

GUILHERME DE SOUSA PAULA

**ANÁLISE DIALÉTICA PARCIAL E ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA
ESCOLHA DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE SOJA VIA MODELOS MISTOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Felipe Lopes da Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P324a
2021
Paula, Guilherme de Sousa, 1987-
Análise dialéctica parcial e índices de seleção para escolha
de populações segregantes de soja via modelos mistos /
Guilherme de Sousa Paula. – Viçosa, MG, 2021.
1 tese eletrônica (57 f.): il.

Orientador: Felipe Lopes da Silva.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.
Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/>

1. Soja - Grãos - Seleção. 2. BLUP. 3. Soja - Populações.
4. Modelos multiníveis (Estatísticas) . I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.3421

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

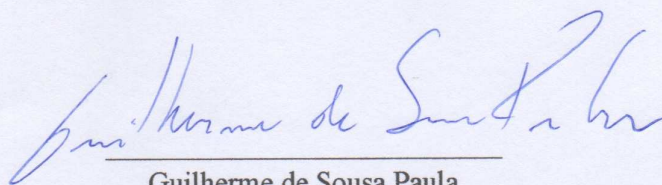
GUILHERME DE SOUSA PAULA

**ANÁLISE DIALÉLICA PARCIAL E ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA
ESCOLHA DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE SOJA VIA MODELOS MISTOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 23 de fevereiro de 2021

Assentimento:



Guilherme de Sousa Paula
Autor



Felipe Lopes da Silva
Orientador

Aos meus pais José Nelson de Paula e Sirlei Maria de Sousa Paula

A meu filho Pablo de Castro Albino Sousa

À toda minha família e amigos

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por me proporcionar saúde, conhecimento e coragem.

A minha família que sempre me apoiou e estiveram na torcida e passando boas energias, meus pais José Nelson de Paula e Sirlei Maria de Sousa Paula e meu filho Pablo de Castro Albino Sousa.

A Universidade Federal de Viçosa e ao programa de Pós Graduação em Fitotecnia, pela disponibilidade de um curso de alto nível e pela estrutura.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento.

Ao meu orientador, Professor Felipe Lopes da Silva pela orientação, conselhos e amizade.

Ao meu grande amigo Professor Francisco Charles pela valiosa ajuda e conselhos.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Bruno Soares, Murilo Viotto, Ramon Gonçalves, Lorena Moura, Isabela Cavalin, Maikon Guerith Stênio Andrey Guedes Dantas, Heloisa Rocha, Fernanda Cupertino, João Marcos, Ciene Duarte e Guilherme Simiqueli pela contribuição incessante na realização deste trabalho e pela amizade que construímos durante a estadia em Viçosa.

A todos os professores que de maneira direta e indireta contribuíram para minha formação profissional

Aos meus amigos de Coimbra pelo grande apoio nessa caminhada.

À funcionária do Programa Soja, Martha Freire, pelo convívio e ajuda nas atividades e grande amizade.

Aos funcionários da secretaria do programa de Fitotecnia, Tatiani e Lídia, pela paciência e apoio.

Aos membros da banca de avaliação.

RESUMO

PAULA, Guilherme de Sousa, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2021. **Análise dialéctica parcial e índices de selecção para escolha de populações segregantes de soja via modelos mistos.** Orientador: Felipe Lopes da Silva.

O sucesso de um programa de melhoramento genético é condicionado pela eficiência na escolha dos genitores que, ao serem cruzados, produzam híbridos e, posteriormente, populações segregantes promissoras. Diante do exposto, o objetivo principal do trabalho foi selecionar populações F_2 de soja com alta produtividade de grãos e mais precoces. Neste sentido o trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo empregou-se a análise dialéctica para a seleção das populações. Já o segundo capítulo preconizou-se o uso dos índices propostos por Resende (2015) para proceder a seleção. O delineamento experimental genético, foi adotado em um esquema dialéctico parcial, o que totalizou 24 combinações híbridas. Sendo as cultivares do Grupo 1: BMX Prisma 8075RSF IPRO, M6952 IPRO, BMX Bônus 8579RSF IPRO, BMX Flecha 6266RSF IPRO, M6410 IPRO, NS 6909 IPRO e M7739 IPRO; Grupo 2: BMX Ponta 7166RSF IPRO, DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO e TMG 7062 IPRO. Foram avaliados dois caracteres na ocasião da maturação, dias para maturação (ciclo) e massa de grãos por planta em gramas (produção). No primeiro estudo não foram identificadas significância para as capacidades geral combinação para os grupos 1 e 2 para ambas as características estudadas nas gerações F_1 e F_2 . A falta de significância dos efeitos da CGC foi resultado da pequena diferença entre os genitores quanto a frequência de alelos favoráveis com efeito aditivo. Em relação a capacidade específica de combinação somente a característica ciclo na geração F_1 não apresentou significância entre as populações. As populações provenientes dos cruzamentos entre os genitores BMX Prisma IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x BMX Ponta IPRO, M7739 IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x DM 6563 IPRO, BMX Prisma IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x TMG 7062 IPRO e TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO, são a mais promissora para obtenção de progênies produtivas. As populações BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO, BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO, M6410 IPRO x DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO e M6952 IPRO x TMG 7062 IPRO são as que mais contribuem para redução no ciclo. Já no segundo estudo, os índices I_a e I_c apresentaram valor de acurácia 1% superior aos demais índices considerando o carácter Ciclo. Em relação a produção essa superioridade dos índices I_a e I_c foi

de 3%, demonstrando a eficácia desses dois métodos de seleção. Com a utilização do índice I_a pode-se obter uma redução no ciclo de 21,38%, sendo esse valor superior em 2,59% e 3,03% em relação aos índices I_b e I_c , respectivamente. Ganhos de 21,93% foram obtidos para a produção utilizando o índice I_a , o que corresponde a uma superioridade de 13,19% em relação aos demais índices. O índice I_a que inclui os valores genotípicos de progenitores e de populações F_2 foi a melhor estratégia para aumentar os ganhos com a seleção. A utilização de índices, para a seleção, que tem por base várias fontes de informação são mais promissoras que a seleção baseada somente nos valores genotípicos de população.

Palavras-chave: *Glycine max (L.) Merr.* BLUP. Produção de grãos. Precocidade.

ABSTRACT

PAULA, Guilherme de Sousa, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2021. **Partial diallel analysis and selection indexes for choice of soybean segregating population by mixed models.** Advisor: Felipe Lopes da Silva.

The success of a breeding program is conditioned by the efficient choice of parents who, when crossed, produce hybrids and, later, promising segregating populations. In view of the above, the objectives of the present study were: 1) To estimate genetic parameters and genotypic values via REML / BLUP, select parents from the estimate of general and specific combining ability and verify the feasibility of using genetically unbalanced diallel in the generation F_1 and F_2 to obtain promising segregating populations for the extraction of superior strains in terms of precocity and productivity. 2) To study the application of new selection methods that can be applied in situations in which F_2 's populations and their parents are simultaneously evaluated, and to predict the genetic gain by selecting the best populations for precocity and grain production. The experimental genetic design was adopted in a partial diallel scheme, which totaled 24 hybrid combinations. The Group 1 cultivars are: BMX Prisma 8075RSF IPRO, M6952 IPRO, BMX Bonus 8579RSF IPRO, BMX Arrow 6266RSF IPRO, M6410 IPRO, NS 6909 IPRO and M7739 IPRO; Group 2: BMX Ponta 7166RSF IPRO, DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO and TMG 7062 IPRO. Two characters were evaluated at the time of maturation, days to maturity (cycle) and mass of grains per plant in grams (production). In the first study, no significance was identified for the overall combination abilities for groups 1 and 2 for both characteristics studied in the F_1 and F_2 generations. The lack of significance of the effects of CGC was a result of the small difference between parents in terms of the frequency of favorable alleles with an additive effect. Regarding the specific combining ability, only the cycle characteristic in the F_1 generation did not show significance between populations. The populations from the crossings among the parents BMX Prisma IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x BMX Ponta IPRO, M7739 IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x DM 6563 IPRO, BMX Prima IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x TMG 7062 IPRO e TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO are the most promising to obtain productive progenies. The populations BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO, BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO, M6410 IPRO x DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO and M6952 IPRO x TMG 7062 IPRO are the ones that most contribute to the reduction

in the cycle. In the second study, the I_a and I_c indices showed an accuracy value 1% higher than the other indices considering the cycle character. In relation to production, this superiority of the I_a and I_c indices were 3%, demonstrating the effectiveness of these two selection methods. With the use of the I_a index, a reduction in the cycle of 21.38% can be obtained, this value being 2.59% and 3.03% higher than the I_b and I_c indices, respectively. Gains of 21.93% were obtained for production using the index I_a , which corresponds to a superiority of 13.19% in relation to the other indexes. The I_a index, which includes the genotypic values of parents and F_2 populations, was the best strategy for increasing gains with selection. The use of indices for selection, which is based on various sources of information, is more promising than selection based only on genotypic values of population.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merr. BLUP. Grain Production. Precocity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
2. REFERÊNCIAS	11
CAPÍTULO 1	14
RESUMO: Capacidade combinatória de genitores de soja nas gerações F ₁ e F ₂ para precocidade e produtividade	15
ABSTRACT: Combining ability of soybean parents in the F ₁ and F ₂ generations for precocity and grain	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4. CONCLUSÕES	32
5. REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 2	35
RESUMO: Índice de seleção BLUP com progenitores e populações F ₂ em soja para as características produção e precocidade	36
ABSTRACT: BLUP selection index with parents and F ₂ populations in soybean for production and precocity characteristics	37
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4. CONCLUSÕES	56
5. REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja [*Glycine max* (L.)] é uma das espécies de maior relevância econômica no contexto mundial, fonte de matéria-prima para a indústria, alimentação animal e humana. Atualmente, o Brasil é o maior produtor de soja do mundo com produção de 124,845 milhões de toneladas segundo o levantamento feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020).

Contudo, para obtenção de incrementos cada vez mais compensatórios em produtividade, é necessária a obtenção de genótipos adaptados às condições edafoclimáticas de cada região. Neste sentido o sucesso de um programa de melhoramento genético é condicionado pela eficiência na escolha dos genitores que, ao serem cruzados, produzam híbridos e, posteriormente, populações segregantes promissoras. Várias técnicas têm sido propostas com o intuito de aumentar a probabilidade de obtenção de populações segregantes superiores e, dentre estas, o cruzamento dialélico tem sido amplamente utilizado (DARONCH et al., 2014).

A utilização de metodologias eficientes na seleção de genitores e predição do comportamento de populações segregantes torna-se ferramenta necessária aos melhoristas (VALÉRIO ET AL., 2009). O conhecimento prévio do potencial genético de cada população gerada evita que as pouco promissoras sejam formadas ou que estas sejam eliminadas em gerações precoces. A partir disso, maior ênfase pode ser dada à seleção dentro das populações superiores, aumentando a probabilidade de sucesso e evitando a perda de tempo e recurso financeiro (PIMENTEL et al, 2013).

No melhoramento de plantas autógamas como a soja, no geral, é avaliado um grande número de populações obtidas de diversos cruzamentos entre linhagens, gerando vários híbridos F_1 e posteriormente gerações F_2 . Plantas na geração F_2 são tomadas dentro de cada população e avançadas em gerações endogâmicas para obtenção de linhagens, sendo o método mais utilizado o de Bulk Dentro de Progênes (BDP) (RAMALHO et al., 2012).

Porém esse tipo de método pode comprometer a eficiência dos programas de melhoramento, pois os cruzamentos entre parentais que não resultam em novas cultivares consomem mais de 99% dos recursos (WITCOMBE et al., 2013). Além disso, os métodos utilizados na seleção levam em consideração apenas a geração em que a progênes foram avaliadas.

A seleção de progênies via índices baseados em várias fontes de informação, como a inclusão de informações genotípicas de gerações anteriores à em seleção, é potencialmente mais eficiente que a seleção baseada nos valores genotípicos de população. A inclusão da informação dos progenitores e da variância dentro de população aumenta a expectativa de ganhos para os caracteres estudados. (RESENDE et al., 2015; BEZERRA, 2017).

Entretanto, poucos são os trabalhos referentes à aplicação de índices mais eficientes em selecionar populações F_2 mais promissoras para os programas de melhoramento e que contemplem conjuntamente as informações de seus genitores e a variabilidade genética existente dentro das populações. Resende (2015) propôs o emprego de três índices denominados I_a , I_b e I_c . O índice I_a contempla simultaneamente populações F_2 's e seus genitores. O índice I_b considera o valor genético aditivo da população e a variabilidade genética dentro da mesma. Já o índice I_c combina as informações dos dois primeiros índices.

Diante do exposto, o objetivo principal do trabalho foi selecionar populações F_2 de soja com alta produtividade de grãos e mais precoces. Neste sentido o trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo empregou-se a análise dialélica para a seleção das populações. Já o segundo capítulo preconizou-se o uso dos índices propostos por Resende (2015) para proceder a seleção.

2. REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.C.B.; SILVA, A.J.; FERRAUDO, A.S.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; DI MAURO, A.O. **Strategies for selecting soybean genotypes using mixed models and multivariate approach**. African Journal of Agricultural Research, v.11, n.1, p.23-31, 2016.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A. de; FRONZA, V. **Progress in breeding of irrigated wheat for the Cerrado region of Brazil**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.8, p.39- 46, 2008.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. v. 7 - Safra 2019/20 - n. 3 – Decimo Segundo levantamento, setembro de 2020**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em 02 de fevereiro de 2021.

DARONCH, D.J.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F.S.; NASCIMENTO, M.O. **Capacidade**

combinatória de cultivares de soja em F2, sob condições de cerrado tocantinense. Bioscience. Journal, v.30, p.688-695, 2014.

PIMENTEL, A.J.B., SOUZA, M.A., CARNEIRO, P.C.S., ROCHA, J.R.A.S.C., MACHADO, J.C., RIBEIRO, G. **Análise dialélica parcial em gerações avançadas para seleção de populações segregantes de trigo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, p. 1555-1561, 2013.

PINHEIRO, L.C. de M.; GOD, P.I.V.G.; FARIA, V.R.; OLIVEIRA, A.G.; HASUI, A.A.; PINTO, E.H.G.; ARRUDA, K.M.A.; PIOVESAN, N.D.; MOREIRA, M.A. **Parentesco na seleção para produtividade e teores de óleo e proteína de soja via modelos mistos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, p. 1246-1253, 2013.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, J.B.; NUNES, J.A.R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas.** 1ª ed, Lavras: Ed. UFLA, 2012. 522p.

RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa e de populações.** Viçosa: Suprema, 2015. 463p.

RESENDE, M.D.V., RAMALHO, M.A.P.; GUILHERME, S.R.; ABREU, A.F.B. **Multigeneration index in the within progenies bulk method for breeding of self-pollinated plants.** Crop Science, v. 55, p.1202-1211, 2015.

RESENDE, M.D.V.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E.S.; BATISTA, L.G.; GOIS, I.B.; **Selection index with parents, populations, progenies, and generations effects in autogamous plant breeding.** Crop science, v. 56, p.530-546, 2016.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. **Seleção de genitores de eucalyptus grandis e de eucalyptus urophylla para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética.** Revista Árvore, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SOUZA, V.Q.; BENIN, G.; SCHMIDT, D.A.M.; RIBEIRO, G.; NORNBORG, R.; LUCH, H. **Combining ability of wheat**

genotypes in two models of diallel analyses. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.9, p.100-107, 2009.

WITCOMBE, J.R.; GYAWALI, S.; SUBEDI, M.; VIRK, JOSHI, K.D. **Plant breeding can be made more efficient by having fewer, better crosses.** BMC Plant Biology, v.13, n. 22, p. 1-12, 2013.

CAPÍTULO 1

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE GENITORES DE SOJA NAS GERAÇÕES F₁ E F₂ PARA PRECOCIDADE E PRODUTIVIDADE

RESUMO: Capacidade combinatória de genitores de soja nas gerações F₁ e F₂ para precocidade e produtividade

No Brasil, o uso de cultivares de soja precoce e produtivas é essencial para permitir o cultivo da segunda safra, normalmente semeada entre os meses de janeiro e fevereiro. Desse modo, uma forma de obtenção de cultivares produtivas e precoces é através de cruzamentos dialélicos. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo, selecionar genitores de soja, a partir da estimativa de capacidade geral de combinação, e populações segregantes, promissoras para a extração de linhagens superiores quanto a precocidade e produtividade de grãos, por meio da estimativa da capacidade específica de combinação, oriundas de cruzamentos dialélicos geneticamente desbalanceado com avaliação das gerações F₁ e F₂. O delineamento genético, foi adotado em um esquema dialélico parcial, que totalizou 24 combinações híbridas. Sendo as cultivares do Grupo 1: BMX Prisma 8075RSF IPRO, M6952 IPRO, BMX Bônus 8579RSF IPRO, BMX Flecha 6266RSF IPRO, M6410 IPRO, NS 6909 IPRO e M7739 IPRO; Grupo 2: BMX Ponta 7166RSF IPRO, DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO e TMG 7062 IPRO. Foram avaliados dois caracteres na ocasião da maturação: dias para maturação (ciclo) e massa de grãos por planta em gramas (produção). Para a seleção das melhores populações, foram utilizadas duas estratégias: primeira baseada na capacidade específica de combinação (CEC) e na capacidade geral de combinação (CGC) dos genitores; e a segunda baseada nos valores genotípicos (VG) das populações que estivessem acima da média de cada experimento. Não foram identificadas significância para as capacidades geral combinação para os grupos 1 e 2, para ambas as características estudadas nas gerações F₁ e F₂. Em relação a CEC, somente a característica ciclo na geração F₁ não apresentou significância entre as populações. As populações provenientes dos cruzamentos entre os genitores BMX Prisma IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x BMX Ponta IPRO, M7739 IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x DM 6563 IPRO, BMX Prima IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x TMG 7062 IPRO e TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO, são a mais promissora para obtenção de progênies produtivas. As populações BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO, BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO, M6410 IPRO x DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO e M6952 IPRO x TMG 7062 IPRO são as que mais contribuem para redução no ciclo.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merr.; Dialelo Parcial; Modelos Mistos.

ABSTRACT: Combining ability of soybean parents in the F₁ and F₂ generations for precocity and grain.

In Brazil, the use of early and productive soybean cultivars is essential to allow the cultivation of the second-crop, normally sown between the months of January and February. Thus, one way of obtaining productive and early cultivars is through diallel crosses. In this sense, the present study aimed to select soybean parents, based on the estimate of general combining ability and segregating populations, promising for the extraction of superior strains in terms of precocity and grain productivity, through the estimation of the specific combining capacity, originated from genetically unbalanced diallel crosses with evaluation of the F₁ and F₂ generations. The genetic design was adopted in a partial diallel scheme, which totaled 24 hybrid combinations. The Group 1 cultivars are: BMX Prisma 8075RSF IPRO, M6952 IPRO, BMX Bonus 8579RSF IPRO, BMX Arrow 6266RSF IPRO, M6410 IPRO, NS 6909 IPRO and M7739 IPRO; Group 2: BMX Ponta 7166RSF IPRO, DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO and TMG 7062 IPRO. Two characters were evaluated at the time of maturation, days to maturity (cycle) and mass of grains per plant in grams (production). For the selection of the best populations two strategies were used: first based on the specific combining ability and the general combining ability of the parents; and the second based on the genotypic values of the populations that were above the average of the experiment. Significance was not identified for the general combination abilities for groups 1 and 2 for both characteristics studied in the F₁ and F₂ generations. The lack of significance of the effects of the general combining ability was a result of the small difference between the parents in terms of the frequency of favorable alleles with an additive effect. Regarding the specific combining ability, only the cycle characteristic in the F₁ generation did not show significance among populations. The populations from the crossings among the parents BMX Prisma IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x BMX Ponta IPRO, M7739 IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x DM 6563 IPRO, BMX Prima IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x TMG 7062 IPRO e TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO are the most promising to obtain productive progenies. The populations BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO, BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO, M6410 IPRO x DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO and M6952 IPRO x TMG 7062 IPRO are the ones that most contribute to the reduction in the cycle.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merr.; Partial Diallel; Mixed Models.

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.)] é uma das espécies cultivadas de maior importância socioeconômica no Brasil e no mundo devido, principalmente, à sua participação na cadeia produtiva animal e na alimentação humana (SEDIYAMA et al., 2013). Atualmente, a soja compõe o cenário agrícola como o principal cultivo da safra de verão, primeira safra, estando seu ciclo diretamente relacionado com a data de plantio segunda safra (CONAB, 2018). Desse modo, o uso de cultivares de soja precoce é essencial para permitir a semeadura de duas safras em uma mesma área de produção, o que possibilita otimizar o uso da área.

A seleção de genitores é uma das etapas primordiais no programa de melhoramento de plantas, pois são nesses que devem se concentrar os alelos favoráveis para as características de interesse, permitindo a obtenção de indivíduos superiores (BILYEYU et al., 2016). Novos programas de melhoramento genético de soja vinculam êxito obtido à eficiência na escolha dos genitores que, ao serem cruzados, produzam híbridos e, posteriormente, populações segregantes promissoras, favorecendo o trabalho do melhorista na obtenção de progresso genético (MATSUO et al., 2015; SEDIYAMA et al., 2015). Uma das metodologias mais eficientes e comumente aplicadas em programas de melhoramento para escolha de genitores e seleção de populações é a análise dialélica, que propicia estimativas de parâmetros úteis à seleção de genitores para hibridação e ao entendimento da ação dos genes envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ et al., 2012).

Uma limitação na utilização de cruzamentos dialélicos, é a dificuldade de obtenção de sementes na geração F_1 em soja (PIMENTEL, 2014), como alternativa a esse problema, a utilização da geração F_2 seria uma solução, devido à possibilidade de obtenção de um maior número de sementes nessa geração, o que permitiria instalação experimentos mais adequados quanto ao número de repetições e número de ambientes (BUENO, 2017).

O uso de análise dialélica na geração F_2 têm sido aplicadas ao melhoramento de diversas culturas autógamas, como trigo (BHULLAR et al., 1979; JAVAID et al., 2001; PIMENTEL et al., 2013), soja (CHO & SCOTT, 2000; CARVALHO et al., 2009; ROCHA et al., 2018) e feijão (ROSAL et al., 2000; DO VALE, 2015).

Todavia existe sempre a possibilidade da perda de unidades experimentais. Dessa forma, a demanda por metodologias estatísticas que possibilitam a seleção mais acurada de populações segregantes se faz necessária. Para essas condições, Resende (2007) recomenda o uso da metodologia de modelos mistos, no qual os componentes de variância estimados via máxima verossimilhança restrita (REML) e os valores genéticos são obtidos através da melhor predição não viesada (BLUP).

Vários estudos têm sido realizados para avaliar a capacidade combinatória de genótipos de soja, visando o estabelecimento de estratégias eficientes de seleção de indivíduos superiores, com ou sem a aplicação de modelos mistos. Entre esses trabalhos, destacam-se aqueles voltados à obtenção de linhagens superiores quanto à produção de grãos (DARONCH et al., 2014) (COLOMBO et al., 2018), precocidade (BUENO, 2017) teor de óleo e proteína (DEL CONTE, 2017). Entretanto, a demanda por novos cultivares elites de soja é constante, e os programas de melhoramento têm que ser dinâmicos para superar os atuais índices de produtividade e desempenho exigidos pelo mercado (COLOMBO et al., 2014).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo, selecionar genitores de soja, a partir da estimativa de capacidade geral de combinação, e populações segregantes, promissoras para a extração de linhagens superiores quanto a precocidade e produtividade de grãos, por meio da estimativa da capacidade específica de combinação, oriundas de cruzamentos dialélicos geneticamente desbalanceado com avaliação das gerações F_1 e F_2 .

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção das populações segregantes

O bloco de cruzamento foi implantando em casa de vegetação pertencentes ao Laboratório de Genética da Soja do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, no estado de Minas Gerais, no Brasil. O município está localizado nas coordenadas 20°45'S e 42°51'O, com altitude de 650 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como subtropical de altitude (Cwb), temperatura média de 20.4 °C e pluviosidade média anual 1251 mm, apresentando chuva mal distribuída ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco.

O período das hibridações ocorreu entre outubro de 2016 e janeiro de 2017. Os cruzamentos seguiram o esquema dialélico parcial o que originaram 24 populações (Tabela 1).

Tabela 1 - Populações F₁ obtidas por meio de cruzamentos entre dois grupos de genitores em esquema de dialelo parcial para a cultura da soja.

Grupo 1/Grupo 2	BMX Ponta IPRO	DM 6563 IPRO	SYN 13671 IPRO	TMG 7062 IPRO
BMX Prisma IPRO	1	2	13	14
M6952 IPRO	3	-	15	16
BMX Bônus IPRO	4	5	17	18
BMX Flecha IPRO	6	7	19	20
M6410 IPRO	8	9	21	-
NS 6909 IPRO	10	-	22	-
M7739 IPRO	11	12	23	24

A escolha dos 11 genitores (Tabela 1) e montagem dos grupos do dialelo parcial seguiram dois critérios. Primeiramente, foi selecionado um conjunto de cultivares que possuem grupo de maturidade fisiológica favorável à adaptação à macrorregião sojícola 3 no Brasil e que possuem a tecnologia INTACTA RR2 PROTM – IPRO. Posteriormente, com objetivo de possibilitar uma seleção fenotípica das plantas híbridas, os cultivares foram classificados quanto a cor de flor, dando origem aos dois grupos do dialelo parcial (Tabela 2).

Tabela 2 – Cor da flor, cor do hipocótilo e grupo de maturidade fisiológico (GMR) das cultivares utilizadas como genitores em cada grupo do dialelo parcial.

Cultivar	Cor da flor	Cor do hipocótilo	GMR
Genitores masculinos (Grupo 1)			
BMX Prisma IPRO	Roxa	Roxo	7.5
M6952 IPRO	Roxa	Roxo	7.2
BMX Bônus IPRO	Roxa	Roxo	7.9
BMX Flecha IPRO	Roxa	Roxo	6.6
M6410 IPRO	Roxa	Roxo	6.4
NS 6909 IPRO	Roxa	Roxo	6.9
M7739 IPRO	Roxa	Roxo	7.7
Genitores femininos (Grupo 2)			
BMX Ponta IPRO	Branca	Verde claro	6.9
DM 6563 IPRO	Branca	Verde claro	6.3
SYN 13671 IPRO	Branca	Verde claro	6.7
TMG 7062 IPRO	Branca	Verde claro	6.2

O critério cor de flor fundamenta-se no fato mencionado por Sedyama et al. (2015) e Silva et al. (2017), no qual a dominância completa e a ocorrência de pleiotropia para os alelos associados para cor de flor e do hipocótilo, são utilizados como marcadores fenotípicos na identificação das plantas híbridas. Segundo os autores, esta característica é controlada por um único gene com dois alelos, onde, cor de flor roxa/hipocótilo roxo são dominantes sobre flor branca/hipocótilo verde, permitindo que o critério de separação dos grupos por cor de flor e do hipocótilo fosse adotado. Assim, o grupo 1, composto de cultivares que possuem cor de flor roxa, foi utilizado como genitor masculino; e o grupo 2, composto por cultivares de cor de flor branca, foi utilizado como genitor feminino.

Condução e avaliação de F₁

As sementes oriundas do bloco de cruzamento foram implantadas em casa de vegetação, Laboratório de Genética da Soja do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, sob delineamento de blocos ao acaso com 7 repetições contando com seus respectivos genitores como testemunhas. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo uma planta cada, totalizando uma planta por parcela. A condução das plantas híbridas foi realizada entre os meses de fevereiro de 2017 e julho de 2017.

Para simulação das condições de cultivo da macrorregião sojícola 3, a casa de vegetação foi adaptada com lâmpadas para ajuste do fotoperíodo quando necessário, favorecendo um ambiente adequado para o bom desenvolvimento da soja levando em conta a importância do fotoperíodo como indutor de florescimento e fator fundamental para o desenvolvimento da cultura (CÂMARA, 1998). Os tratos culturais foram realizados conforme recomendados por Sedyama et al. (2015).

Na geração em questão foram avaliadas duas características a nível individual na ocasião da maturação, conforme as plantas atingiam o estágio fenológico R8, definido por Fehr e Caviness (1977), dias para maturação (Ciclo) e produção de grãos por planta em gramas (Produção). O Ciclo correspondeu ao período decorridos entre a emergência da plântula e maturação plena, estágio de desenvolvimento em que plantas com 95% de vagens que tenha atingido a cor de vagem madura. Para o número de dias para maturação a seleção foi praticada no sentido de reduzir a média da população, ou seja, para seleção de populações precoces.

Condução e avaliação de F₂

As populações F₂ foram conduzidas entre os meses de novembro de 2017 e fevereiro de 2018 no campo na estação experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul na cidade de Chapadão do Sul, no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, na estação experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul na cidade de Chapadão do Sul, localizada na latitude 18°41'33" S e longitude 52°40'45" O, com altitude de 800 m. O clima segundo a classificação de Köppen é tropical úmido (Aw) com estação chuvosa no verão e seca no inverno com precipitação média anual local de 1.300 mm e temperatura média de 23,7°C.

Os tratamentos foram representados pelas populações segregantes obtidas a partir de cruzamento dialélico (Tabela 3), sendo usadas sementes colhidas das plantas F₁'s avaliadas em casa de vegetação, e seus genitores. O delineamento utilizado foi o de blocos aumentados (DBA), com dois blocos, sendo os genitores utilizados como tratamentos em comuns em ambos os blocos. As parcelas experimentais foram constituídas de três linhas com 3 metros comprimento, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas e densidade de semeadura de 15 sementes por metro.

Tabela 3 - Relação das populações segregantes de soja avaliadas em Chapadão do Sul, safra 2017/2018, e suas respectivas genealogias e número de indivíduos avaliados.

População	Genealogia	Número de indivíduos avaliadas
1	BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO	21
2	DM 6563 IPRO x BMX Prisma IPRO	20
3	BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO	15
4	BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO	16
5	DM 6563 IPRO x BMX Bônus IPRO	22
6	BMX Ponta IPRO x BMX Flecha IPRO	16
7	DM 6563 IPRO x BMX Flecha IPRO	15
8	BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO	19
9	DM 6563 IPRO x M6410 IPRO	18
10	BMX Ponta IPRO x NS 6909 IPRO	15
11	BMX Ponta IPRO x M7739 IPRO	20
12	DM 6563 IPRO x M7739 IPRO	32
13	SYN 13671 IPRO x BMX Prisma IPRO	23
14	TMG 7062 IPRO x BMX Prisma IPRO	25
15	SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO	15
16	TMG 7062 IPRO x M6952 IPRO	15
17	SYN 13671 IPRO x BMX Bônus IPRO	15
18	TMG 7062 IPRO x BMX Bônus IPRO	20
19	SYN 13671 IPRO x BMX Flecha IPRO	15
20	TMG 7062 IPRO x BMX Flecha IPRO	15
21	SYN 13671 IPRO x M6410 IPRO	15
22	SYN 13671 IPRO x NS 6909 IPRO	20
23	SYN 13671 IPRO x M7739 IPRO	20
24	TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO	23

Foram avaliadas duas características a nível individual, na qual o número de indivíduos se encontra na Tabela 3: dias para maturação e produção de grãos por planta em gramas. O número de dias para maturação correspondeu ao período decorrido entre a emergência da plântula e a maturação plena, plantas com 95% de vagens que tenha atingido a cor de vagem madura.

Determinação da capacidade geral e específica de combinação

Os dados foram analisados usando máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesada (REML/BLUP). O REML foi utilizado para estimar os componentes de variância e o BLUP foi utilizado para prever os valores genotípicos.

Como estratégia utilizou o modelo 192 do software SELEGEN (RESENDE, 2007) que ajusta simultaneamente um modelo para cruzamentos e outro para genitores.

Para o ajuste de cruzamentos foi utilizado o modelo:

$$y = Xc + Zm + Wf + Sd + Tb + e, \text{ onde:}$$

c é o efeito fixo da média geral dos cruzamentos; m é o vetor dos efeitos das capacidades gerais de combinação dos genitores masculinos (aleatórios); f é o vetor dos efeitos das capacidades gerais de combinação dos genitores femininos (aleatórios); d é o vetor dos efeitos das capacidades específicas de combinação dos cruzamentos (aleatórios); b é o vetor dos efeitos de blocos (aleatórios); e é o vetor dos efeitos do erro (aleatórios). X , Z , W , S , e T são matrizes de incidência para seus respectivos efeitos.

Para ajuste dos efeitos de genitores foi utilizado o modelo:

$$y = Xu + Hg + Tb + e, \text{ onde:}$$

u é o efeito fixo da média geral dos genitores; g é o vetor dos efeitos genéticos aditivos dos genitores (aleatórios); b é o vetor dos efeitos de blocos (aleatórios); e é o vetor dos efeitos do erro (aleatórios). X , H e T são matrizes de incidência.

Para a seleção das melhores populações foram utilizadas duas estratégias: primeira baseada na capacidade específica de combinação (CEC) e na capacidade geral de combinação (CGC) dos genitores, no qual as populações foram selecionadas com base na magnitude da CEC em que pelo menos um dos genitores possuísse alta CGC; e a segunda baseada nos valores genotípicos (VG) das populações que estivessem acima da média do experimento.

Os valores genotípicos (VG) das populações F_1 e F_2 foram expressos em: $u + CGC_i + CGC_j + CEC_{ij}$, em que: u é a média geral do caractere; CGC_i é o valor de capacidade geral de combinação do genitor i ; CGC_j é o valor de capacidade geral de combinação do genitor j ; e , CEC_{ij} é o valor de capacidade específica de combinação da população ij .

As análises estatísticas foram realizadas usando o software Selegen-REML/BLUP (RESENDE, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a variância genotípica genitores (σ^2_{genit}), pode-se afirmar que, exceto para Produção na geração F_2 , existe variabilidade entre os genitores presentes. Porém, observa-se que não houve significância para as capacidades geral de combinação (CGC) nos dois grupos de genitores, para as características estudadas nas gerações F_1 e F_2 (Tabela 4).

Esse fenômeno indica que, dentro de cada grupo, os genitores não diferiram entre si na frequência dos alelos favoráveis de efeitos aditivos. Segundo Del Conte (2017) uma possibilidade para ausência de variabilidade para as estimativas de CGC pode ser explicada pelo fato de os genitores utilizados serem cultivares comerciais com alta produtividade de grãos e, portanto, possuem alelos semelhantes para as características em questão.

Em relação à capacidade específica de combinação (CEC) a característica Ciclo na geração F_1 não apresentou significância entre as populações. A falta de significância dos efeitos da CEC foi resultado da pequena contribuição dos efeitos de dominância para a mesma, como observado pelo baixo valor de h^2_{dom} . Entretanto para as demais características, ciclo em F_2 e produção em F_1 e F_2 , a variabilidade presente para a CEC infere à presença de efeito heterótico. A julgar pela significância das variâncias, pode-se afirmar que, ao utilizar esse conjunto de genitores, os efeitos da CEC das populações originadas possuem maior importância que os da CGC, para as duas variáveis analisadas, de forma a realçar a maior contribuição da ação gênica não aditiva no controle do ciclo e produção. Colombo et al. (2018) e Daronch et al (2014), estudando cruzamentos dialélicos para a produtividade de grãos de soja, também identificaram o predomínio da CEC, indicando a predominância dos efeitos não aditivos no controle das características.

No melhoramento da soja o produto final são linhagens homozigóticas. Essas carregam efeitos aditivos e epistáticos do tipo aditivo x aditivo. Dessa forma a predominância de genes não aditivos no controle das características pode dificultar o ganho de seleção, uma vez que, dependendo da quantidade de genes que controlam a característica em questão, torna-se complexo encontrar o indivíduo homozigoto com todos genes favoráveis à expressão do fenótipo (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992).

Tabela 4- Estimativa de parâmetros genéticos para as características ciclo e produção nas gerações F₁ e F₂.

Parâmetros	F ₁		F ₂		
	Ciclo	Produção	Parâmetros	Ciclo	Produção
σ^2_{cgc1}	16.9163 ^{NS}	0.3788 ^{NS}	σ^2_{cgc1}	2.4308 ^{NS}	5.9107 ^{NS}
σ^2_{cgc2}	27.7716 ^{NS}	0.7247 ^{NS}	σ^2_{cgc2}	0.1426 ^{NS}	0.0991 ^{NS}
σ^2_{cec}	14.8326 ^{NS}	2.4100 ^{**}	σ^2_{cec}	17.8828 ^{**}	16.1517 ^{**}
σ^2_{genit}	121.9899 ^{**}	7.6951 ^{**}	σ^2_{genit}	32.6250 ^{**}	1.7505 ^{NS}
σ^2_a	89.3758	2.2070	σ^2_a	5.1468	12.0196
σ^2_d	59.3304	9.6400	σ^2_d	71.5312	64.6068
σ^2_b	29.5863	0.4518	σ^2_b	0.0732	3.3899
σ^2_e	207.7861	7.0730	σ^2_e	17.2990	91.6723
σ^2_{fpop}	286.8930	11.0385	σ^2_{fpop}	37.8285	117.2239
σ^2_{fgenit}	359.3624	15.2199	σ^2_{fgenit}	49.9972	96.8128
h^2_{cgc1}	0.0590	0.0343	h^2_{cgc1}	0.0643	0.0504
h^2_{cgc2}	0.0968	0.0657	h^2_{cgc2}	0.0038	0.0008
h^2_a	0.1558	0.1000	h^2_a	0.0680	0.0513
h^2_{dom}	0.0168	0.2183	h^2_{dom}	0.4727	0.1378
h^2_g	0.1726	0.3183	h^2_g	0.5408	0.1891
$r_{\hat{a}a}$	0.3947	0.3162	$r_{\hat{a}a}$	0.2608	0.2264
Média geral	126.6403	7.4725	Média geral	107.2591	22.1408

** P < 0,01, * P < 0,05 e ^{NS} não-significativo a 1 g.l. pelo teste de χ^2 (1% = 6,63, 5% = 3,84), via teste de LRT (Likelihood Ratio Test) dos efeitos aleatórios. σ^2_{cgc1} = variância da CGC dos genitores do grupo 1; σ^2_{cgc2} = variância da CGC dos genitores do grupo 2; σ^2_{cec} = variância da CEC das populações; σ^2_{genit} = variância genotípica entre genitores; σ^2_a = variância genética aditiva; σ^2_d = variância genética de dominância; σ^2_b = variância entre blocos; σ^2_e = variância do erro; σ^2_{fpop} = variância fenotípica entre populações; σ^2_{fgenit} = variância fenotípica entre genitores; $r_{\hat{a}a}$ = acurácia; h^2_{cgc1} = herdabilidade dos genitores do grupo 1; h^2_{cgc2} = herdabilidade dos genitores do grupo 2; h^2_a = herdabilidade no sentido restrito; h^2_d = herdabilidade dos valores devido aos desvios da dominância; h^2_g = herdabilidade no sentido amplo; $r_{\hat{a}a}$ = acurácia.

A CGC refere-se ao desempenho médio do cultivar em combinações híbridas, ao passo que CEC é usada para designar aqueles casos em que certas combinações híbridas são melhores ou piores que o esperado, com base na performance média das cultivares envolvidas. A CGC está associada a genes de efeitos principalmente aditivos, além dos efeitos epistáticos aditivos x aditivos. Por sua vez, a CEC depende, basicamente, de genes com efeitos dominantes e de vários tipos de interações (CRUZ, 2007).

Com a ausência de variabilidade para a CGC, para uma determinada característica, uma estratégia para seleção de populações a ser adotada, é com base nas altas magnitudes da CEC das populações, que sejam provenientes de pelo menos um genitor com magnitude elevada para CGC. Cruz et al. (2012), relatou que menores valores de CEC indicam que os híbridos revelam um desempenho conforme o esperado com base na CGC, enquanto que valores elevados de CEC, revelam um desempenho melhor do que o esperado. Assim, os cruzamentos que tiverem altas estimativas de CEC serão capazes de liberar maior variabilidade genética após algumas gerações de autofecundação, indispensável ao processo de seleção (ABREU et al., 2004).

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de cada genitor estão apresentadas nas Tabelas 5 e 6, para as variáveis Ciclo e Produção, respectivamente.

Como não existe variabilidade significativa para a estimativa de CEC para a variável ciclo na geração F_1 (Tabela 4), admite-se que não existe diferenças entre os valores de CEC (Tabela 5) para a característica naquela geração. Portanto, não há diferenças entre as populações quanto à frequência dos alelos favoráveis de efeitos de dominância para a redução do ciclo da soja nessas populações.

Tabela 5 - Estimativas das capacidades geral de combinação (CGC) dos genitores e capacidades específica de combinação (CEC) das populações oriundas dos cruzamentos obtidos via esquema de dialelo, para a característica ciclo nas gerações F₁ e F₂.

Grupo1/Grupo2	BMX Ponta	DM 6563	SYN 13671	TMG 7062	CGC
	IPRO	IPRO	IPRO	IPRO	
CEC					CGC
Geração F1					
BMX Prisma IPRO	-0,54	-2,68	1,22	1,21	-0,91
M6952 IPRO	-1,10	-	1,41	-5,06	-5,42
BMX Bônus IPRO	0,98	1,36	0,14	-1,38	1,24
BMX Flecha IPRO	2,25	-0,13	-0,28	1,12	3,37
M6410 IPRO	-4,12	2,70	0,10	-	-1,51
NS 6909 IPRO	0,17	-	1,34	-	3,46
M7739 IPRO	0,02	1,55	-2,20	0,42	-0,24
CGC	-4,44	4,82	3,10	-3,47	
Geração F2					
BMX Prisma IPRO	1,43	0,92	7,06	-0,96	1,15
M6952 IPRO	-1,55		-1,94	-3,24	-0,91
BMX Bônus IPRO	-1,79	5,88	0,62	-5,26	0,41
BMX Flecha IPRO	-2,92	-1,21	-2,76	7,07	0,02
M6410 IPRO	-6,70	-3,21	-0,04		-1,35
NS 6909 IPRO	-2,31		5,34		0,41
M7739 IPRO	4,56	-3,14	4,37	-3,80	0,27
CGC	-0,05	-0,01	0,10	-0,05	

Estimativas de CEC dos cruzamentos são apresentadas dentro da tabela e as estimativas de CGC nas marginais

Entretanto, ainda para o ciclo, na geração F₂, é possível a identificação das populações que podem contribuir para uma redução do ciclo da cultura: BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO, BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO, M6410 IPRO x DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO e M6952 IPRO x TMG 7062 IPRO. Este resultado indica que esses genitores se complementam bem para esta característica, pois apresentaram os maiores valores da estimativa CEC em magnitude, contribuindo para a característica em questão.

Para a característica produção (Tabela 6) na geração F₁, efeitos elevados e positivos de CEC foram observados nas populações BMX Prisma IPRO x BMX Ponta IPRO, M7739 IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Bônus IPRO x DM 6563, BMX Flecha x DM 6563 IPRO e M6410 x DM 6563 IPRO. Já na geração F₂ as populações em destaque são BMX Prisma IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x BMX Ponta IPRO, M7739 IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX

Flecha IPRO x DM 6563 IPRO, BMX Prima IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x TMG 7062 IPRO e TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO.

Tabela 6 - Estimativas das capacidades geral de combinação (CGC) dos genitores e capacidades específica de combinação (CEC) das populações oriundas dos cruzamentos obtidos via esquema de dialelo, avaliados para a característica produção nas gerações F₁ e F₂.

Grupo1/Grupo2	BMX Ponta IPRO	DM 6563 IPRO	SYN 13671 IPRO	TMG 7062 IPRO	
				CEC	CGC
Geração F ₁					
BMX Prisma IPRO	2,39	-1,27	-0,53	0,26	0,35
M6952 IPRO	1,11	-	-0,25	1,05	-0,27
BMX Bônus IPRO	-0,32	0,56	-1,45	0,62	0,36
BMX Flecha IPRO	-0,87	0,96	-2,07	1,87	0,12
M6410 IPRO	-1,48	1,22	-0,74	-	0,02
NS 6909 IPRO	0,03	-	0,20	-	-0,15
M7739 IPRO	1,04	-0,42	0,04	-1,26	-0,44
CGC	0,77	0,12	-0,71	-0,17	
Geração F ₂					
BMX Prisma IPRO	1,12	0,29	1,57	-1,39	1,80
M6952 IPRO	1,06	-	-2,90	5,30	-0,82
BMX Bônus IPRO	-4,61	-4,03	-2,92	-0,94	-1,36
BMX Flecha IPRO	0,80	7,86	2,74	1,93	0,47
M6410 IPRO	0,31	3,63	-1,15	-	-2,36
NS 6909 IPRO	2,65	-	-5,49	-	-0,05
M7739 IPRO	0,50	-4,73	-2,05	0,46	2,31
CGC	0,02	0,01	0,01	-0,04	

Estimativas de CEC dos cruzamentos são apresentadas dentro da tabela e as estimativas de CGC nas marginais.

Para as duas características avaliadas (Tabela 5 e 6), a magnitude das medidas de CGC e CEC das combinações foram diferentes entre as duas gerações. Esse fato aponta que a escolha das melhores populações deve ser realizada através de resultados consistentes, o que demonstra a importância da realização de avaliações em mais de uma geração conforme realizado no presente trabalho. Também é importante ressaltar que, em se tratando de soja, cujo produto final do melhoramento são linhagens homozigóticas, é vantajosa a avaliação da superioridade das populações em geração com algum nível de endogamia. Dessa forma, no presente estudo, a recomendação das melhores populações será feita com base nos resultados obtidos na geração F₂.

Outra forma de identificar as melhores populações seria com base na comparação do valor genético (VG), conforme demonstrado na Tabela 6 e 7. Para a variável Ciclo na geração F₁ (Tabela 6) não foi possível fazer uma comparação entre VG e CEC, uma vez que, nessa geração não foi obtido significância para a variância da CEC. Analisando a geração F₂ para essa mesma variável, o método de seleção com base no VG selecionou 13 populações abaixo da média, ou seja, que possuem alelos favoráveis para contribuir com a redução do ciclo. Com a seleção utilizando a CEC com pelo menos um genitor com alta CGC, foi possível selecionar 5 populações, sendo que todas foram selecionadas em ambos os métodos.

Essa alta coincidência, entre os métodos de seleção em estudo, pode ser explicada pelo fato das combinações selecionadas via VG apresentarem, em pelo menos um dos genitores médias elevadas (CGC), e a população apresentar grande variabilidade genética (CEC). Analisando a população TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO, como exemplo, a mesma apresenta alto valores em magnitude de VG e CEC, porém não foi selecionada pelo método da CEC, já que apresenta baixos valores de CGC (Tabela 5), ou seja, os genitores apresentaram baixa média (CGC), porém a população apresenta ampla variabilidade genética (CEC), justificando assim a seleção pelo método de VG. Dessa forma, é possível afirmar que para o conjunto gênico avaliado, a seleção de populações segregantes promissoras pode ser realizada com base na CEC, levando em consideração pelo menos um genitor com alta CGC.

Tabela 6 - Valores genéticos (VG) e de capacidade específica de combinação (CEC) das populações F1 e F2 para a característica ciclo.

População	Ciclo F1		Ciclo F2	
	VG	CEC	VG	CEC
BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO	120,11	-4,12	99,16	-6,70
TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO	125,86	-1,38	102,37	-5,26
SYN 13671 IPRO x M7739 IPRO	135,52	2,70	102,69	-3,21
SYN 13671 IPRO x NS 6909 IPRO	115,52	-5,06	103,06	-3,24
SYN 13671 IPRO x M6410 IPRO	126,17	0,42	103,68	-3,80
TMG 7062 IPRO x BMX Flecha IPRO	131,37	2,25	104,31	-2,92
SYN 13671 IPRO x BMX Flecha IPRO	135,64	1,55	104,39	-3,14
TMG 7062 IPRO x BMX Bônus IPRO	128,55	1,41	104,51	-1,94
SYN 13671 IPRO x BMX Bônus IPRO	135,64	-0,28	104,63	-2,76
TMG 7062 IPRO x M6952 IPRO	119,23	-1,10	104,75	-1,55
SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO	129,38	0,17	105,31	-2,31
TMG 7062 IPRO x BMX Prisma IPRO	131,14	0,10	105,96	-0,04
SYN 13671 IPRO x BMX Prisma IPRO	137,57	-0,13	106,06	-1,21
DM 6563 IPRO x M7739 IPRO	126,29	1,21	107,40	-0,96
BMX Ponta IPRO x M7739 IPRO	133,94	0,14	108,39	0,62
BMX Ponta IPRO x NS 6909 IPRO	130,74	-2,68	109,32	0,92
DM 6563 IPRO x M6410 IPRO	127,97	0,98	109,41	1,79
DM 6563 IPRO x BMX Flecha IPRO	124,30	-0,54	109,79	1,43
BMX Ponta IPRO x BMX Flecha IPRO	130,11	-2,20	112,00	4,37
DM 6563 IPRO x BMX Bônus IPRO	125,53	0,02	112,05	4,56
BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO	137,36	1,34	113,11	5,34
BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO	136,93	1,36	113,55	5,88
DM 6563 IPRO x BMX Prisma IPRO	130,48	1,12	114,31	7,07
BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO	132,87	1,22	115,57	7,06
Média	129,51		107,32	

¹ Valores destacados em negrito indicam populações selecionadas com base nos valores genéticos (VG) que foram expressos em: $u + CGCi + CGCj + CECij$, em que: u é a média geral do caractere; $CGCi$ é o valor de capacidade geral de combinação do genitor i ; $CGCj$ é o valor de capacidade geral de combinação do genitor j ; e, $CECij$ é o valor de capacidade específica de combinação da população ij . ² Valores destacados em negrito indicam populações selecionadas com base na CEC com pelo menos um genitor com alta CGC

Para a variável produção na geração F₂ (Tabela 7) um total de 11 populações ficaram acima na média do experimento, sendo essas populações as com maior potencial para ganhos com produtividade. Comparando a seleção com base no VG e CEC, obtém-se 6 populações selecionadas em ambos os métodos.

Tabela 7 - Valores genéticos (VG) e de capacidade específica de combinação (CEC) das populações F1 e F2 para a característica produção.

População	Produção F1		Produção F2	
	VG	CEC	VG	CEC
BMX Ponta IPRO x M7739 IPRO	10,69	1,04	32,33	0,50
SYN 13671 IPRO x BMX Flecha IPRO	10,63	-2,07	27,93	2,74
SYN 13671 IPRO x M7739 IPRO	6,32	0,04	27,20	-2,05
TMG 7062 IPRO x BMX Prisma IPRO	10,54	0,26	25,84	-1,39
SYN 13671 IPRO x BMX Prisma IPRO	8,06	-0,53	25,52	1,57
DM 6563 IPRO x BMX Flecha IPRO	7,81	0,96	25,28	7,86
BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO	12,99	2,39	25,08	1,12
TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO	5,91	-1,26	24,87	0,46
DM 6563 IPRO x BMX Bônus IPRO	9,22	0,56	24,42	-4,03
DM 6563 IPRO x BMX Prisma IPRO	6,29	-1,27	24,26	0,29
BMX Ponta IPRO x NS 6909 IPRO	5,74	0,03	22,90	2,65
BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO	12,90	-0,32	21,86	-4,61
BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO	6,59	1,11	21,62	1,06
SYN 13671 IPRO x NS 6909 IPRO	7,47	0,20	21,16	-5,49
TMG 7062 IPRO x BMX Flecha IPRO	7,57	1,87	20,53	1,93
DM 6563 IPRO x M6410 IPRO	9,04	1,22	20,30	3,63
TMG 7062 IPRO x M6952 IPRO	5,38	1,05	20,13	5,30
SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO	6,49	-0,25	19,93	-2,90
DM 6563 IPRO x M7739 IPRO	7,63	-0,42	19,73	-4,73
BMX Ponta IPRO x BMX Flecha IPRO	8,70	-0,87	18,02	0,80
SYN 13671 IPRO x BMX Bônus IPRO	9,76	-1,45	17,89	-2,92
SYN 13671 IPRO x M6410 IPRO	6,84	-0,74	16,88	-1,15
BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO	9,95	-1,48	15,77	0,31
TMG 7062 IPRO x BMX Bônus IPRO	10,04	0,62	15,25	-0,94
Media	8,44		22,28	

¹ Valores destacados em negrito indicam populações selecionadas com base nos valores genéticos (VG) que foram expressos em: $u + CGCi + CGCj + CECij$, em que: u é a média geral do caractere; $CGCi$ é o valor de capacidade geral de combinação do genitor i ; $CGCj$ é o valor de capacidade geral de combinação do genitor j ; e, $CECij$ é o valor de capacidade específica de combinação da população ij . ² Valores destacados em negrito indicam populações selecionadas com base na CEC com pelo menos um genitor com alta CGC.

Ao contrário do que se encontrou para ciclo, a característica produção obteve um nível de coincidência de 75% entre os métodos de seleção avaliados (VG e CEC), demonstrando que a seleção com base na CEC, em que pelo menos um dos genitores apresente elevada CGC, possibilita, dentro das limitações dos parentais, a obtenção de populações segregantes com média alta e variabilidade genética elevada para as características de interesse, requisitos necessários para o sucesso de um programa de melhoramento. Dessa forma, é possível afirmar

que para o conjunto gênico avaliado, a seleção de populações segregantes promissoras pode ser realizada com base na CEC.

4. CONCLUSÕES

Não foi identificado variâncias significativas para CGC para as duas características analisadas nas gerações F₁ e F₂.

Somente a característica ciclo na geração F₁ não apresentou significância entre as populações com base na capacidade específica de combinação (CEC).

As populações provenientes dos cruzamentos entre os genitores BMX Prisma IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x BMX Ponta IPRO, M7739 IPRO x BMX Ponta IPRO, BMX Flecha IPRO x DM 6563 IPRO, BMX Prima IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x SYN 13671 IPRO, BMX Flecha IPRO x TMG 7062 IPRO e TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO, são a mais promissora para obtenção de progênes produtivas.

As populações BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO, BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO, M6410 IPRO x DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO e M6952 IPRO x TMG 7062 IPRO são as que mais contribuem para redução no ciclo.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, F. B.; LEAL, N. R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H. **Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n. 03, p. 547-552, 2004.
- BILYEU, K.; RATNAPARKHE, M. B.; KOLE, C. (Ed.). **Genetics, genomics, and breeding of soybean.** New York: CRC, 2016. 350 p.
- BUENO, T. V. **Capacidade combinatória de genitores de soja nas gerações F₁ e F₂ visando melhoramento para precocidade e produtividade de grãos.** 2017. 41f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017
- BHULLAR, K.S., K.S. GILL, A.S. KHEHRA. **Combining ability analysis over F₁-F₅ generations in diallel crosses of bread wheat.** Theor Appl Genet v.55, p.77-80, 1979.
- CÂMARA, G. M. S. **Ecofisiologia da soja e rendimento.** In: CÂMARA, G.M.S. Soja: tecnologias da produção. Piracicaba: ESALQ, 1998. p.256-77.

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, p.857-861, 2009

CHO, Y., SCOTT, R.A. **Combining ability of seed vigor and seed yield in soybean.** *Euphytica*, v.112, p.145-150, 2000.

COLOMBO, G. A., DE CARVALHO, E. V., DARONCH, D. J., & PELUZIO, J. M. **Capacidade combinatória de genótipos de soja sob condições de cerrado de baixa latitude.** *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 61, 2018.

CONAB, 2017. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos - SAFRA 2016/17**, in: CONAB (Ed.).

CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística.** 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 648 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 4 ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p

DARONCH, D. J.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; NASCIMENTO, M. O. **Capacidade combinatória de cultivares de soja em F₂, sob condições de cerrado tocantinense.** *Bioscience Journal*, v. 30, n. 5, p. 688-695, 2014.

DEL CONTE, M. V. **Uso de modelos mistos no melhoramento da soja para teores de óleo e proteína nos grãos.** 2017. 60f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

DO VALE, N.M. **Melhoramento de feijão carioca com ênfase em precocidade.** Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

JAVOID, A., MASOOD, S., MINHAS, N.M. **Analysis of combining ability in wheat (*Triticum aestivum* L.) using F₂ generation.** *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v.4, p.1303-1305, 2001.

MATSUO, E.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, S. C.; GLASENAPP, J. S. **Hibridação.** In: SEDIYAMA, T. (Ed.). *Melhoramento genético da soja*. Londrina: Mecnas, 2015. p. 57-72.

KUREK, A. J. et al. **Capacidade combinatória como critério de eficiência na seleção de genitores em feijoeiro.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.645-651, 2001

PIMENTEL, A.J.B., SOUZA, M.A., CARNEIRO, P.C.S., ROCHA, J.R.A.S.C., MACHADO, J.C., RIBEIRO, G. **Análise dialélica parcial em gerações avançadas para seleção de populações segregantes de trigo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, p. 1555-1561, 2013.

PIMENTEL, A.J.B. **Caracterização de cultivares para tolerância ao calor e metodologias para seleção de genótipos em trigo.** 2014. 61f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético.** Embrapa Florestas, Colombo. 561 p. 2007

RESENDE, M.D.V. **Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, MG, v, 16, n, 4, p, 330-339, 2016b

ROCHA, G.A.F., PEREIRA, F.A.C., VELLO, N.A. **Potential of soybean crosses in early inbreeding generations for grain yield.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.18, p.267-275, 2018.

ROSAL, C.J.S., RAMALHO, M.A.P., GONÇALVES, F.M.A., ABREU, A.F.B. **Early selection for common bean grain yield.** Bragantia, v.59, p.189-195, 2000.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da soja.** In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2013, p. 553-603.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 462 p

CAPÍTULO 2

ÍNDICE DE SELEÇÃO BLUP COM PROGENITORES E POPULAÇÕES F2 EM SOJA PARA AS CARACTERÍSTICAS PRODUÇÃO E PRECOCIDADE

RESUMO: Índice de seleção BLUP com progenitores e populações F₂ em soja para as características produção e precocidade

A seleção via índices baseados em várias fontes de informação é potencialmente mais eficiente que a seleção baseada nos valores genotípicos de população e a inclusão da informação dos progenitores e a variância dentro de população aumenta a expectativa de ganhos para os caracteres estudados. Dessa forma, o presente trabalho teve com o objetivo estudar a aplicação de novos métodos de seleção que podem ser aplicados em situações em que são avaliados simultaneamente populações F₂'s e seus progenitores, e prever o ganho genético pela seleção das melhores populações para precocidade e produção de grãos. Foram utilizadas 24 populações F₂ oriundas de cruzamentos biparentais, obtidas a partir de cruzamento dialélico parcial. Sendo as cultivares do Grupo 1: BMX Prisma IPRO, M6952 IPRO, BMX Bônus IPRO, BMX Flecha IPRO, M6410 IPRO, NS 6909 IPRO e M7739 IPRO; Grupo 2: BMX Ponta IPRO, DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO e TMG 7062 IPRO. Os dados de produção de grãos e número de dias para a maturação foram analisados usando máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesada (REML/BLUP) para obtenção dos efeitos genotípicos e acurácias de progenitores e populações. Foram comparadas a seleção via valor genotípico de população, índice com valor genotípico de progenitores e população F₂ e índices que consideram a variabilidade genética dentro de população. A comparação entre os índices em estudo foi realizada com base nos ganhos de seleção em porcentagem, considerando uma pressão de seleção de 25%. Os índices I_a e I_c apresentaram valor de acurácia 1% superior aos demais índices considerando o caráter ciclo. Em relação a produção essa superioridade dos índices I_a e I_c foi de 3%, demonstrando a eficácia desses dois métodos de seleção. Com a utilização do índice I_a pode-se obter uma redução no ciclo de 21,38%, sendo esse valor superior em 2,59% e 3,03% em relação aos índices I_b e I_c , respectivamente. Ganhos de 21,93% foram obtidos para a produção utilizando o índice I_a , o que corresponde a uma superioridade de 13,19% em relação aos demais índices. O índice ia que inclui os valores genotípicos de progenitores e de populações F₂ foi a melhor estratégia para aumentar os ganhos com a seleção. A utilização de índices, para a seleção, que tem por base várias fontes de informação são mais promissoras que a seleção baseada somente nos valores genotípicos de população

Palavras-chave: Glycine max (L.) Merr.; ganhos de seleção; população segregante.

ABSTRACT: BLUP selection index with parents and F₂ populations in soybean for production and precocity characteristics.

Selection via indexes based on various sources of information is potentially more efficient than selection based on genotypic population values and the inclusion of information from parents and variance within the population increases the expected gains for the characters studied. Thus, this study aimed to study the application of new selection methods that can be applied in situations in which F₂'s populations and their parents are simultaneously evaluated, and to predict the genetic gain by selecting the best populations for precocity and production of grain. Twenty-four F₂ populations from two-parent crosses, obtained from partial diallel crosses, were used. The Group 1 cultivars are: BMX Prisma IPRO, M6952 IPRO, BMX Bonus IPRO, BMX Flecha IPRO, M6410 IPRO, NS 6909 IPRO and M7739 IPRO; Group 2: BMX Ponta IPRO, DM 6563 IPRO, SYN 13671 IPRO and TMG 7062 IPRO. The grain production data and number of days for maturation were analyzed using maximum restricted likelihood / best unbiased linear prediction (REML / BLUP) to obtain the genotypic effects and accuracy of parents and populations. Selection via population genotypic value, index with genotypic value of parents and F₂ population, and indexes that consider genetic variability within the population were compared. The comparison between the indexes under study was based on the selection gains in percentage, considering a selection pressure of 25%. The I_a and I_c indices showed an accuracy value 1% higher than the other indices considering the cycle character. In relation to production, this superiority of the I_a and I_c indices were 3%, demonstrating the effectiveness of these two selection methods. With the use of the I_a index, a reduction in the cycle of 21.38% can be obtained, this value being 2.59% and 3.03% higher than the I_b and I_c indices, respectively. Gains of 21.93% were obtained for production using the index I_a , which corresponds to a superiority of 13.19% in relation to the other indexes. The I_a index, which includes the genotypic values of parents and F₂ populations, was the best strategy for increasing gains with selection. The use of indices for selection, based on various sources of information, is more promising than selection based only on genotypic values of population.

Keywords: Glycine max (L.) Merr.; selection gains; segregating population.

1. INTRODUÇÃO

A seleção de genitores e de populações segregantes constitui a primeira etapa no processo de melhoramento. Desta depende o sucesso das demais etapas e, conseqüentemente, a eficiência do programa, sendo uma das decisões de maior importância a ser tomada pelo melhorista (BERTAN et al., 2007; PEREIRA et al., 2007). Entretanto, a condução das populações segregantes é considerada a fase mais trabalhosa, onerosa e crítica de um programa de melhoramento de espécies autógamas (ALMEIDA et al., 1997). O seu principal objetivo é selecionar, no final do processo, genótipos homozigóticos (linhagens), que apresentem na totalidade ou a maioria dos alelos favoráveis (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

No melhoramento de plantas autógamas, como a soja, geralmente é avaliado grande número de populações oriundas de diversos cruzamentos entre linhagens, gerando vários híbridos F_1 e posteriormente gerações F_2 . Neste contexto, a utilização de metodologias eficientes na seleção de genitores e predição do comportamento de populações segregantes torna-se ferramenta necessária aos melhoristas (VALÉRIO et al., 2009). Diversas metodologias foram desenvolvidas para esses fins. Algumas baseiam-se apenas em informações dos genitores, como a média parental e a diversidade genética, enquanto outras fundamentam-se no comportamento das progênies oriundas dos cruzamentos, abrangendo a análise dialélica e o método proposto por Jinks e Pooni (1976)

Outro método, chamado índice de seleção com pais, populações, progênies e efeitos de gerações (SIPPPG) foi recomendado para a seleção no melhoramento de espécies autógamas (RESENDE et al., 2016). Esse índice inclui não somente os efeitos de progênies em diferentes gerações, mas também os efeitos de populações em todas as gerações, dados dos pais e gerações F_1 e F_2 simultaneamente.

A seleção via índices baseados em várias fontes de informação é potencialmente mais eficiente que a seleção baseada nos valores genotípicos de população e a inclusão da informação dos progenitores e a variância dentro de população aumenta a expectativa de ganhos para os caracteres estudados. (REZENDE, 2015; BEZERRA, 2017). Entretanto, são poucas referências de um índice específico para seleção de populações F_2 que, geralmente, tem sido realizada apenas com as informações de populações, ignorando-se as informações de progenitores. Resende (2015) propôs o emprego de três índices denominados I_a , I_b e I_c . O índice I_a contempla

simultaneamente informações genéticas de populações F_2 's e seus genitores. O índice I_b considera o valor genético aditivo da população e a variabilidade genética dentro da mesma. Já o índice I_c combina as informações dos dois primeiros índices.

Dessa forma, o presente trabalho teve com o objetivo aplicar os índices propostos por Resende (2015) para seleção de populações F_2 's de soja, e predizer o ganho genético desta seleção quanto à precocidade e produção de grãos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos dados fenotípicos

O ensaio foi conduzido na safra 2017/2018 na estação experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul na cidade de Chapadão do Sul, localizada na latitude 18°41'33" Sul e longitude 52°40'45" Oeste, com altitude de 800 m. O clima segundo a classificação de Köppen é tropical úmido (Aw) com estação chuvosa no verão e seca no inverno com precipitação média anual local de 1.300 mm e temperatura média de 23,7°C.

Os tratamentos foram representados por 24 populações F_2 , oriundas de cruzamentos em esquema de dialelo parcial desbalanceado, e seus respectivos genitores (Tabela 1). Os genitores foram escolhidos baseado na alta capacidade produtiva de grãos e na adaptabilidade para a macrorregião sojícola 3 conforme definido pela 3ª Aproximação (KASTER, 2012). O delineamento foi o de blocos aumentados (DBA) de Federer (FEDERER, 1956). As parcelas experimentais foram constituídas de três linhas com 3 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas e densidade de semeadura de 15 sementes por metro.

Foram avaliados dois caracteres: dias para maturação (ciclo) e produção de grãos por planta em gramas (produção). O número de dias para maturação correspondeu ao período decorridos entre a emergência da plântula e maturação plena, estágio de desenvolvimento em que plantas com 95% de vagens que tenha atingido a cor de vagem madura. Para o número de dias para maturação a seleção foi praticada no sentido de reduzir a média da população, ou seja, para seleção de populações precoces.

Tabela 1 - Relação das populações segregantes de soja avaliadas em Chapadão do Sul, safra 2017/2018, e suas respectivas genealogias e número de indivíduos avaliados.

População	Genealogia	Número de indivíduos avaliadas
1	BMX Ponta IPRO x BMX Prisma IPRO	21
2	DM 6563 IPRO x BMX Prisma IPRO	20
3	BMX Ponta IPRO x M6952 IPRO	15
4	BMX Ponta IPRO x BMX Bônus IPRO	16
5	DM 6563 IPRO x BMX Bônus IPRO	22
6	BMX Ponta IPRO x BMX Flecha IPRO	16
7	DM 6563 IPRO x BMX Flecha IPRO	15
8	BMX Ponta IPRO x M6410 IPRO	19
9	DM 6563 IPRO x M6410 IPRO	18
10	BMX Ponta IPRO x NS 6909 IPRO	15
11	BMX Ponta IPRO x M7739 IPRO	20
12	DM 6563 IPRO x M7739 IPRO	32
13	SYN 13671 IPRO x BMX Prisma IPRO	23
14	TMG 7062 IPRO x BMX Prisma IPRO	25
15	SYN 13671 IPRO x M6952 IPRO	15
16	TMG 7062 IPRO x M6952 IPRO	15
17	SYN 13671 IPRO x BMX Bônus IPRO	15
18	TMG 7062 IPRO x BMX Bônus IPRO	20
19	SYN 13671 IPRO x BMX Flecha IPRO	15
20	TMG 7062 IPRO x BMX Flecha IPRO	15
21	SYN 13671 IPRO x M6410 IPRO	15
22	SYN 13671 IPRO x NS 6909 IPRO	20
23	SYN 13671 IPRO x M7739 IPRO	20
24	TMG 7062 IPRO x M7739 IPRO	23

Análises estatísticas

Os dados foram analisados usando máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesada (REML/BLUP). O REML foi utilizado para estimar os componentes de variância e o BLUP foi utilizado para prever os valores genotípicos.

Como estratégia utilizou o modelo 192 do software SELEGEN (RESENDE, 2007) que ajusta simultaneamente um modelo para cruzamentos e outro para genitores.

Para o ajuste de cruzamentos foi utilizado o modelo:

$$y = Xc + Zm + Wf + Sd + Tb + e, \text{ onde:}$$

c é o efeito fixo da média geral dos cruzamentos; m é o vetor dos efeitos das capacidades gerais de combinação dos genitores masculinos (aleatórios); f é o vetor dos efeitos das capacidades gerais de combinação dos genitores femininos (aleatórios); d é o vetor dos efeitos das capacidades específicas de combinação dos cruzamentos (aleatórios); b é o vetor dos efeitos de blocos (aleatórios); e é o vetor dos efeitos do erro (aleatórios). X, Z, W, S, e T são matrizes de incidência para seus respectivos efeitos.

Para ajuste dos efeitos de genitores foi utilizado o modelo:

$$y = Xu + Hg + Tb + e, \text{ onde:}$$

u é o efeito fixo da média geral dos genitores; g é o vetor dos efeitos genéticos aditivos dos genitores (aleatórios); b é o vetor dos efeitos de blocos (aleatórios); e é o vetor dos efeitos do erro (aleatórios). X, H e T são matrizes de incidência.

Os resultados oriundos dos modelos citados foram necessários para a confecção dos índices I_a , I_b e I_c propostos por Resende (2015).

O índice I_a contempla simultaneamente informações das populações F2 e de seus genitores. O índice é descrito como:

$$I_a = \hat{b}_1 \left[\frac{(g_1 + g_2)}{2} \right] + \hat{b}_2 g_{F2}$$

em que: $(g_1 + g_2)/2$ refere-se à média dos valores genéticos aditivos preditos dos genitores e g_{F2} equivale ao valor genético aditivo predito da população F2.

$$\text{Os pesos são dados por } \hat{b}_1 = \frac{(1-r_{\hat{a}aF2}^2)}{1-r_{\hat{a}aPais}^2 r_{\hat{a}aF2}^2} \text{ e } \hat{b}_2 = \frac{(1-r_{\hat{a}aPais}^2)}{1-r_{\hat{a}aPais}^2 r_{\hat{a}aF2}^2}.$$

Foram estimadas a acurácia preditiva do índice ($r_{\hat{a}aI}$) e a acurácia visando à geração F ∞ ($r_{\hat{a}aPais}^2$) por meio das expressões:

$$r_{\hat{a}aI} = \sqrt{1 - \frac{(1 - r_{\hat{a}aPais}^2)(1 - r_{\hat{a}aF2}^2)}{1 - r_{\hat{a}aPais}^2 r_{\hat{a}aF2}^2}}$$

$$r_{\hat{a}aPais}^2 = (1/2)(r_{\hat{a}aM\hat{a}e}^2 + r_{\hat{a}aPai}^2)$$

em que:

O índice I_b é dado por:

$$I_b = F_{2pop_i} + 3,09 \sqrt{(1 - F_{ST}) 2\sigma_{a0}^2 \frac{V_{fd}}{Var(Residual)}}$$

Este índice considera o valor genético aditivo da população e a variabilidade genética dentro de população. F_{2pop_i} é o BLUP do efeito de população i , e o termo dentro da raiz é uma medida da magnitude da variabilidade genética dentro da população i . O componente σ_{a0}^2 corresponde à variância genética aditiva original da população de progenitores. A quantidade V_{fd} refere-se à variância fenotípica dentro da população i e $Var(Residual)$ é a variância residual do experimento considerando os dados da população. O valor do índice I_b refere-se a uma estimativa do valor genético da melhor linhagem a ser selecionada ao final do processo seletivo. O valor 3,09 equivale ao ponto de truncamento (número de desvios padrões) na curva de distribuição normal, associado à seleção de 1 em 1000 linhagens.

O índice I_c , considerado por Resende (2015) como um índice melhorado dentre os outros apresentados, usa a seleção combinada de progenitores e populações F_2 e é dado por:

$$I_c = \hat{b}_1 \left[\frac{(g_1 + g_2)}{2} \right] + \hat{b}_{gF_2}^2 + 3,09 \sqrt{(1 - F_{ST}) 2\sigma_{a0}^2 V_{fd} / Var(Residual)}$$

A acurácia do índice equivale à acurácia do índice I_a . Esse índice contempla genitores, populações F_2 e a variabilidade entre indivíduos dentro de população F_2

Ganhos de Seleção

A comparação entre os índices em estudo (I_a , I_b e I_c) foi realizada com base nos ganhos de seleção em porcentagem, considerando uma pressão de seleção de 25%. Para o cálculo do ganho de seleção o ranqueamento das melhores populações dentro de cada índice (I_a , I_b e I_c) foi realizado com base no valor absoluto dos mesmos. Como os diferentes índices apresentam magnitudes em escalas distintas, para possibilitar a comparação na seleção entre os mesmos, o cálculo para os ganhos de seleção de cada índice foi realizado com os valores genotípicos (VG) correspondente às melhores populações ranqueadas dentro de cada índice. Assim o ganho com a seleção foi calculado da seguinte maneira:

$$GS = X_s - X_0$$

onde,

X_s : média das populações selecionadas (25%)

X_0 : média geral

As análises estatísticas foram realizadas usando o software Selegen-REML/BLUP (RESENDE, 2016b).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores genotípicos (VG) para ciclo e produção são apresentados na Figura 1. Para a característica ciclo, treze populações apresentaram médias genotípicas inferiores à média geral (107,32). Sendo as populações 8, 18, 9, 16, 24 e 6, as que apresentaram as menores médias, o que indica o potencial das mesmas na aquisição de genótipos mais precoces. As demais populações apresentaram médias superiores à média geral do experimento, logo é reduzida a probabilidade de obtenção de ganhos para precocidade aplicando seleção nas mesmas.

Para a característica produção 11 populações se mostraram com desempenho superior à média geral do experimento (22,27 g/planta). De acordo com valor genético apresentado as seis melhores populações foram 11, 19, 23, 14, 13 e 7, nessa ordem.

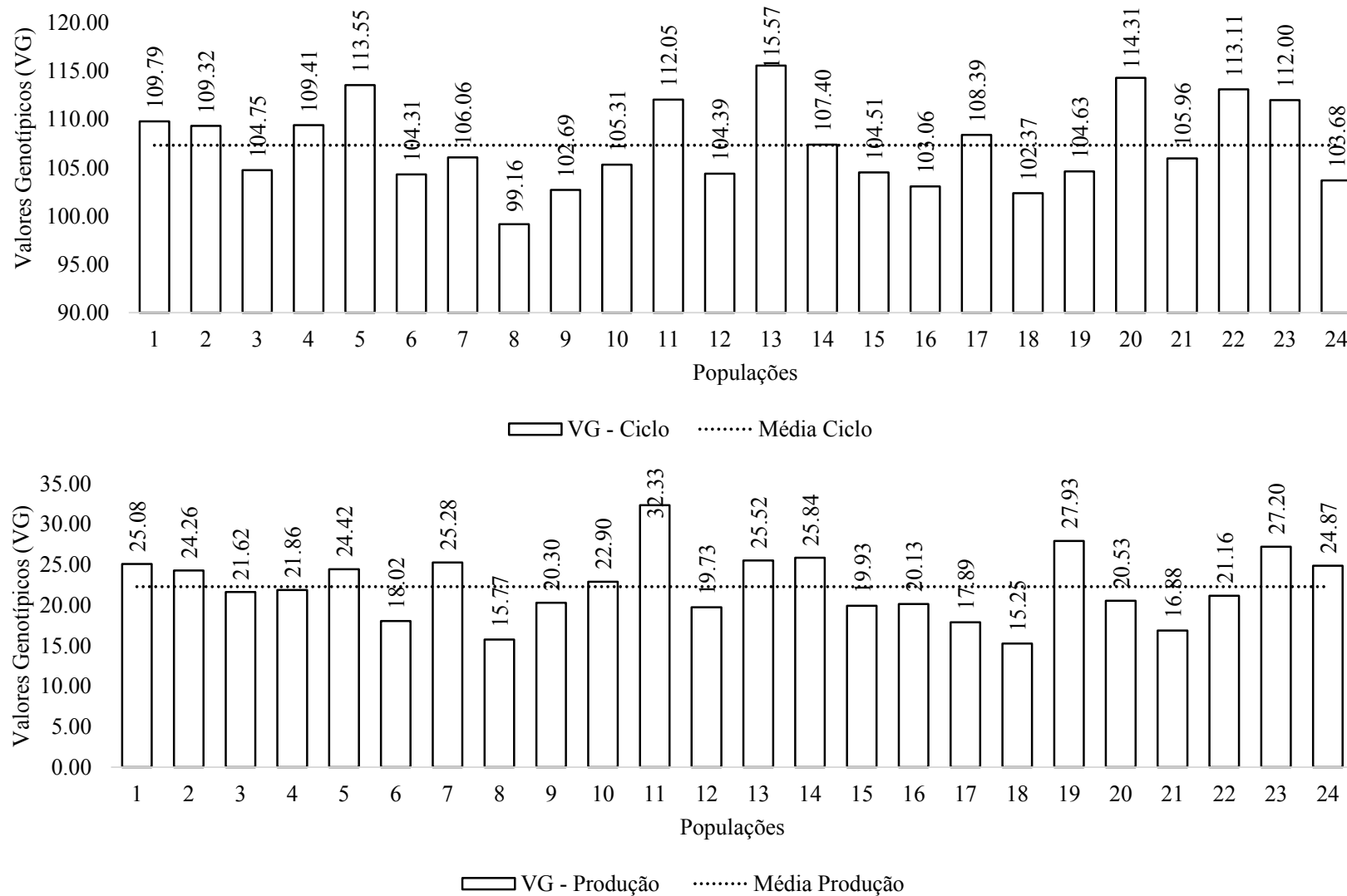


Figura 1. Estimativas do Valores Genotípicos (VG) e a média geral para as características ciclo e produção

O índice baseado no valor genético aditivo de pais e populações F_2 (I_a) se encontra na Figura 2. Observa-se que 14 populações podem contribuir para a redução nos dias para maturação, visto que possuem média de ciclo abaixo da média do índice I_a (107,28). Como destaque temos as populações 8, 18, 9, 24, 16 e 12. Como encontrado por Bezerra (2017), em que o nível de coincidência entre as melhores populações indicadas pelo índice I_a e pelo VG que foi 66,6%, para o presente estudo essa mesma taxa de coincidência foi elevada, aproximadamente 83,3%.

Quanto a característica produção 12 populações apresentaram boa capacidade de contribuição para o aumento do potencial produtivo dos genótipos. Destas populações as seis que apresentaram maior valor para o I_a são 11, 19, 23, 5, 7 e 14. Assim como para ciclo, analisando as 6 melhores populações, o índice I_a para produção apresentou uma alta taxa de coincidência (83,3%) comparando ao do VG .

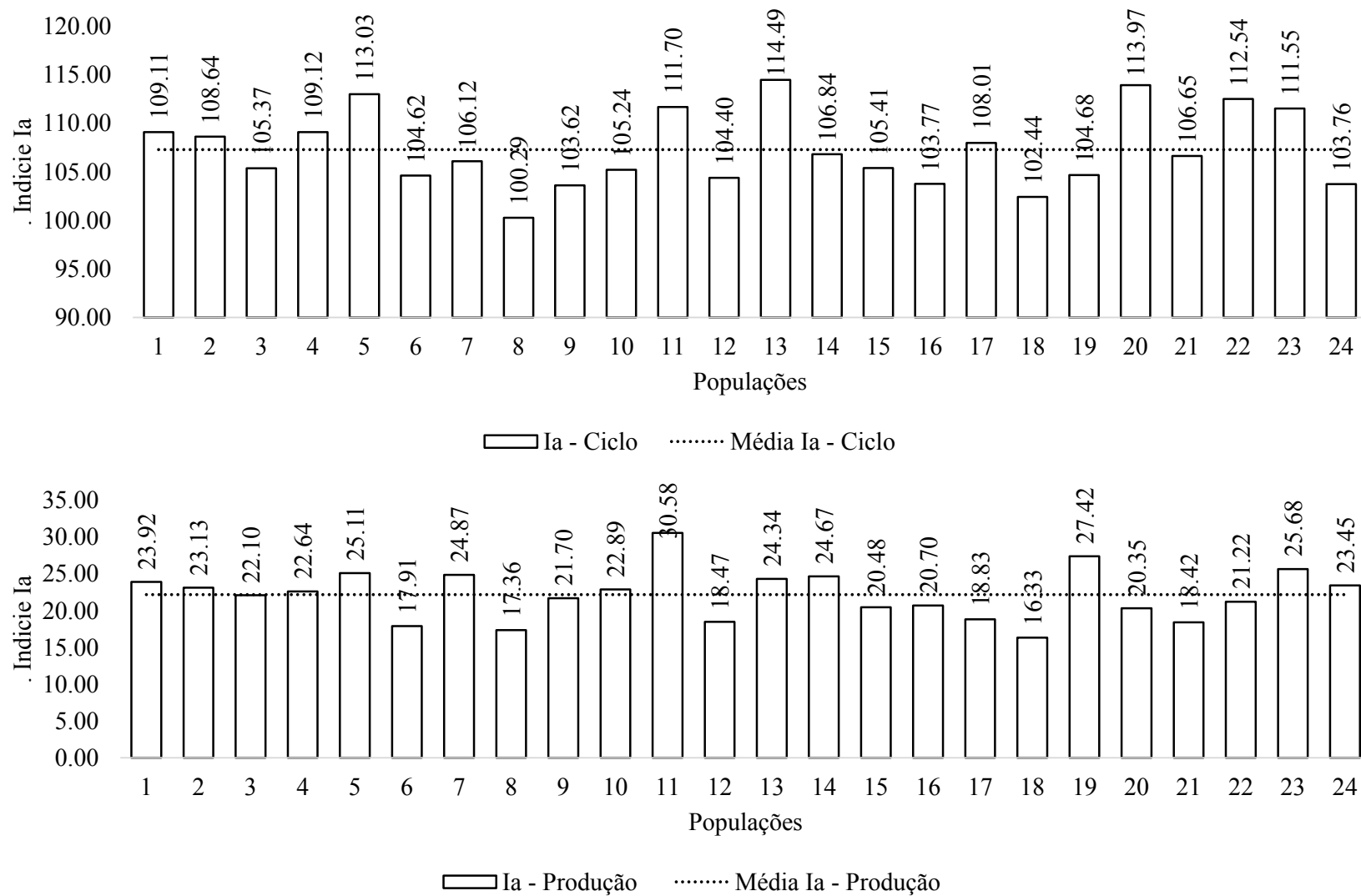


Figura 2. Estimativas do Índice I_a e a sua respectiva média para as características ciclo e produção

O índice I_a , como preconizado por Resende (2015), é dependente dos valores genotípicos de genitores e de populações, e dispensa a avaliação de todos os indivíduos dentro da população. Ao utilizar o índice I_a , para a característica ciclo algumas alterações no ranqueamento das populações foram verificadas em comparação ao valor genotípico das mesmas, entretanto as populações 8, 18 e 9 foram consideradas as mais promissoras em ambos os métodos de seleção. Já para a produção, as populações 11, 19 e 23 foram identificadas como as de maior potencial tanto no índice I_a quanto no VG .

Na Tabela 2 verificam-se as médias de coeficiente de endogamia devido à diferenciação entre populações (F_{ST}), acurácia de progenitores ($r_{\hat{a}Pais}$), de população F_2 ($r_{\hat{a}F_2}$) e do índice I_a para as duas características avaliadas. Resende (2015) relatou que o F_{ST} mede a proporção da variabilidade total que é distribuída entre populações, ou seja, quanto maior é a proporção, maior é a eficiência da F_2 . Verifica-se que para a característica produção de grãos o valor de F_{ST} foi maior que o observado para a característica ciclo. Conseqüentemente, a importância da F_2 foi maior para característica que apresentou maior F_{ST} . Esse mesmo autor demonstrou que a opção pelo uso do índice de seleção (I_a), que combina as informações de progenitores e de populações F_2 , tem se o procedimento ótimo, via BLUP, obtendo a maior acurácia possível na seleção dessas populações.

Além disso, verificou-se, que a acurácia do índice I_a foi superior para ambas as características em estudo em relação as acurácias de seleção de populações F_2 e a de progenitores (Tabela 2). Bezerra (2017) observou resultados similares estudando características de produção, florescimento e ciclo em populações F_2 na cultura da soja.

Tabela 2 - Coeficiente de endogamia devido à diferenciação entre populações (F_{ST}), acurácia de progenitores ($r_{\hat{a}Pais}$), de população F_2 ($r_{\hat{a}F_2}$) e do índice de seleção baseado nos efeitos de populações e progenitores (I_a), para os caracteres Ciclo e Produção em soja.

Caráter	$r_{\hat{a}Pais}$	$r_{\hat{a}F_2}^*$	F_{ST}	$r_{\hat{a}I}$
Ciclo	0,24	0,34	0,38	0,40
Produção	0,23	0,48	0,61	0,51

*Acurácia e confiabilidade projetada de populações F_2 como indicadora do valor genético de uma linhagem na geração F_∞

Na Figura 4 são apresentados os resultados obtidos do índice I_b para as características ciclo e produção. Uma das principais vantagens desse índice é a combinação das informações genéticas de populações e a variância dentro de populações. Segundo Resende (2015), os melhores índices contemplam simultaneamente média alta e ampla variabilidade genética. Como desvantagem do índice pode ser citado o custo de fenotipagem de todos os indivíduos para estimação da variância dentro de população.

Analisando a Figura 4 é possível observar que 12 populações apresentaram médias de ciclo inferiores à média geral do índice I_b , dessas, as populações 12, 24, 14, 1, 2 e 21 foram que apresentam maior potencial para obtenção de genótipos mais precoces. Para a produção, nove populações demonstraram valores para o índice I_b superiores ao valor médio do índice em questão. Sendo que as populações 11, 23, 1, 14, 24 e 2 foram as que apresentaram maior relevância para aquisição de genótipos produtivos.

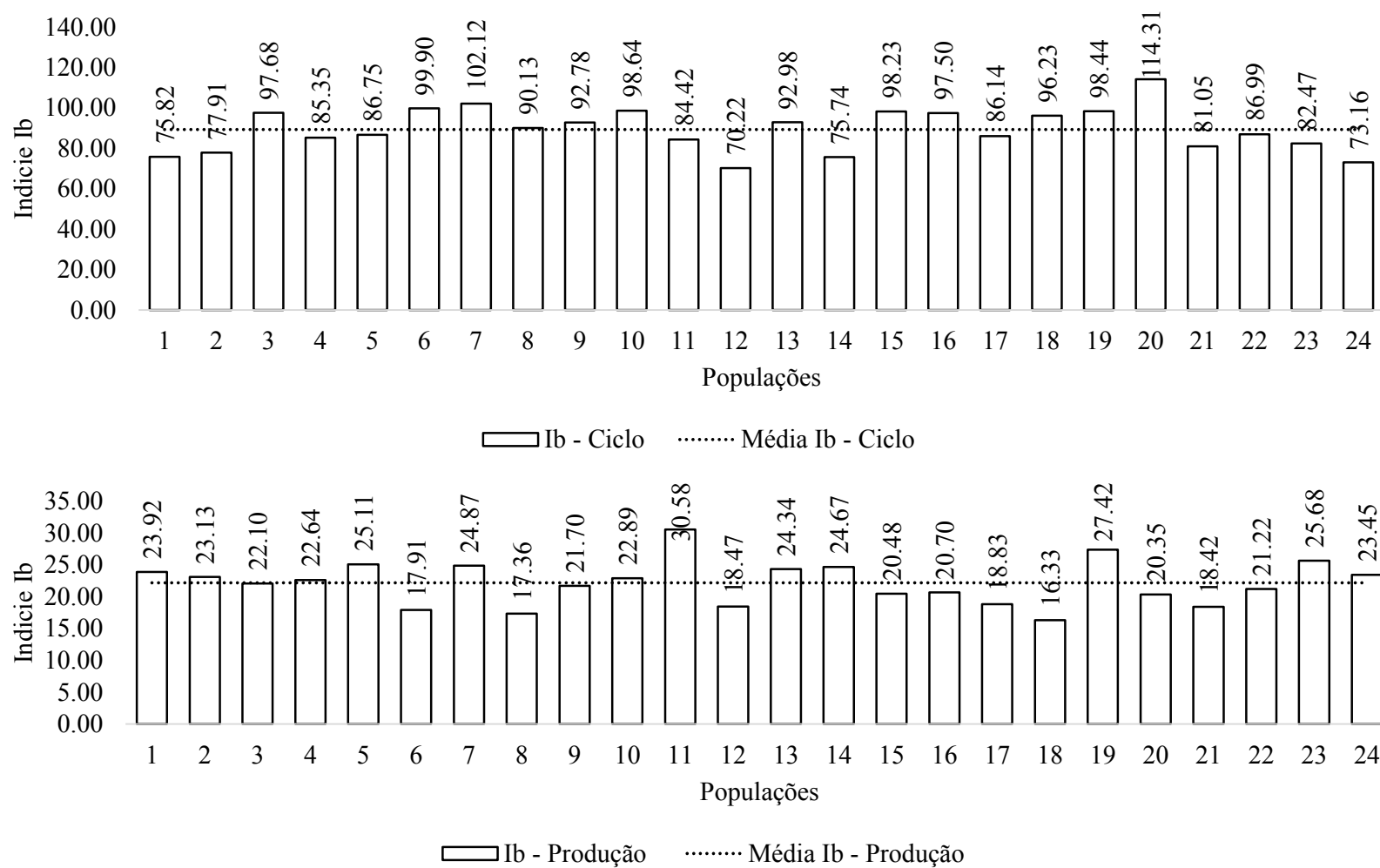


Figura 4. Estimativas do Indicie I_b e sua respectiva média para as características ciclo e produção.

Os resultados obtidos para o índice I_c são expostos na Figura 5. Esse índice, que traz informações dentro de populações e de genitores, é uma projeção de I_a na curva de distribuição normal, em que o índice é o valor genético da melhor linhagem a ser selecionada na geração F_∞ , e a interpretação é a mesma feita para I_b (Resende, 2015).

Para o ciclo o índice I_c classificou 12 populações abaixo da média. Comparando o ordenamento dos ranques dos índices I_b e I_c para a característica ciclo, observou-se uma coincidência de 70,8%, o que indica um comportamento semelhantes dos índices frente ao conjunto gênico avaliado.

Já para a variável produção, as populações 11, 23, 1, 14, 24, 2 apresentaram o melhor desempenho para o índice I_c dentre as 10 que ficaram acima da média desse índice. Como verificado para ciclo, para produção também não foram observadas muitas variações entre as classificações dos I_c e I_b , sendo verificado um nível de coincidência de 66,7%.

A qualidade do índice de seleção deve ser inferida preferencialmente com base na acurácia. Visto que, a acurácia é tanto mais alta quanto menores forem os desvios absolutos entre os valores genéticos paramétricos e os valores genéticos estimados ou preditos (RESENDE, 2007b).

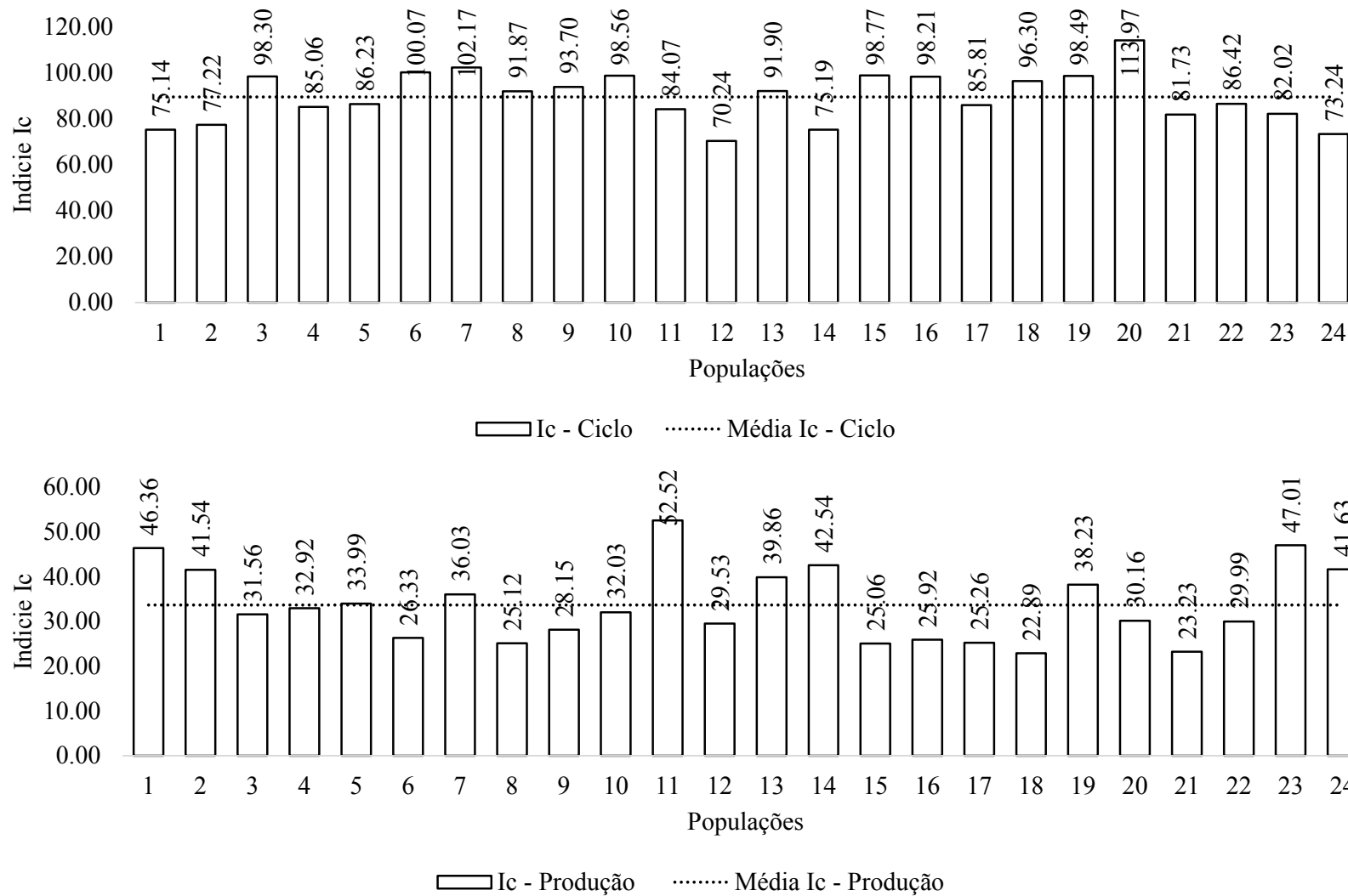


Figura 5. Estimativas do Indicador I_c e a sua respectiva média para as características ciclo e produção

A Tabela 3 informa que os índices I_a e I_c apresentaram valor de acurácia 1% superior aos demais índices considerando a caráter ciclo. Em relação a produção essa superioridade dos índices I_a e I_c foi de 3%, demonstrando a eficácia desses dois métodos de seleção. Técnicas de seleção que também levam em consideração as informações dos progenitores (I_a , I_b e I_c), são tão ou mais eficientes do que as levam apenas informações das médias das populações F₂ (VG).

A comparação dos índices de seleção que levam em consideração as informações de progenitores e populações foi realizado com base nos ganhos de seleção entre populações, com uma pressão de seleção de 25%.

Com a utilização do índice I_a pode-se obter uma redução no ciclo de 21,38%, sendo esse valor superior em 2,59% e 3,03% em relação aos índices I_b e I_c , respectivamente. Ganhos de 21,93% foram obtidos para a produção utilizando o índice I_a , o que corresponde a uma superioridade de 13,19% em relação aos demais índices.

Tabela 3 – Acurácia seletiva (r_{aal}), média geral (X_0), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção em porcentagem (GS%) (Considerando seleção de 25% das 24 populações) dos índices de seleção das populações em estudo para as características ciclo e produção.

	Média da F2 (VG)	Índice com Pais e F2 (I_a)	Índice com Pais, F2 e variância da F2 (I_b)	Projeção do Índice com Pais, F2 e variância da F2 (I_c)
Ciclo				
r_{aal}	0,72	0,73	0,72	0,73
X_0	107,32	107,31	89,37	89,36
GS		-4,76	-4,64	-4,62
GS %		-21,38	-20,81	-20,72
Produção				
r_{aal}	0,51	0,54	0,51	0,54
X_0	22,27	22,19	33,75	33,66
GS		4,89	4,32	4,32
GS %		21,93	19,37	19,37

Os ganhos de seleção obtidos com índice I_a estão de acordo com os resultados apresentados por Bezerra (2017), que demonstrou que o índice em questão foi a melhor estratégia para elevar o ganho com a seleção em populações F₂ de soja.

Entretanto, os melhores índices devem considerar para a seleção das melhores populações, que as mesmas devam apresentar simultaneamente alta média e ampla

variabilidade genética para a característica em questão. Tais atributos são considerados nos estimadores dos índices I_b e I_c .

A Figura 5 apresenta a variância fenotípica dentro das populações (V_{fd}) para as duas características analisadas. Para o ciclo a população 20 apresentou a menor variação dentro de população entre todas analisadas (0,00). Já para produção a menor variância (14,01), foi obtido para a população 14, expondo a baixa variabilidade dentro dessas populações para as características em estudo. Já as populações 12 (62,90) e 1 (336,77), para as características ciclo e produção, respectivamente, obtiveram os maiores valores de V_{fd} , evidenciando maior variabilidade dentro das populações.

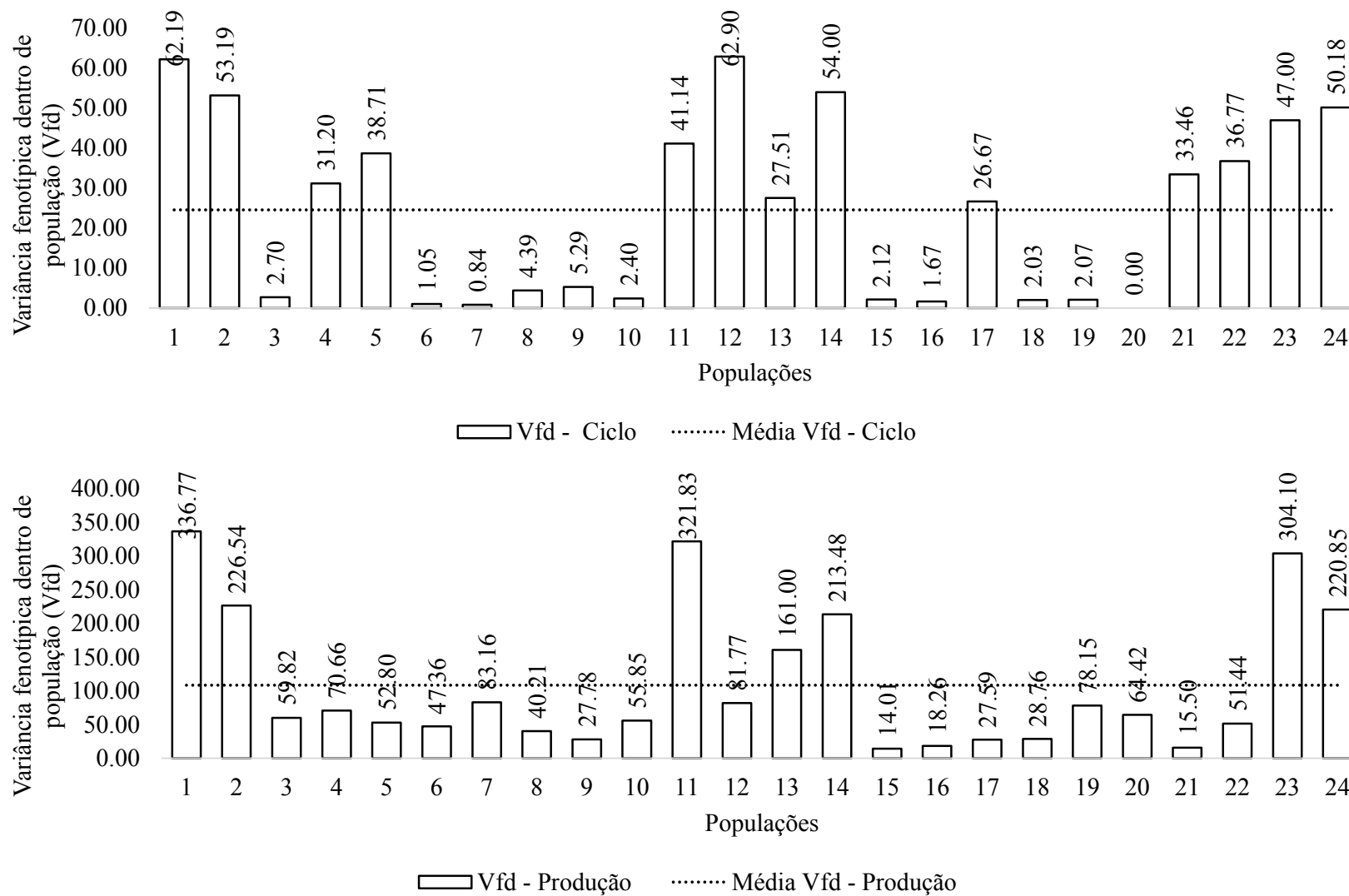


Figura 5. Estimativas Variância fenotípica dentro de população (V_{fd}) sua respectiva média para as características Ciclo e Produção

Considerando as seleções das 6 melhores populações (25%), visando a redução do ciclo, pelos índices I_b e I_c notou-se que ausência da população 24 a qual, pelo índice I_a , foi selecionada como a terceira melhor população. Essa foi a que apresentou menor variabilidade fenotípica dentro de populações, como demonstrado na Figura 5. Esse fenômeno explica a sua ausência na indicação das melhores populações pelos índices I_b e I_c , o que eleva a variabilidade dentro as populações selecionadas, aumentando a expectativa de sucesso do programa de melhoramento.

Analisando a produção de grãos o ordenamento das 6 melhores populações com base no índice I_b foi idêntico ao encontrado no índice I_c . Tais populações coincidiram com as que possuem maiores variabilidades fenotípicas (Figura 5). O que reforça as possibilidades de ganhos superiores.

O objetivo de um programa de melhoramento é encontrar aqueles indivíduos que apresentam valores superiores ou inferiores aos pais (transgressivos). É comum a ocorrência de segregantes transgressivos para as características em questão, principalmente quando a variabilidade genética em F_2 elevada, a qual é resultante de cruzamentos que envolvem progenitores divergentes.

A presença de indivíduos transgressivos pode aumentar a variância dentro da população. Segregantes transgressivos são comumente observados em soja (CARPENTIERIPÍPOLO et al., 2000; DESTRO et al., 2001; TASMA et al., 2001; CARPENTIERIPÍPOLO et al., 2002). Rick e Smith (1953) propuseram três possíveis causas para a ocorrência de segregantes transgressivos: mutação, ação complementar de genes dos parentais e manifestação de genes recessivos devido a endogamia. Entretanto, a ação complementar de genes é, até então, a teoria mais aceita e se baseia, principalmente, em evidências dos estudos de mapeamento de QTL (TANKSLEY, 1993).

A grande vantagem do índice I_a em relação aos demais métodos apresentados é a sua facilidade de obtenção, pois necessita apenas do valor genético de progenitores e de populações. Tal índice dispensa a avaliação a nível individual que torna o programa de melhoramento lento e oneroso.

4. CONCLUSÕES

O índice I_a que inclui os valores genotípicos de progenitores e de populações F₂ foi a melhor estratégia para aumentar os ganhos com a seleção.

A utilização de índices, para a seleção, que tem por base várias fontes de informação são mais promissoras que a seleção baseada somente nos valores genotípicos de população

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; ABDELNOOR, R. V. **Melhoramento de soja**. In: Simpósio sobre atualização em genética e melhoramento de plantas, 5.1997, Lavras. Anais. Lavras: UFLA, 1997. p. 11-55.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. **Parental selection strategies in plant breeding programs**. Journal of Crop Science and Biotechnology, v.10, p.211-222, 2007.
- BEZERRA, A.R.G. **Índice de seleção BLUP com progenitores e populações F2 em soja**. In: Capacidade combinatória entre progenitores, controle genético e seleção, via modelos mistos, de populações segregantes de soja, Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 79p, 2017.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; ROSOLEM, C.A. **Inheritance of long juvenile period under short day conditions for the BR80-6778 soybean (Glycine max (L.) Merrill) line**. Euphytica, v. 112, p. 203-209, 2000.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S. **Inheritance of a long juvenile period under short-day conditions in soybean**. Genetics and Molecular Biology, v. 25, n. 4, p. 463-469, 2002.
- DESTRO, D.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A. **Photoperiodism and Genetic Control of the Long Juvenile Period in Soybean: A Review**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2001.
- FEDERER, W.T. **Augmented (hoonuiaku) designs**. Hawaiian Planters' Record, Aica, v.55, p.191-208, 1956.
- JINKS, J.L.; POONI, H.S. **Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent**. Heredity, v.36, p.253- 266, 1976.
- KASTER, M. **Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja – terceira aproximação**. Embrapa Soja, 2012. 69 p.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. **Melhoramento de espécies autógamias**. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES- INGLIS, M.

C. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Embrapa Florestas, Colombo. 561 p. 2007a.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. **Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007b.

RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa e de populações**, Viçosa: Suprema, 463p, 2015.

RESENDE, M.D.V. RAMALHO, M.A.P.; GUILHERME, S.R.; ABREU, A.F.B. **Multigeneration index in the within progenies bulk method for breeding of self-pollinated plants**. Crop Science, v, 55, p,1202-1211, 2015.

RESENDE, M.D.V.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E.S.; BATISTA, L.G.; GOIS, I.B.; **Selection index with parents, populations, progenies, and generations effects in autogamous plant breeding**. Crop science, v, 56, p,530-546, 2016a.

RESENDE, M.D.V. **Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding**, **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v, 16, n, 4, p, 330-339, 2016b

RICK, C.M.; SMITH, P.G. **Novel variation in tomato species hybrids**. The American Naturalist, v. 88, p. 359-373, 1953.

TANKSLEY, S.D. **Mapping polygenes**. Annu. Rev. Genet. v. 27, p.205-233, 1993

TASMA, I.M.; LORENZEN, L.L.; GREEN, D.E.; SHOEMAKER, R.C. **Mapping genetic loci for flowering time, maturity, and photoperiod insensitivity in soybean**. Molecular Breeding, v. 8, p.25-35, 2001