, o plantio foi repetido em três épocas, espaçadas três dias entre si.

Dos cruzamentos, foram obtidas sementes híbridas (populações) para 12 dos 28 cruzamentos planejados, de modo que o dialelo inicial 7 x 4 se reduziu para um delineamento balanceado geneticamente 4 x 3 como demonstra a Tabela 1. A geração F1 foi conduzida entre os meses de fevereiro e julho de 2017 sobre delineamento de blocos ao acaso com 3 repetições, incluindo os genitores como testemunhas.

Tabela 1. Cultivares: BMX Prisma IPRO, BMX Bônus IPRO, BMX Flecha, M 7739 IPRO, BMX Ponta IPRO, DM 6563, SYN 13671 IPRO utilizadas como genitores em cada grupo e suas respectivas características específicas: cor da flor, cor do hipocótilo, grupo de maturidade fisiológico (GMR) e número referente ao genótipo no experimento (NG).

Cultivar	Cor da flor	Cor do hipocótilo	GMR
Genitores Masculinos (Grupo I)			
BMX Prisma IPRO	Roxa	Roxo	7.5
BMX Bônus IPRO	Roxa	Roxo	7.9
BMX Flecha IPRO	Roxa	Roxo	6.6
M 7739 IPRO	Roxa	Roxo	7.7
Genitores Femininos (Grupo II)			
BMX Ponta IPRO	Branca	Verde claro	6.9
DM 6563 IPRO	Branca	Verde claro	6.3
SYN 13671 IPRO	Branca	Verde claro	6.7

Foram avaliados 11 caracteres referentes aos componentes vegetativos e produtivos. No estágio fenológico R1 – início da floração, foram tomadas medidas das plantas individuais para os seguintes caracteres: dias para florescimento (DPF) medido a partir do estágio vegetativo (VE) que compreende a diferença entre a data de emergência e a de florescimento, altura da planta no florescimento (AF) em centímetros, a qual é tomada da base da planta até o meristema apical. Já na ocasião da maturação, conforme as plantas atingirem o estágio fenológico R8 como descreve Fehr & Caviness (1977), foram tomadas medidas das plantas individuais para: dias para maturação (DPM), medidos a partir de VE, diâmetro do hipocótilo (DHP) em mm, medido dois centímetros abaixo do nó cotiledonar, altura na maturação (AM) em cm, número de vagens (NV), número de grãos por vagem (NGV), número de nós na haste principal (NN), número de hastes laterais (NH), número de grãos por planta (NG) e massa de grãos por planta (PROD) em gramas.

Análises estatísticas

Análise de variância e agrupamento de médias

Os dados foram submetidos a análise de variância e os efeitos testados pelo teste F a 5% de significância. Foram também realizados teste de agrupamento de média Scott-Knott a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas com auxílio do Software Genes (Cruz, 2013) e Rbio (Bhering, 2017).

Os resultados da análise de variância foram obtidos segundo o modelo abaixo.

$$Y_{ij} = \mu + B_j + G_i + e_{ij}$$

em que: Y_{ij} é a observação no j-ésimo bloco, avaliada no i-ésimo genótipo; μ é a média geral dos experimentos; B_j é o efeito do bloco j-ésimo bloco considerado como efeito

aleatório; G_i é o efeito do i -ésimo genótipo considerado como aleatório; e_{ij} é o erro aleatório associado à observação Y_{ij} .

Precisão experimental

Para mensuração da precisão experimental, foram utilizadas o coeficiente de variação experimental e a acurácia seletiva como mencionado por Resende & Duarte (2007).

O cálculo da acurácia sugerido por Resende (2002) e (Resende, 2002; Resende & Duarte (2007)) contempla não apenas o número de repetições e a variação residual, mas também a relação existente entre variação de origem genética e residual da característica. As estimativas são obtidas por meio dos modelos:

$$\hat{r}_{gg} = (1-1/F)^{1/2}$$
$$CV_e = \frac{\sqrt{QMR}}{m} \times 100$$

em que: \hat{r}_{gg} é a acurácia experimental; F obtido pela análise de variância; CV_e é o coeficiente de variação experimental; QMR é o quadrado médio do resíduo.

Análise de diversidade genética entre os genitores

Após realizada a análise de variância, foi utilizada como medida de dissimilaridade a distância de Mahalanobis em conjunto com o método de otimização de Tocher otimizado (Rao, 1952) como mencionado por Cruz et al. (2011) e avaliada a contribuição relativa dos caracteres para diversidade como descrito por Singh (1981). O modelo utilizado para cálculo da medida de dissimilaridade é descrito a seguir:

$$D^2_{ii'} = \delta' \Psi^{-1} \delta$$

em que: δ é o vetor dos desvios entre os valores médios dos genitores em relação as variáveis estudadas ($\delta' = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_v]$, sendo $d_j = Y_{ij} - Y_{i'j}$) e Ψ é a matriz das variâncias e covariâncias residuais.

Análise dialélica

O quadrado médio de tratamento foi nas somas de quadrados da capacidade geral de cada grupo e capacidade específica, conforme proposto por Geraldi & de Miranda Filho (1988), incluindo progenitores e F1's.

Foi utilizado o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g_j + S_{ij} + e_{ij}$

Em que:

Y_{ij} : média do cruzamento entre o i-ésimo genitor do grupo 1 com o i-ésimo genitor do grupo 2;

μ : média geral;

g_i : efeito devido a capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo 1;

g_j : efeito devido a capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo 2;

d_1 e d_2 são os contrastes envolvendo médias dos grupos 1 e 2;

S_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação do cruzamento entre os genitores i e j;

e_{ij} : erro experimental associado às médias de cruzamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de diversidade genética entre os genitores

O resultado da análise de variância (ANOVA) realizada com os genitores está apresentado na Tabela 2. A variância genética dos tratamentos foi significativa ($p < 0,01$) para as características: número de dias para florescimento (FLR), altura no florescimento (DHP), diâmetro do hipocótilo (DHP), altura na maturação (AM), número de vagens (NV), número de nós por planta (NNP), número de hastes laterais (NHL) e produção de grãos (PROD). Esta diferença permite inferir sobre a existência de variabilidade genética para os caracteres. Para NGV e NNP não foram obtidos valores significativos para os tratamentos (Tabela 2).

A precisão experimental foi mensurada via coeficientes de variação experimental e também via acurácia proposta por Resende & Duarte (2007). Foram observados valores para coeficientes de variação entre 5.40% para número de dias para floração (FLR) e 31.45 % para número de vagens (NHL), sendo classificados como de boa precisão experimental (Ramalho et al., 2012). Quanto aos valores da acurácia, os mesmos foram classificados como: muito alta (acima de 0.9) para FLR, ATFL, DHP, AM, NV, NGP e PROD e alta para (acima de 0.7) MAT, NNP, NHL, NGV (Resende & Duarte, 2007).

Tabela 2. Resumo da análise de variância e respectivos quadrados médios para as características: dias para floração (FLR), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), diâmetro do hipocótilo (DHL, milímetros), altura de planta na maturação (AM, centímetros), número de vagens (NV), número de nós por planta (NNP), número de hastes laterais (NHL), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos (PROD, gramas) para genótipos de soja conduzidos em Viçosa, MG, no período de fevereiro a julho de 2017.

FV	GL	FLR	MAT	ATFL	DHP	AM	NV
Blocos	2	1.86	198.43	89.61	0.18	814.43	32.33
Genótipos	6	172.19**	408.52**	203.52**	1.97**	1057.76**	278.19**
Resíduo	12	3.69	78.10	23.27	0.32	130.76	31.50
Média		35.57	125.43	32.93	6.46	63.14	22.24
Acurácia		0.99	0.89	0.92	0.90	0.90	0.94
CV(%)		5.40	7.05	14.65	8.82	18.11	25.24

FV	GL	NNP	NHL	NGP	NGV	PROD
Blocos	2	7.48	1.76	116.33	0.02	3.00
Genótipos	6	7.93 ^{ns}	9.93**	1495.38**	0.2462 ^{ns}	56.71**
Resíduo	12	3.37	1.65	111.50	0.08	1.58
Média		14.38	2.95	48.62	2.18	6.92
Acurácia		0.71	0.88	0.96	0.76	0.99
CV(%)		12.76	43.52	21.72	13.21	18.14

^{ns}, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F; GL: graus de liberdade; FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação.

O par mais divergente foi composto pelos cultivares BMX Bônus IPRO e BMX Flecha IPRO (1151.85). A amplitude encontrada para divergência, a princípio, permite inferir sobre uma ampla variabilidade no que diz respeito aos genitores envolvidos, a qual é condicionada pela expressão diferencial de genes em ambientes em que são avaliados (Silva, 2016).

Tabela 3. Dissimilaridade obtida para os cultivares: BMX Prisma IPRO (1), BMX Bônus IPRO (2), BMX Flecha IPRO (3), M 7739 IPRO (4), BMX Ponta IPRO (5), DM 6563 IPRO (6), SYN 13671 IPRO (7); estudados por meio da distância de Mahalanobis,

	1	2	3	4	5	6
2	1151.86					
3	1059.13	14.92				
4	926.83	138.51	136.81			
5	517.42	248.53	216.83	379.81		
6	253.76	514.62	445.52	576.57	79.83	
7	364.07	439.41	381.53	545.87	33.68	27.38

Porém, os resultados obtidos por este estudo de diversidade genética, evidenciaram que a variância existente entre indivíduos pertencentes a uma mesma detentora, pode agrupá-los em diferentes grupos para os caracteres avaliados (Tabela 4). Conclusões apresentadas por Priolli et al. (2004), analisando a diversidade genética

existente entre e dentro de programas de melhoramento reforçam o padrão de agrupamento encontrado no presente estudo, os autores relatam que existe uma maior porção da variabilidade dentro dos programas que entre programas.

O resultado do agrupamento obtido pelo método de Tocher é apresentado na Tabela 4. Os dados obtidos demonstram haver três grupos, sendo o primeiro composto pelos cultivares BMX Bônus IPRO, BMX Flecha IPRO e M 7739 IPRO; o grupo dois – pelos cultivares DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO e BMX Ponta IPRO; e o último pelo cultivar BMX Prisma IPRO.

Tabela 4. Agrupamento obtido para os 11 genótipos pelo método de otimização de Tocher aplicado aos para as características: dias para floração (FLR, dias), dias para maturação (MAT, dias), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), diâmetro do hipocótilo (DHL, milímetros), altura de planta na maturação (AM, centímetros), número de vagens (NV), número de nós por planta (NNP), número de hastes laterais (NHL), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos (PROD, gramas) para 12 populações e seus respectivos genitores conduzidos em Viçosa, MG, no período de fevereiro a julho de 2017.

Grupo	Genótipos
I	BMX Bônus IPRO, BMX Flecha IPRO, M 7739 IPRO
II	DM 6563IPRO, SYN 13671 IPRO, BMX Ponta IPRO
III	BMX Prisma IPRO

Miranda et al. (1981) e Miranda et al. (2007) realizaram estudos baseados em coeficiente de parentesco para avaliar a base genética de cultivares de soja recomendadas para as diversas condições ambientais brasileiras. Os autores relatam que as cultivares existentes, de modo geral, possuem elevado índice de similaridade genética. O resultado em resposta ao intenso uso de genótipos portadores de genes de resistência a doenças e patógenos incluídos nos diversos programas de melhoramento é a redução da distância genética entre as cultivares comerciais.

Na Figura 1 é apresentada a contribuição dos caracteres (nove) cujos efeitos foram significativos ($p < 0.01$) para a análise de variância nove características avaliadas para a diversidade genética, segundo a metodologia de Singh (1981) baseado na distância generalizada de Mahalanobis. A variável que mais contribuiu para a diversidade genética foi PROD, tendo contribuído com 44.54%, seguida de NV (24.86%) e FLR (22.24%). As variáveis AM, NHL, MAT e DHP apresentaram contribuição menor que 5%, ATFL e NGP apresentaram valores nulos de contribuição para as características. Cruz et al. (2011) sugerem o descarte de variáveis cuja contribuição foi nula, quando esta não altera o padrão de contribuição existente. No presente trabalho, embora as características ATFL e NGP não apresentaram contribuição para diversidade, o descarte não é indicado, visto houve modificação no padrão de importância quando aplicado o critério.

Arantes Ferreira Júnior et al. (2015) e Almeida et al. (2011), a fim de quantificar a diversidade genética em uma série de genótipos, utilizaram conjunto de características semelhantes ao deste trabalho. Os resultados dos autores demonstraram que as características associadas ao ciclo, como número de dias para florescimento e para maturação e, os associados a produção foram as variáveis que mais contribuíram para a diversidade genética. Neste estudo de diversidade, as características dias para florescimento e produção de grãos foram, nesta sequência, as que mais contribuíram para a diversidade. Em contrapartida, dias para maturação foi uma das que apresentaram menor contribuição, não concordando totalmente com os autores. Porém, por se tratar de genótipos adaptados a diferentes condições edafoclimáticas, uma maior contribuição foi relatada para FLR.

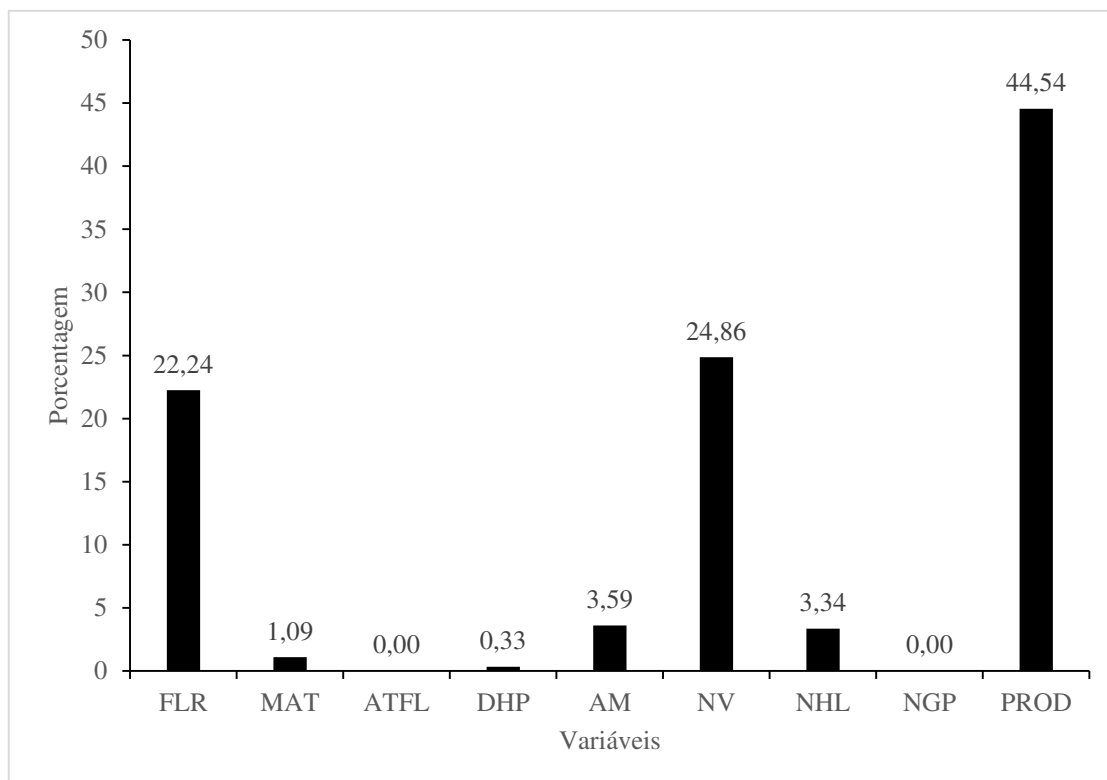


Figura 1: Contribuição relativa das variáveis dias para floração (FLR, dias), dias para maturação (MAT, dias), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), diâmetro do hipocótilo (DHL, milímetros), altura de planta na maturação (AM, centímetros), número de vagens (NV), número de nós por planta (NNP), número de hastes laterais (NHL), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos (PROD, gramas) para diversidade genética obtida pela metodologia de Singh (1981).

Análise dialélica

A análise de variância dialélica contendo os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) estão contidas nas Tabela 5. Para a CGC do grupo I houve efeitos significativos para os caracteres MAT, ATFL, NV, NGP e PROD. Para as estimativas da CGC do Grupo II, os caracteres FLR, ATFL, AM e MAT foram significativos. A obtenção das estimativas de CGC e CEC permitem ainda que o pesquisador faça inferências sobre a predominância dos efeitos alélicos existentes na população (Cruz, 2005; Sprague & Tatum, 1942).

Para Resende & Duarte (2007) a avaliação da qualidade experimental realizada com base no coeficiente de variação experimental pode não evidenciar estimativas

confiantes. O autor propõe o uso da acurácia seletiva, parâmetro que leva em consideração não apenas a magnitude residual e o número de repetições, mas também a proporção entre as variações de natureza genética e residual para o estudo. Entre as classes empregadas pelo autor para mensurar a qualidade experimental, foi possível classificar a qualidade experimental como alta (MAT, ATFL, DHP, NV, NHL, NGP, PROD) e muito alta (FLR, AM) e moderada para as características não significativas NNP e NGV.

Pela análise do coeficiente de variação experimental, é possível concluir que o experimento apresentou boa qualidade, uma vez que os valores foram inferiores a 20% ou ligeiramente superiores a estes como sugerido por Ramalho et al. (2012). Porém, em função do número de repetições utilizados, esta estimativa pode não ser representativa da qualidade experimental real, como sugere Resende & Duarte (2007) e Resende (2002). Os valores obtidos para a acurácia seletiva variaram entre 0.65 e 0.94. Para as características FLR e AM esta foi classificada como muito alta (maior que 0.9); alta (entre 0.7 e 0.9) para MAT, ATFL, NV, NHL, NGP, PROD; e moderada (entre 0.5 e 0.7) para NNP e NGV, não tendo estas duas apresentado efeitos significativos para tratamento. Deste modo, por sua relevância, a acurácia seletiva como parâmetro de qualidade experimental vem sendo cada vez mais difundida e qualificada como ideal para o propósito quando comparada ao coeficiente de variação experimental, como demonstra a literatura (Follmann et al., 2017; Storck et al., 2010; Storck & Dalfollo Ribeiro, 2011).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as características: dias para floração (FLR), dias para maturação (MAT, dias), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), diâmetro do hipocótilo (DHL, milímetros), altura de planta na maturação (AM), número de vagens (NV), número de nós por planta (NNP), número de hastes laterais (NHL), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos (PROD, gramas) para 12 populações e seus respectivos genitores conduzidos em Viçosa, MG, no período de fevereiro a julho de 2016.

FV	GL	FLR	MAT	ATFL	DHP	AM	NV
Blocos	2	2.65	245.60	0.65	0.20	159.32	8.44
Genótipos	18	76.50**	341.82*	111.36**	1.21*	637.11**	180.02**
CGC I	2	1.62 ^{ns}	748.04**	346.22**	0.46 ^{ns}	154.01 ^{ns}	292.34**
CGC II	3	194.67*	290.12 ^{ns}	243.65*	0.40 ^{ns}	2173.98*	124.86 ^{ns}
CEC I x II	12	32.85*	241.12 ^{ns}	60.84**	0.75 ^{ns}	222.34 ^{ns}	125.38 ^{ns}
Resíduo	36	8.98	162.19	25.28	0.52	124.30	61.79
Média	-	33.4	129.26	29.85	6.28	57.79	24.6
Mínimo	-	26.00	96.00	14.00	4.65	35.00	4.00
Máximo	-	49.00	154.00	49.00	7.90	128.00	54.00
Acurácia	-	0.94	0.72	0.88	0.76	0.90	0.81
CV (%)	-	8.97	9.81	16.84	11.47	19.29	31.96

FV	GL	NNP	NHL	NGP	NGV	PROD
Blocos	2	4.16	0.12	159.49	0.14	10.71
Genótipos	18	5.19 ^{ns}	5.81**	1046.66**	0.17 ^{ns}	40.21**
CGC I	2	12.52 ^{ns}	4.54 ^{ns}	1431.84*	0.16 ^{ns}	33.97*
CGC II	3	16.71 ^{ns}	14.12*	700.01 ^{ns}	0.30 ^{ns}	3.62 ^{ns}
CEC I x II	12	2.28 ^{ns}	3.09 ^{ns}	769.63*	0.14 ^{ns}	35.31*
Resíduo	36	3.03	1.64	267.60	0.09	8.54
Média	-	13.95	3.23	56.67	2.31	8.78
Mínimo	-	10.00	0.00	6.00	1.50	3.90
Máximo	-	18.00	8.00	120.00	3.00	18.06
Acurácia	-	0.65	0.85	0.86	0.68	0.89
CV (%)	-	12.48	39.69	28.87	13.32	33.28

^{ns}, *, **: não significativo, significativo a 5% , 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade.

A capacidade geral de combinação (CGC) fornece informações a respeito da concentração de alelos favoráveis, e conseqüentemente a habilidade de repassá-los às suas progênes. Deste modo, a seleção de genitores com CGC elevadas para uma característica, indiferente na magnitude de seu sinal, é baseada na expectativa de que os alelos responsáveis por conferir determinada superioridade ao indivíduo possam ser repassados às suas progênes. Resultados similares para os efeitos significativos obtidos neste trabalho são apresentados por Rocha (2016) e Painkra et al. (2017).

A metodologia utilizada para análise dialélica possui a vantagem de prever o comportamento dos híbridos com base em seus genitores. Neste sentido, a metodologia de Geraldi & de Miranda Filho (1988) vem sendo amplamente utilizada no melhoramento de espécies autógamas (Bueno, 2017; Dar, 2007; Del Conte, 2017; Fellahi et al., 2017;

Freitas Rocha, 2016; Pereira, 2016; Silva, 2014; Torres et al., 2015), cujo interesse é prever cruzamentos entre grupos distintos de indivíduos, que possam gerar populações com elevado potencial para extração de linhagens.

As estimativas das capacidades específicas de combinação (CEC) apresentaram valores significativos para as características: altura na maturação (AM), número de grãos por planta (NGP) e produção de grãos (PROD). As estimativas de CGC e CEC permitem ao pesquisador inferir sobre o comportamento dos progenitores e cruzamentos. A CEC evidencia o comportamento dos híbridos baseado na CGC de seus genitores (Cruz et al., 2012).

Embora para muitas culturas, seja comum o plantio de cultivares híbridos, esta não é uma realidade na cultura da soja, mesmo existindo relatos da ocorrência do vigor híbrido para algumas características. Para a maioria das características de interesse agrônomo desta cultura, é evidente a predominância dos efeitos aditivos sobre os não aditivos. Todavia, visto que a obtenção de cultivares híbridas não é ainda uma realidade neste caso, a heterose é utilizada como forma de aumentar a variabilidade nas populações segregantes e assim, a possibilidade dos alelos favoráveis em gerações avançadas (Dar, 2007; Pandini et al., 2002; Torres et al., 2015).

É importante destacar que o DHP não apresentou significância para nenhuma das capacidades de combinação, embora tenha apresentado efeito significativo de tratamento. Tal fato é uma evidência de que não existem progenitores que diferem estatisticamente quanto a concentração de alelos favoráveis nos grupos (apontado pela CGC), e ainda, que os híbridos se comportaram como esperado com base a CGC (Cruz et al., 2012).

Na Tabela 6 são apresentadas as estimativas das capacidades gerais de combinação para os genótipos e grupos, quando significativos. Para a variável FLR,

cultivares BMX Bônus IPRO e BMX Flecha IPRO apresentaram estimativas negativas da CGC II contribuindo, portanto, para redução das médias nos híbridos. O efeito significativo encontrado para CGC II, indica que apenas os cruzamentos em que estão presentes os indivíduos BMX Bônus IPRO e BMX Ponta IPRO devem ser considerados, por apresentarem concentrações significativas de alelos para redução da FLR.

Tabela 6. Estimativas das capacidades gerais de combinação (CGC) para as características: dias para floração (FLR, dias), dias para maturação (MAT, dias), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), altura de planta na maturação (AM, centímetros), número de vagens (NV), número de hastes laterais (NHL), número de grãos por planta (NGP), produção de grãos (PROD, gramas), conduzidos em Viçosa, MG, no período de fevereiro a julho de 2017.

Estimativas das capacidades gerais de combinação					
Grupo I	FLR	ATFL	AM	NHL	
BMX Prisma IPRO	3.44	3.48	14.21	0.86	
BMX Bônus IPRO	-1.70	-2.02	0.50	-0.05	
BMX Flecha	-3.27	-3.69	-7.45	-1.10	
M 7739 IPRO	1.54	2.24	-7.26	0.29	
Grupo II	MAT	ATFL	NV	NGP	PROD
BMX Ponta IPRO	-6.00	2.27	3.32	6.74	1.10
DM 6563I	5.04	-1.63	0.32	1.69	0.16
SYN 13671 IPRO	0.96	-0.65	-3.64	-8.43	-1.26

Com relação a CEC da variável FLR e o comportamento *per se*, os cruzamentos DM 6563 IPRO x BMX Bônus IPRO e SYN 13671 IPRO x BMX Flecha IPRO são indicados por apresentarem estimativas que qualificam seus desempenhos como superiores a ao esperado com base na CGC II e por apresentarem menores médias para a característica (Tabela 7). Com base nas elevadas estimativas das capacidades gerais e específicas de combinação, é esperado que as populações oriundas destes cruzamentos apresentem ampla variabilidade genética sendo, portanto, ideais para seleção.

Tabela 7. Estimativas das capacidades específicas de combinação (CEC) para as características: dias para floração (FLR, dias), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), número de grãos por planta (NGP), produção de grãos (PROD, gramas), conduzidos em Viçosa, MG, no período de fevereiro a julho de 2017.

Grupo II	Grupo I	FLR	ATFL	NGP	PROD
BMX Ponta IPRO	BMX Prisma IPRO	-6.03	-1.22	17.61	5.79
BMX Ponta IPRO	BMX Bônus IPRO	2.11	-4.38	8.09	2.73
BMX Ponta IPRO	BMX Flecha IPRO	2.02	-4.05	0.66	-1.12
BMX Ponta IPRO	M 7739 IPRO	-2.79	2.19	8.51	0.18
DM 6563 IPRO	BMX Prisma IPRO	0.84	-5.32	13.32	1.05
DM 6563 IPRO	BMX Bônus IPRO	-1.35	2.51	15.79	1.96
DM 6563 IPRO	BMX Flecha IPRO	0.56	2.68	4.36	0.53
DM 6563 IPRO	M 7739 IPRO	-4.25	-4.58	-11.44	1.19
SYN 13671 IPRO	BMX Prisma IPRO	-1.99	-3.13	-1.56	1.40
SYN 13671 IPRO	BMX Bônus IPRO	1.49	1.87	-1.75	0.46
SYN 13671 IPRO	BMX Flecha IPRO	-1.28	1.37	26.82	4.84
SYN 13671 IPRO	M 7739 IPRO	-1.75	-6.90	-14.65	-3.89

Apenas a CGC do grupo I foi significativa para MAT, tendo se destacado o progenitor BMX Ponta IPRO por estimativas altas e negativas. Assim, é possível concluir que apenas os progenitores presentes no grupo I possuem alelos favoráveis para a redução da característica MAT, e que não houveram combinações que superarem seus genitores neste dialelo.

As inferências realizadas sobre o caráter altura no florescimento são tidas como de fundamentais no melhoramento de soja quando o objetivo final for cultivares mais precoces e produtivas. Trabalhos científicos apontam a existência de forte correlação sobre os caracteres associados ao ciclo da cultura e outros produtivos (ATFL, MAT, AM, PROD e acamamento) (Carvalho, 2015; Lopes et al., 2002). A implicação direta do sentido e magnitude destas correlações refletirá de duas maneiras sobre o melhoramento: positivamente, quando o ciclo da cultura não for um agravante, e negativamente quando o desejado cultivares precoces e produtivas.

Para ATFL, é possível que seja realizada seleção de genitores e cruzamentos que contribuam para redução do mesmo. Assim, são indicados: DM 6563 IPRO para CGC I e, BMX Bônus IPRO e BMX Flecha IPRO para CGC II como portadores de alelos que contribuam para redução do carácter. Pelo comportamento apresentado pelas baixas médias (Tabela 8) e esperado com base nas capacidades gerais de seus progenitores, os cruzamentos: BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO, BMX Ponta IPRO x BMX Flecha IPRO, DM 6563 IPRO x BMX Prisma IPRO, DM 6563 IPRO x M 7739 IPRO são apontados como promissores.

Para o carácter AM, apenas a CGC II foi significativa, o que implica em pressupor apenas sobre a concentração de alelos favoráveis nos genitores envolvidos. Como já mencionado para a ATFL, existe uma forte correlação entre os caracteres de altura (ATFL, AM), relacionado a produção e ao ciclo, permitindo novamente, a predição no sentido de aumento do carácter ou redução. Como abordado por Costa (1996) e Carvalho (2015) a seleção de progênies com maior ou menor AM deve ser realizada de maneira criteriosa. Plantas muito baixas podem apresentar-se pouco produtivas e precoces, enquanto as de estatura mais elevada tendem a ser mais produtivas, porém com ciclo mais longo e podem acamar, reduzindo seu valor agrônomico. Deste modo, é possível inferir que o cultivar BMX Prisma IPRO possui elevada concentração de alelos para acréscimos no carácter e, BMX Flecha IPRO e M 7739 IPRO para redução do mesmo.

Com relação aos caracteres NV e NHL, não foram encontradas evidências de efeitos significativos para a capacidade específica de combinação, não permitindo assim que, se indiquem cruzamentos promissores. Para NV, apenas a CGC do grupo I apresentou valores significativos, onde o genótipo BMX Ponta IPRO demonstrou ser o mais indicado na contribuição do aumento deste carácter. Quanto ao carácter NHL, foi encontrado efeito significativo apenas para a CGC II, a qual permite inferir que a cultivar

BMX Prisma IPRO seja portador de alelos favoráveis para aumento no número de hastes laterais. Vale ressaltar que, os cruzamentos em que algum ou ambos progenitores estavam envolvidos, foi constatado um bom comportamento *per se*.

A seleção de híbridos com altas médias (Tabela 8) para a NV e NHL é fundamental para que se tenha ganhos em produção, uma vez que as características são correlacionadas (Barros et al., 2016; Silva, 2017). Entretanto, alguns fatores devem ser considerados por ocasião da seleção. Relatos na literatura apontam que existe uma correlação negativa entre as variáveis número de grãos, massa de grãos e número de vagens, demandando atenção especial ao exercer seleção sobre a característica (Lopes et al., 2002). Quanto a característica NHL é relevante também o ângulo de inserção das hastes na planta, por fatores agronômicos, fisiológicos e fitossanitários (Assunção Filho, 2016).

Verificou-se para NGP que a CGC I e CEC foram significativos. O genitor BMX Ponta IPRO se destaca por apresentar valor elevado e positivo da CGC I, seguido pelo DM 6563 IPRO presentes no mesmo grupo, com valor positivo da estimativa. Os híbridos BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO, BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO, BMX Ponta IPRO x M 7739 IPRO, DM 6563 IPRO x BMX Prisma IPRO e DM 6563 IPRO x BMX Bônus IPRO apresentam valores positivos e altos da CEC. É relevante mencionar, que os cinco híbridos citados também apresentaram as maiores médias (Tabela 8). Pelas significâncias e valores obtidos das estimativas de CGC I e CEC, é possível concluir sobre a ocorrência de genitores com alelos favoráveis para aumento da característica e também que entre os cruzamentos, existem híbridos que superam seus progenitores com base no esperado na CGC I.

Resultados semelhantes aos obtidos para NGP foram evidenciados para produção de grãos (PROD), a qual apresentou efeitos significativos para a CGC I e CEC. Deste modo, foi possível concluir que os híbridos BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO, BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO devem apresentar um desempenho superior ao esperado com base na CGC I, tendo como genitor comum a cultivar BMX Ponta IPRO. O desempenho foi constatado também pelo teste de médias, onde os híbridos obtiveram maiores valores.

Tabela 8. Médias das 12 populações F1 e os sete genitores envolvidos na análise para as seguintes características: dias para floração (FLR, dias), dias para maturação (MAT, dias), altura de planta na floração (ATFL, centímetros), diâmetro do hipocótilo (DHL, milímetros), altura de planta na maturação (AM, centímetros), número de vagens (NV), número de nós por planta (NNP), número de hastes laterais (NHL), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos (PROD, gramas), conduzidos em Viçosa, MG, no período de fevereiro a julho de 2017.

Genótipos	FLR	MAT	ATFL	DHP	AM	NV
BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO	30.66 b	114.00 b	34.16 b	7.01 a	63.66 c	33.33 a
BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO	33.66 b	125.00 b	25.50 c	5.35 b	51.33 c	32.33 a
BMX Ponta IPRO x BMX Flecha IPRO	32.00 b	135.66 a	24.16 c	6.31 a	49.33 c	21.33 b
BMX Ponta IPRO x M 7739 IPRO	32.00 b	121.33 b	36.33 b	6.39 a	58.00 c	33.00 a
DM 6563 IPRO BMX Prisma IPRO	37.66 b	132.66 a	26.16 c	6.54 a	56.33 c	34.33 a
DM 6563 IPRO BMX Bônus IPRO	30.33 b	144.66 a	28.50 c	6.52 a	53.00 c	28.67 a
DM 6563 IPRO BMX Flecha IPRO	30.66 b	136.33 a	27.00 c	6.08 b	48.66 c	24.33 b
DM 6563 IPRO M 7739 IPRO	30.66 b	144.66 a	25.66 c	5.84 b	45.00 c	20.00 b
SYN 13671 IPRO x BMX Prisma IPRO	34.33 b	140.00 a	29.33 c	5.91 b	84.00 b	21.00 b
SYN 13671 IPRO x BMX Bônus IPRO	32.66 b	138.66 a	28.83 c	6.66 a	55.66 c	20.33 b
SYN 13671 IPRO x BMX Flecha IPRO	28.33 b	132.66 a	26.66 c	6.22 a	52.33 c	28.00 a
SYN 13671 IPRO x M 7739 IPRO	32.66 b	123.66 b	24.33 c	5.23 b	51.66 c	15.00 b
BMX Ponta IPRO	30.33 b	147.00 a	26.33 c	6.56 a	60.00 c	17.33 b
DM 6563 IPRO	31.33 b	118.33 b	33.83 b	5.94 b	48.66 c	20.00 b
SYN 13671 IPRO	30.00 b	132.33 a	27.66 c	5.37 b	100.66 a	10.00 b
BMX Prisma IPRO	48.00 a	123.00 b	45.50a	7.27 a	49.66 c	27.66 a
BMX Bônus IPRO	31.33 b	122.33 b	24.66 c	5.64 b	74.66 b	14.33 b
BMX Flecha IPRO	33.00b	125.00 b	29.66 c	6.98 a	56.66 c	28.33 a
M 7739 IPRO	45.00a	110.00 b	42.83 a	7.39 a	38.66 c	38.00 a

Continuação Tabela 8

Genótipos	NNP	NHL	NGP	NGV	PROD
BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO	13.33 b	3.66 a	87.00 a	2.61 a	15.70 a
BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO	13.66 b	4.33 a	68.33 a	2.13 a	12.22 a
BMX Ponta IPRO x BMX Flecha IPRO	13.66 b	2.66 b	56.66 b	2.64 a	8.13 a
BMX Ponta IPRO x M 7739 IPRO	13.00 b	3.66 a	73.33 a	2.22 a	10.36 a
DM 6563 IPRO BMX Prisma IPRO	13.33 b	5.66 a	77.66 a	2.25 a	10.01 a
DM 6563 IPRO BMX Bônus IPRO	14.33 b	4.33 a	71.00 a	2.53 a	10.50 a
DM 6563 IPRO BMX Flecha IPRO	13.33 b	2.66 b	55.33 b	2.35 a	8.84 a
DM 6563 IPRO M 7739 IPRO	12.66 b	2.33 b	48.33 b	2.49 a	10.42 a
SYN 13671 IPRO x BMX Prisma IPRO	16.33 a	3.00 b	52.66 b	2.51 a	8.94 a
SYN 13671 IPRO x BMX Bônus IPRO	14.66 b	4.00 a	43.33 b	2.11 a	7.59 a
SYN 13671 IPRO x BMX Flecha IPRO	14.00 b	1.33 b	67.66 a	2.47 a	11.73 a
SYN 13671 IPRO x M 7739 IPRO	12.00 b	3.00 b	35.00 b	2.31 a	3.93 b
BMX Ponta IPRO	13.66 b	1.66 b	41.66 b	2.45 a	8.83 a
DM 6563 IPRO	13.66 b	2.66 b	37.00 b	1.85 a	3.77 b
SYN 13671 IPRO	13.66 b	1.00 b	19.66 b	1.87 a	1.42 b
BMX Prisma IPRO	16.00 a	5.66 a	69.66 a	2.52 a	8.13 a
BMX Bônus IPRO	13.33 b	2.00 b	33.33 b	2.36 a	3.29 b
BMX Flecha IPRO	17.33 a	2.33 b	55.00 b	1.93 a	8.86 a
M 7739 IPRO	13.00 b	5.33 a	84.00 a	2.24 a	14.00 a

*Médias seguidas por letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

CONCLUSÕES

Pelo método de agrupamento Tocher, os genitores BMX Bônus IPRO, BMX Flecha IPRO, M 7739 IPRO seriam divergentes dos demais, e também entre si.

A análise dialélica permite apontar os progenitores BMX Ponta IPRO e BMX Prisma IPRO como potenciais doadores de alelos favoráveis para as características estudadas, por apresentarem efeitos significativos e altos para CGC de grupos. Para as características produção de grãos e precocidade, o progenitor M 7739 IPRO também é indicado como bom doador de alelos.

As populações: BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO, BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO e BMX Ponta IPRO x M 7739 IPRO são indicadas por apresentarem

elevadas estimativas de CGC e CEC para as características estudadas e ainda um bom comportamento *per se* visando o melhoramento voltado para precocidade e produção.

,

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, R. D., PELUZIO, J. M., AFFÉRI, F. S., Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 108-115, 2011.

ARANTES FERREIRA JÚNIOR, J., UNÊDA-TREVISOLI, S. H., COELHO GONÇALVES ESPÍNDOLA, S. M., FORMICE VIANNA, V., DI MAURO, A. O., Diversidade genética em linhagens avançadas de soja oriundas de cruzamentos biparentais, quádruplos e ócuplos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p., 2015.

ASSUNÇÃO FILHO, J. R. D., 2016. Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de grãos e tolerância à ferrugem. Universidade de São Paulo.

BARROS, J. P. A., SEDIYAMA, T., DOS SANTOS SILVA, F. C., DA SILVA, A. F., BEZERRA, A. R. G., ROSA, D. P., DA SILVA, A. S. L., OLIVEIRA, D. S., Estimates of Genetic Parameters and Efficiency in Selection for Branching Capacity in Soybean Genotypes. **Journal of Agronomy**, v. 15, p. 39, 2016.

BHERING, L. L., Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 187-190, 2017.

BORÉM, A., 2005. Melhoramento de espécies cultivadas. Editora UFV.

BORÉM, A., MIRANDA, G. V., 2013. Melhoramento de Plantas. UFV, Viçosa.

BRACCINI, A. D. L., MOTTA, I. D. S., SCAPIM, C. A., BRACCINI, M. D. C., ÁVILA, M. R., MESCHEDE, D. K., Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**, v. 63, p. 81-92, 2004.

BUENO, T. V., Capacidade combinatória de genitores de soja nas gerações F 1 e F 2 visando melhoramento para precocidade e produtividade de grãos. v., p., 2017.

- CARVALHO, R. S. B., 2015. Performance de cruzamentos de soja em gerações sucessivas de endogamia, com ênfase em produtividade, reação à ferrugem e precocidade. Universidade de São Paulo.
- CONAB, 2017. Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos - SAFRA 2016/17, in: CONAB (Ed.).
- CONAB, 2018. Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos - SAFRA 2017/18, in: CONAB (Ed.).
- CRUZ, C. D., 2005. Princípios de genética quantitativa. UFV.
- CRUZ, C. D., GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D., FERREIRA, F. M., PESSONI, L. A., Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética. **Visconde do Rio Branco: Suprema**, v., p., 2011.
- CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J., CARNEIRO, P. C. S., 2012. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. UFV, Viçosa.
- DAR, A. N., A study on genetic divergence heterosis and combining ability on yield and quality characters in soybean glycine max I Merrill. v., p., 2007.
- DEL CONTE, M. V., Uso de modelos mistos no melhoramento da soja para teores de óleo e proteína nos grãos. v., p., 2017.
- FEHR, W. R., CAVINESS, C. E., Stages of soybean development. v., p., 1977.
- FELLAHI, Z. E. A., HANNACHI, A., BOUZERZOUR, H., DREISIGACKER, S., YAHYAOU, A., SEHGAL, D., Genetic analysis of morpho-physiological traits and yield components in F 2 partial diallel crosses of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín**, v. 70, p. 8237-8250, 2017.

FOLLMANN, D. N., SOUZA, V. Q. D., NARDINO, M., CARVALHO, I. R., DEMARI, G. H., FERRARI, M., PELEGRIN, A. J. D., SZARESKI, V. J., Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 213-221, 2017.

FREITAS ROCHA, G. A., 2016. Potencial de cruzamentos de soja em gerações iniciais de endogamia para produtividade de grãos e reação à ferrugem. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

GERALDI, I., DE MIRANDA FILHO, J., 1988. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses.

GERALDI, I., MIRANDA FILHO, J., 1988. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses.

GRIFFING, B., Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian journal of biological sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956.

HYMOWITZ, T., On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, v. 24, p. 408-421, 1970.

JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOGG, E. A., STEVENS, P. F., DONOGHUE, M. J., 2009. Sistemática Vegetal:- Um Enfoque Filogenético. Artmed Editora.

KIIHL, R., GARCIA, A., 1989. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars, World Soybean Research Conference.

LOPES, Â. C. D. A., VELLO, N. A., PANDINI, F., DE MOURA, M., Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 341-348, 2002.

MARTINS, R. S., REBECHI, D., PRATI, C. A., CONTE, H., Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, p. 53-78, 2005.

MATTOS, M. D., Soja: a mais importante oleaginosa da agricultura moderna. **São Paulo: Ícone editora Ltda**, v., p. 1-73, 1987.

MEOTTI, G. V., BENIN, G., SILVA, R. R., BECHE, E., MUNARO, L. B., Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 14-21, 2012.

MIRANDA, A. D., MIYASAKA, S., MASCARENHAS, H., ROSSETTO, C., Melhoramento de cultivares no Brasil: no Estado de São Paulo. **A soja no Brasil. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v., p. 311-324, 1981.

MIRANDA, Z. D. F. S., ARIAS, C. A. A., PRETE, C. E. C., KIIHL, R. A. D. S., ALMEIDA, L. A. D., TOLEDO, J. F. F. D., DESTRO, D., Genetic characterization of ninety elite soybean cultivars using coefficient of parentage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 363-369, 2007.

MONSANTO, 2016. Intacta RR2 PRO.

PAINKRA, P., NAG, S. K., KHUTE, I., Identification of Best Combiners for Soybean Improvement at Chhattisgarh Plains. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 6, p. 478-482, 2017.

PANDINI, F., VELLO, N. A., LOPES, Â. C. D. A., Heterosis in soybeans for seed yield components and associated traits. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 45, p. 401-412, 2002.

PEIXOTO, C. P., SOUSA CÂMARA, G. M., MARTINS, M. C., MARCHIORI, L. F. S., GUERZONI, R. A., MATTIAZZI, P., Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia agricola**, v. 57, p. 89-96, 2000.

PEREIRA, F. A. C., 2016. Potencial de cruzamentos de soja para resistência ao mofo branco, tolerância à ferrugem e produtividade de grãos. Universidade de São Paulo.

PRIOLLI, R. H. G., MENDES-JUNIOR, C. T., SOUSA, S. M. B., SOUSA, N. E. A., CONTEL, E. P. B., Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 967-975, 2004.

RAMALHO, M. A. P., FERREIRA, D. F., E OLIVEIRA, A. C., 2012. Experimentação em genética e melhoramento de plantas, 3 ed. UFLA.

RAO, R. C., 1952. Advanced statistical methods in biometric research. A Division Of Macmillan Publishing Co, Inc New York; Collier-Macmillan Publishers; London.

RESENDE, M. D. V., 2002. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas.

RESENDE, M. D. V., DUARTE, J. B., Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesq. Agropec. Trop**, v. 37, p. 182-194, 2007.

ROCHA, G. A. D. F., 2016. Potencial de cruzamentos de soja em gerações iniciais de endogamia para produtividade de grãos e reação à ferrugem. Universidade de São Paulo.

SEDIYAMA, T., Tecnologias de produção e usos da soja. **Londrina: Mecenaz**, v. 306, p., 2009.

SILVA, A. C. F., Reação de genótipos de soja ao *pratylenchus brachyurus*. v., p., 2014.

SILVA, A. S. L. D., Diversidade genética entre genótipos de soja e estabelecimento de coleções nucleares e de melhoramento para teores de óleo e de proteína. v., p., 2016.

SILVA, F. C. D. S., Rede de correlações, eficiência da seleção visual e indireta via capacidade de ramificação e índices de seleção em soja. v., p., 2017.

SILVA, F. L., BORÉM, A., SEDIYAMA, T., LUDKE, W., 2017. Melhoramento da Soja. UFV, Viçosa.

SINGH, D., The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding (The)**, v. 41, p. 237-245, 1981.

SPRAGUE, G., TATUM, L. A., General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **J. am. soc. agron**, v. 34, p. 923-932, 1942.

STORCK, L., CARGNELUTTI FILHO, A., LÚCIO, A., MISSIO, E. L., RUBIN, S., Avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 572-578, 2010.

STORCK, L., DALFOLLO RIBEIRO, N., Valores genéticos de linhas puras de soja preditos com o uso do método de Papadakis. **Bragantia**, v. 70, p., 2011.

TORRES, F. E., DAVID, G. V., TEODORO, P. E., RIBEIRO, L. P., CORREA, C. G., JÚNIOR, R. A. L., Desempenho agronômico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, p. 111-117, 2015.

USDA, 2017. World Agricultural Supply and Demand Estimates, in: AGRICULTURE, U. S. D. O. (Ed.), p. 37.