



ERIC VINICIUS VIEIRA SILVA

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS ASSOCIADOS
À PRECOCIDADE EM SOJA**

**LAVRAS - MG
2018**

ERIC VINICIUS VIEIRA SILVA

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS ASSOCIADOS À PRECOCIDADE
EM SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi
Orientador

**LAVRAS - MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Eric Vinicius Vieira.

Parâmetros genéticos e fenotípicos associados à precocidade em soja / Eric Vinicius Vieira Silva. – 2018.

55 p. : il.

Orientador: Adriano Teodoro Bruzi.

Dissertação (Mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. *Glycine max* L. Merrill. 2. Parâmetros genéticos e fenotípicos. 3. Precocidade. I. Bruzi, Adriano Teodoro. II. Título.

ERIC VINICIUS VIEIRA SILVA

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS ASSOCIADOS À PRECOCIDADE
EM SOJA**

**GENETICS AND PHENOTYPICS PARAMETERS ASSOCIATED TO EARLY-
MATURITY IN SOYBEAN**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 25 de julho de 2018.

Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli

Souza Cruz

Prof. Dr. José Luiz de Andrade Rezende Pereira

IFSULDEMINAS

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi
Orientador

**LAVRAS - MG
2018**

À minha família, pelo amor, carinho e confiança.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pelas oportunidades a mim concedidas.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

Aos meus pais, Glécio e Ediléia e a minhas irmãs, Júlia e Amanda, por todos os ensinamentos e apoio.

À minha namorada Juliana, pelo amor, carinho, compreensão, dedicação e por estar sempre ao meu lado.

Ao professor Adriano Teodoro Bruzi pela orientação e ensinamentos, sem os quais esta conquista jamais seria alcançada.

Aos amigos do grupo Pesquisa Soja, pelo convívio e toda a ajuda na condução dos experimentos.

Aos grandes amigos feitos, durante esta jornada, em especial, Alan, Aline, Dyanna, Fábio, Fiorita, Flaviane, Frederico, Jéssica, João Paulo, Sergio.

Aos funcionários do setor de Agricultura e grandes culturas da UFLA, em especial, Marli, Antônio, Edésio e Ezequiel.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

O cultivo de soja em primavera-verão com a sucessão do milho na segunda safra é, notadamente, uma das melhores opções para o sistema de produção de culturas anuais no Brasil. Visando à viabilização do sistema, algumas características, sobretudo da cultura antecessora, são desejáveis. Tendo a soja como referência, os programas de melhoramento têm como foco principal o desenvolvimento de genótipos precoces, permitindo, assim, com que a cultura sucessora possa ser semeada e cultivada com melhores disponibilidades hídricas. A estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos, associados ao caráter precocidade em soja, é de grande importância, pois permite nortear as futuras estratégias dos programas de melhoramento, uma vez que essas estimativas auxiliam o melhorista nas tomadas de decisões quanto à condução das populações segregantes e seleção de progênies. Com este intuito, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agrônomico de progênies segregantes de soja; estimar parâmetros genéticos e fenotípicos associados à precocidade; e selecionar progênies que associem precocidade e bom desempenho agrônomico, adaptadas às condições de cultivo da região Sul de Minas Gerais. Foram avaliadas progênies $F_{3;4}$ e $F_{3;5}$ de quatro populações distintas. As progênies $F_{3;4}$ foram avaliadas nos municípios de Lavras e Itutinga, durante o ano agrícola de 2016/2017. Adotaram-se parcelas de uma linha de 1,5 metros com duas repetições, em delineamento de látice simples 12 x 12 (136 progênies + 8 testemunhas). As progênies $F_{3;5}$ foram avaliadas nos municípios de Lavras, Itutinga e Ijaci, durante o ano agrícola de 2017/2018. Adotaram-se parcelas de uma linha de 3,0 metros com três repetições, em delineamento de látice triplo 8 x 8 (56 progênies + 8 testemunhas). Foram avaliados os caracteres maturação absoluta, dias para o florescimento e produtividade de grãos. Os dados foram analisados utilizando a abordagem de modelos mistos com o auxílio do *software* R. Estimaram-se os parâmetros genéticos e fenotípicos, o ganho esperado e ganho realizado com a seleção, resposta correlacionada, maturidade relativa das progênies, além das médias ajustadas para cada um dos caracteres. Observou-se a existência de variabilidade genética entre as progênies avaliadas para os três caracteres em questão, possibilitando-se obter sucesso com a seleção de indivíduos superiores. A interação genótipos x ambientes foi significativa para todos os caracteres avaliados. A seleção de progênies com menor maturação absoluta resulta em redução dos dias para o florescimento, entretanto verificou-se, também, redução do potencial produtivo das mesmas. As magnitudes das médias ajustadas para cada progênie denotam que é possível selecionar progênies que associem precocidade e boa performance agrônômica, adaptadas às condições de cultivo da região Sul de Minas Gerais.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Merrill. Parâmetros genéticos e fenotípicos. Precocidade.

ABSTRACT

Soybean cropping in spring-summer seasons in succession with maize in a second cropping season is notably one of the best options for annual cropping system in Brazil. In order to maintain this system, some characteristics, especially of the predecessor crop, are desirable. With soybean as a reference, the breeding programs have as focus the development of early-maturity genotypes, allowing the successor crop to be sown and cultivated in better water supply availability. The estimation of genetic and phenotypic parameters associated to early-maturity character in soybean has a great importance to breeding programs as it allows guidance to future strategies, since these estimates aid the decision making process in the management of segregating populations and progenies selection. For this purpose, the goals of this study were to evaluate the agronomic performance of segregating soybean progenies; to estimate the genetic and phenotypic parameters associated to early-maturity character in soybean; and to select progenies that associate early-maturity and good agronomic performance, adapted to the cropping conditions of the southern region of Minas Gerais State. F_{3:4} and F_{3:5} progenies from four different populations were evaluated. The F_{3:4} progenies were evaluated in Lavras and Itutinga cities, during the crop year of 2016/2017. Each plot consisted of one row of 1.5 m with two replications, in a 12 x 12 Simple Lattice design (136 progenies and 8 controls). The F_{3:5} progenies were evaluated in Lavras, Ijaci and Itutinga cities, during the crop year of 2017/2018. Each plot consisted of one row of 3.0 m with three replications, in an 8 x 8 Triple Lattice design (56 progenies and 8 controls). The characters absolute maturity, days to flowering, and grain yield were evaluated. Data analysis were performed considering Mixed Models method using R *software*. The genetic and phenotypic parameters, the expected and obtained selection gain, the correlated selection response, and progenies relative maturity were estimated, as well as the adjusted means of the progenies for each character. The presence of genetic variability among the evaluated progenies for all three characters was observed, being possible to obtain success with superior genotypes selection. The genotypes x environments interaction was significant to all evaluated characters. The selection of early-maturity progenies, results in reduction of days to flowering character, however, it was verified reduction of their grain yield potential as well. The magnitudes of the adjusted means for each progeny indicate the possibility of select progenies that associate early-maturity and good agronomic performance, adapted to cropping conditions of the southern region of Minas Gerais State.

Keywords: *Glycine max* L. Merrill. Genetic and phenotypic parameters. Early-maturity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2016/2017, na cidade de Lavras - MG.....	26
Figura 2 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2016/2017, na cidade de Itutinga - MG.	26
Figura 3 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Lavras - MG.....	27
Figura 4 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Itutinga - MG.	27
Figura 5 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Ijaci – MG.....	28
Figura 6 - Distribuição de frequência das médias BLUPs associada aos caracteres de importância agrônômica das progênies de soja ($F_{3:4}$ e $F_{3:5}$), referentes à análise conjunta em Lavras, Itutinga e Ijaci, nas safras 2016/17 e 2017/18. A- Florescimento (dias). B- Maturação (dias). C- Produtividade (Kg/ha).....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Programa comercial de melhoramento da cultura da soja.....	19
Tabela 2 - Estimativa de herdabilidade, no sentido amplo, para características primárias e secundárias relacionadas à produção de grãos em soja.	22
Tabela 3 - Estimativas de Ganhos com Seleção (GS), em porcentagem (%), para características primárias e secundárias relacionadas à produção de grãos em soja quando a seleção foi feita diretamente sobre o caráter produção.....	23
Tabela 4 - Relação das cultivares de soja e suas respectivas informações de grupo de maturação (GM), hábito de crescimento (HC) e empresa detentora do material genético.....	24
Tabela 5 - Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agronômicos das progênies F _{3:4} e F _{3:5} de soja cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci nas safras de 2016/2017 e 2017/2018.....	34
Tabela 6 - Estimativa de ganhos genéticos esperados e realizados por seleção em porcentagem (%), para os caracteres de importância, em diferentes intensidades de seleção cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci nas safras 2016/2017 e 2017/2018.	36
Tabela 7 - Estimativa de resposta correlacionada em porcentagem (%) para seleção, visando à redução da maturação absoluta em diferentes intensidades de seleção, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.	37

ANEXO A

Tabela 1 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies F _{3:4} de soja cultivadas em Lavras na safra de 2016/2017.	49
Tabela 2 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies F _{3:4} de soja cultivadas em Itutinga na safra de 2016/2017.	49
Tabela 3 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies F _{3:5} de soja cultivadas em Lavras na safra de 2017/2018.	50

Tabela 4 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à caracteres agronômicos das progênies $F_{3:5}$ de soja cultivadas em Ijaci na safra de 2017/2018.....	50
Tabela 5 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies $F_{3:5}$ de soja cultivadas em Itutinga na safra de 2017/2018.....	51
Tabela 6 - Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies $F_{3:4}$ de soja cultivadas em Lavras e Itutinga na safra de 2016/2017.	51
Tabela 7 - Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies $F_{3:5}$ de soja cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci na safra de 2017/2018.....	52
Tabela 8 - Tabela de médias BLUPs da análise conjunta para os caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (M.A.), dias para o florescimento (D.P.F.) e maturação relativa (M.R.) das progênies $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	A cultura da soja no Brasil: Passado, Presente e Perspectivas.	13
2.2	Morfologia e biologia da soja	15
2.3	Estratégias de melhoramento aplicadas à soja	17
2.4	Precocidade e sua importância no melhoramento da cultura da soja	19
2.5	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos no melhoramento da soja	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Tratamentos genéticos	24
3.2	Ambientes experimentais	25
3.3	Condução dos experimentos	28
3.4	Análise estatística dos dados	29
3.5	Estimativa dos componentes genéticos e fenotípicos	30
4	RESULTADOS	33
5	DISCUSSÃO	38
6	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXO A - TABELAS	49

1 INTRODUÇÃO

O sucesso da agricultura em países de clima tropical, sobretudo, pode ser aprimorado pela maximização dos recursos disponíveis, isto é, solo, máquinas agrícolas e funcionários. Neste sentido, atualmente tem sido preconizada a adoção dos sistemas de produção. Nesta estratégia, o objetivo principal é utilizar culturas complementares, por exemplo leguminosas – gramíneas, visando explorar o potencial produtivo.

No Brasil, atualmente o cultivo de soja em primavera-verão com a sucessão do milho na segunda safra é, notadamente, uma das melhores opções para o sistema de produção de culturas anuais. Visando à manutenção do sistema, algumas características, sobretudo, da cultura antecessora são desejáveis. Tendo a soja como referência, os programas de melhoramento têm como foco principal o desenvolvimento de genótipos precoces, permitindo, assim, que a cultura sucessora possa ser semeada com melhor disponibilidade hídrica.

No caso de Minas Gerais, alguns trabalhos foram realizados visando identificar cultivares que associem precocidade e produtividade (GESTEIRA et al., 2015, 2018). Muito embora existam os relatos mencionados anteriormente, é oportuno estimar parâmetros genéticos e fenotípicos associados ao caráter precocidade em soja com o propósito de nortear estratégias para o programa de melhoramento.

A estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos, associados a caracteres de importância agrônômica, vem sendo amplamente empregada na cultura da soja (ANDRADE et al., 2016; BARROS et al., 2016; LEITE et al., 2016; TEIXEIRA, 2017; UNÊDA-TREVISOLI et al., 2012). A estimação desses parâmetros é de grande importância para o sucesso de um programa de melhoramento, pois auxilia os melhoristas nas tomadas de decisão quanto à condução e seleção das populações segregantes.

Ante o exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho agrônômico de progênies de soja; estimar parâmetros genéticos e fenotípicos associados à precocidade; e selecionar progênies que associem bom desempenho agrônômico e precocidade, adaptadas às condições da região Sul de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja no Brasil: Passado, Presente e Perspectivas.

Originária da região Nordeste da China, a soja cultivada (*Glycine Max* (L.) Merrill) é a mais importante oleaginosa do mundo e foi introduzida no Brasil, em 1882, no estado da Bahia. Apresentando baixa adaptação à latitude do estado, novas cultivares foram introduzidas nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, em 1891, as quais obtiveram um melhor desempenho (SEDIYAMA, 2015).

A sojicultura passou a ser praticada pelos agricultores brasileiros, a partir de 1950, quando o estado do Rio Grande do Sul apresentou uma pequena produção. Porém, somente em meados dos anos 50 com a política de prover incentivos fiscais à produção de trigo, que a soja passou a ser praticada em larga escala, sendo adotada como a melhor opção para o cultivo de verão na sucessão com o trigo de inverno (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

Passando das 200.000 toneladas produzidas, a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o país somente na década de 60 (DALL'AGNOL et al., 2007). Em um período de 10 anos, a soja brasileira aumentou sua produção em cinco vezes, ultrapassando 1.000.000 de toneladas produzidas no final da década.

Em trabalho realizado por Dall'Agnol et al. (2007), as principais causas que contribuíram para o estabelecimento da cultura da soja, na região Sul do Brasil, foram as semelhanças do ecossistema da região com a região Sul do Estados Unidos, a adoção de calagem e adubação, a facilidade de mecanização total da cultura, a melhoria das estradas, os próprios incentivos fiscais aos produtores de trigo, entre outros.

Ganhando importância para o setor agrícola, a cultura da soja foi responsável por liderar a expansão das fronteiras agrícolas para o cerrado brasileiro nos meados da década de 70 (BONATO; BONATO, 1987). Entretanto, ao final dos anos 70, mais de 80% da produção brasileira de soja ainda estava concentrada nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (DALL'AGNOL et al., 2007), enquanto o Centro-Oeste brasileiro era responsável por menos de 2%.

A produção de soja na região Centro-Oeste cresceu em ritmo acelerado ao longo das décadas seguintes. Segundo Dall'Agnol et al. (2007), o Centro-Oeste foi responsável por 20% da produção na década de 80, mais de 40% na década de 90 e 58% em 2007.

Este aumento da produção está diretamente relacionado com os incentivos fiscais recebidos pelos produtores para a abertura de novas áreas. Entretanto outros fatores como a topografia plana, as condições físicas dos solos, regime pluviométrico, baixo preço das terras, nas décadas de 1960, 1970 e 1980, construção de Brasília e, principalmente, o desenvolvimento de cultivares adaptadas, para condições de baixa latitude, foram fundamentais para a expansão, o estabelecimento e o aumento da produção de soja na região central do Brasil (DALL'AGNOL et al., 2007).

Após 134 anos de presença no território nacional, a sojicultura é uma das principais atividades do agronegócio brasileiro. De acordo com o nono levantamento da safra 2017/18 divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), estima-se que o Brasil atingirá uma produção de 118 milhões de toneladas do grão, números que colocarão o País como um dos maiores produtores de soja do mundo.

Responsável por, aproximadamente, 27,25% da produção nacional, o estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja do país, seguido pelos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás, 16,29%, 14,50% e 9,90%, respectivamente (CONAB, 2018). O estado de Minas Gerais figura-se na sétima colocação (4,59%) entre os maiores produtores, atrás ainda dos estados do Mato Grosso do Sul (8,17%) e da Bahia (4,60%).

O estado de Minas Gerais apresentou excelentes índices para os três quesitos analisados (CONAB, 2018). Com produção de 5,376 milhões de toneladas, na safra 2017/18, 6,1% maior que a safra 2016/17, o estado é o principal produtor da região Sudeste. Entre os maiores produtores do Brasil, Minas Gerais apresentou a maior produtividade, 3609 kg/ha, 3,7% maior que a safra 2016/17 e a terceira menor expansão, totalizando 1,4896 milhões de hectares. Esses números ressaltam o potencial produtivo do estado e a perspectiva de um aumento considerável na produção, a partir da inclusão da cultura da soja nas rotações e sucessões de cultivos, em novas áreas, como o Sul do estado de Minas Gerais.

Em seu estudo, Justen Junior, Vieira e Coronel (2013) destacam que a importância da soja para a economia mundial está ligada à produção de óleo e farelo, principais subprodutos da soja. O complexo soja (grãos, óleo e farelo) movimentou 79,6 bilhões de dólares americanos, em exportação, para o agronegócio brasileiro entre o período de 2014 a julho de 2016 (CONAB, 2016), consolidando-se, assim, o cultivo da soja como uma das principais atividades agrícolas do país.

De acordo com a CONAB (2016), a produção de soja brasileira aumentou em, aproximadamente, 73% nos últimos 11 anos, e a previsão para a safra 2017/18 é de um incremento de 3,5% em relação à safra 2016/17, saltando de 114,075 para 118 milhões de

toneladas. Este aumento na produção se deve, em grande parte, ao aumento da área agricultável destinada para a soja, de 22,749, em 2005/6, para 35,139 milhões de hectares, em 2017/18, variação de 54%.

Entretanto as inovações tecnológicas nos sistemas de produção, alinhadas com o melhoramento genético da cultura e o avanço científico no ramo da mecanização agrícola, foram de grande auxílio no aumento da produção brasileira de soja. Tais inovações elevaram a produtividade nacional de 2419 kg/ha para 3364 kg/ha neste mesmo período (CONAB, 2018).

Considerando-se que a demanda por alimentos e combustível cresce a cada ano (EMBRAPA, 2013), aumentar a produção brasileira, associando o aumento de produtividade e a adaptação da cultura a novas áreas agricultáveis e sistemas de produção, torna-se cada vez mais necessária.

2.2 Morfologia e biologia da soja

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill), em sua forma cultivada, é uma planta anual pertencente à família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Glycininae, gênero *Glycine* e espécie *Glycine max*. (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015), tendo como ancestrais espécies de plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste do continente asiático (EMBRAPA, 2013).

Essa oleaginosa possui desenvolvimento relativamente rápido, podendo completar seu ciclo entre 70, para cultivares mais precoces, a mais de 200 dias, após a emergência, para cultivares tardias (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015), entretanto a maioria das cultivares adaptadas às condições brasileiras apresentam ciclo em torno de 90 a 150 dias. Silva et al. (2015) destacam que o tempo necessário, para que a soja complete o seu ciclo da emergência (estádio VE) até sua completa maturação (estádio R8), pode variar drasticamente dentro de uma mesma cultivar, em razão de diversos fatores ambientais como latitude, altitude, temperatura e época de semeadura.

A planta de soja é uma planta herbácea que apresenta germinação epígia da semente, hábito de crescimento ereto a prostrado, atingindo de 30 a 250 cm de altura, apresenta tipo de crescimento determinado, semideterminado ou indeterminado, hastes e vagens pubescentes na cor cinza ou marrom (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015). Possui sistema radicular constituído por raiz principal, a qual é fracamente desenvolvida e raiz secundária.

Caracterizada por apresentar folhas trifolioladas alternas, com folíolos de formato oval, lanceolado ou elíptico, uma planta de soja apresenta três tipos distintos de folhas durante

o seu desenvolvimento: cotiledonares, unifolioladas, trifolioladas (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015).

A planta de soja apresenta flores completas, possui pétalas nas cores branca ou roxo, localizadas em racenos curtos axilares ou terminais. A antese ocorre, preferencialmente, pela manhã, sendo influenciada pelas condições de temperatura e umidade (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015).

O florescimento da soja depende de diversos fatores genéticos e ambientais, destacando-se, principalmente, o fotoperíodo. O comprimento crítico do dia ou fotoperíodo crítico corresponde ao período de iluminação sob o qual é induzido o florescimento, determinando, assim, a mudança da planta do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo.

O número de genes envolvidos no controle do florescimento altera de acordo com os genótipos. Atualmente são descritos dez genes que atuam no ciclo da soja (BERNARD, 1971; BERNARD; WEISS, 1973; BONATO; VELLO, 1999; BUZZELI; VOLDENG, 1980; COBER et al., 2010; COBER; VOLDENG, 2001; KONG et al., 2014; MCBLAIN; BERNARD, 1987; WATANABE; HARADA; ABE, 2012). Além disso, o controle genético desta característica em condições de fotoperíodos curtos é determinado por um sistema genético diferente e independente daquele que o determina sob condições de fotoperíodos longos.

A polinização do estigma ocorre, de forma natural, antes da abertura da flor. Este processo é denominado cleistogamia e é responsável pela baixa taxa de alogamia apresentada pela soja, sendo assim, a soja é uma espécie vegetal que se reproduz, majoritariamente, por autofecundação, sendo classificada como autógama e cleistógama (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015).

Cada inflorescência da planta dará origem a duas ou mais 20 vagens, contendo de uma a cinco sementes cada (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015), sendo influenciadas pelo ambiente e manejo adotado. A semente de soja possui variações quanto ao tamanho, forma, cor do tegumento, hilo e cotilédones e peso de semente, variando de 2 a 30 g por 100 sementes (NOGUEIRA et al., 2009).

De acordo com Matsuo, Ferreira e Sediyaama (2015), a caracterização dos estádios de desenvolvimento da planta de soja é fundamental para o estabelecimento um sistema de produção organizado e adequado da lavoura. Dentre as diversas metodologias existentes, a metodologia proposta por Fehr e Caviness (1977) é a mais aceita e utilizada no mundo. Esta metodologia divide os estádios de desenvolvimento da soja em duas fases, a vegetativa e a reprodutiva, representadas pelas letras V e R, respectivamente.

O estágio vegetativo tem início com a emergência da plântula, assim, o estágio de emergência (VE) é caracterizado pela exposição dos cotilédones acima da superfície do solo. A partir do surgimento e completo desenvolvimento das folhas unifolioladas, têm-se os estádios Cotiledonar (VC) e primeiro nó (V1), respectivamente. As folhas trifolioladas surgem, a partir dos nós acima dos nós das folhas unifolioladas, sendo esses estádios denominados como V2, V3 até Vn, em que n é o número de nós sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas. Para a descrição dos estádios reprodutivos, somente a haste principal é levada em consideração, assim, o florescimento (R1 e R2) inicia-se com a antese da primeira flor, em qualquer nó da haste principal. Os estádios R3 e R4 caracterizam o desenvolvimento da vagem; os estádios R5 e R6, o desenvolvimento da semente; e os estádios R7 e R8, a maturação da planta de soja.

No melhoramento de plantas autógamas, a exemplo da soja, são utilizados métodos que exploram a variabilidade natural (introdução de germoplasma e seleção de linhas puras) e os métodos que ampliam a variabilidade existente (hibridação) (BORÉM, 2009; FEHR, 1987).

2.3 Estratégias de melhoramento aplicadas à soja

Os programas de melhoramento genético da soja têm como objetivo o desenvolvimento de genótipos superiores pelo emprego de diferentes estratégias de melhoramento. Dentre eles, destacam-se a introdução de cultivares e linhagens, seleção de plantas individuais ou linhas puras e a hibridação com posterior condução e seleção em populações, seleção recorrente, retrocruzamentos e, mais atualmente, o emprego da transgenia (SEDIYAMA, 2015).

De acordo com Sedyama (2015), a introdução de germoplasma de soja foi bastante utilizada no passado e nos primeiros estudos da cultura da soja no Brasil, entretanto este método ainda desempenha um papel importante para os países nos quais a cultura está em fase de expansão. Embora menos empregada em programas de melhoramento já consolidados, a introdução de germoplasma é de grande importância, sobretudo, quando se desejam introduzir novas características às populações em estudo, como, por exemplo, novas fontes de resistências a patógenos. Allard (1999) destaca que a introdução deve ser considerada como um método de melhoramento, uma vez que esta estratégia pode propiciar ganhos semelhantes aos dos programas de melhoramento por hibridação, por exemplo.

A estratégia de seleção de plantas individuais tem como fundamento a teoria de linhas puras, proposta por Johanssen (1903), na qual o autor estabeleceu três princípios: existem variações herdáveis e variações em virtude do ambiente; a seleção só é eficiente se realizada sobre variações herdáveis; a seleção não gera variação. Uma vez que o termo linhas puras é descrito como toda a descendência, por autofecundação, de um único indivíduo homozigoto, a seleção de plantas individuais pode ser realizada em cultivares de soja que forem semeadas por várias gerações, assim, com as sucessivas autofecundações pode ocorrer variabilidade pela mutação, segregação transgressiva, cruzamento natural, entre outros (SEDIYAMA, 2015). Priolli et al. (2013) realizaram o levantamento da estrutura genética de 435 cultivares brasileiras de soja e, de acordo com os autores, 64 cultivares são originárias de linhas puras, enquanto cerca de 82,7% das cultivares são originárias de hibridações.

Justamente por não gerar variação, os ganhos proporcionados pela seleção, pura e simplesmente, exploram somente a variabilidade natural já existente, limitando assim essas estratégias de melhoramento. Logo o método de melhoramento mais utilizado atualmente é a hibridação (BORÉM; MIRANDA, 2013). Segundo Sedyama (2015), este é o método mais importante empregado, no melhoramento genético da cultura da soja e divide-se em três etapas principais: i) Escolha dos genitores que possuam características de interesse; ii) Escolha do método de hibridação (cruzamento simples, duplo, triplo, ou múltiplo) e obtenção da população segregante; iii) Condução da população segregante. Dentre os vários métodos, para a condução das populações segregantes de soja, destacam-se os métodos bulk ou população, pedigree ou genealógico, SSD ou “Single Seed Descent”, SPD ou “Single Pod Descent” e seleção recorrente.

Considerando o emprego da hibridação, de acordo com Bernardo (2010), um programa comercial de melhoramento genético da soja pode ser resumido, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Programa comercial de melhoramento da cultura da soja.

Estação	Atividades
Inverno 1a	(1) Semeio e condução de 200 populações F_2 ou BC_1 (ou seja, geração S_0), obtidas de anos anteriores. (2) Avanço das plantas S_0 para geração S_1 pelo método de Descendente de única semente modificada (Single Pod Descent), na qual uma única vagem, contendo de 2 a 3 sementes, é colhida.
Inverno 1b	(1) Para cada população, as sementes S_1 são semeadas em bulk. (2) As sementes S_2 (autofecundação das plantas S_1) de 200 a 500 plantas, em cada população, são colhidas e armazenadas.
Verão - 1	(1) Avaliação de 70.000 famílias S_2 em 1 ou 2 locais, sem repetição. (2) Seleção das 5000 melhores famílias S_2 com base nos dados de produtividade. (3) As sementes S_3 , das melhores famílias S_2 são colhidas e armazenadas.
Verão - 2	(1) Avaliação das 5000 famílias S_3 em ensaios de produtividades realizados em 3 a 5 locais. (2) Seleção das 200 melhores famílias S_3 com base nos dados de produtividade. (3) As sementes S_4 das melhores famílias S_3 são colhidas e armazenadas.
Verão - 3	(1) Avaliação das 200 famílias S_3 em ensaios de produtividades realizados em 15 a 25 locais. (2) Seleção das melhores famílias S_4 (ou seja, linhas experimentais) com base nos dados de produtividade.
Inverno	Multiplicação das sementes das famílias linhas experimentais.
Verão - 4	(1) Ensaios de produtividade das linhas experimentais em 20 a 40 locais. (2) Ensaios “On-farm” das linhas experimentais, em parcelas de 150 a 300 m ² , em 20 a 100 locais.
Verão - 5	(1) Ensaios de produtividade das linhas avançadas em 20 a 50 locais. (2) Ensaios “On-farm” linhas avançadas, em parcelas de 150 a 300 m ² , em 30 a 500 locais.
Outono	Lançamento de 0 – 5 linhas como novos cultivares.

Fonte: Bernardo (2010).

Amplamente utilizada no melhoramento genético de espécies alógamas, a seleção recorrente vem sendo aplicada, também, nos programas de melhoramento de espécies autógamias como a soja e o feijão (BRIM; BURTON, 1979; MILLER; FEHR, 1979; PIRES et al., 2014; WILCOX, 1998).

2.4 Precocidade e sua importância no melhoramento da cultura da soja

A agricultura brasileira passou por grandes transformações, ao longo dos anos, e a possibilidade de se realizar duas safras, em um mesmo ano agrícola, é, sem sombra de dúvida, uma das mais importantes para o setor agrícola nacional. Ganhando cada vez mais

importância no cenário mundial, a sojicultura é atualmente a principal atividade agrícola da safra de verão do país, expandindo-se, sobretudo, para áreas em que a cultura do milho predominava como primeira opção.

De acordo com a CONAB (2018), no ano agrícola 2017/18, estima-se que a área ocupada por milho segunda safra será de, aproximadamente, 11,4 milhões de hectares, ao passo que apenas 4,99 milhões de hectares foram cultivados com milho na safra de verão.

Entretanto, para que a segunda safra se torne viável, é imprescindível adequar o ciclo da cultura de verão, para que se propiciem boas condições de cultivo durante o ciclo da cultura utilizada na sucessão (GESTEIRA et al., 2015). Assim, a utilização de cultivares de ciclo precoce e semiprecoce viabiliza a adoção do sistema de sucessão de culturas, sendo importante tanto do ponto de vista de conservação ambiental quanto do incremento da renda do produtor agrícola (CARVALHO et al., 2007; SEDIYAMA, 2009).

Visando viabilizar a adoção da safrinha de milho na sucessão da soja na região Sul do estado de Minas Gerais, Gesteira et al. (2015) avaliaram o desempenho agrônomico de 25 genótipos de soja disponíveis no mercado. Observou-se uma forte correlação (0,7417) entre produtividade e ciclo, demonstrando que cultivares mais tardias tendem a ser mais produtivas, todavia foi possível aliar produtividade e precocidade e, desta forma, a cultivar BMX Força RR foi classificada como produtiva (3474,7 kg/ha) e apta (125 dias) para a utilização no sistema de sucessão soja-milho.

Dada a sua importância, o ciclo da cultura da soja é uma das características agrônomicas de maior destaque no atual cenário do melhoramento genético da cultura e grande parte dos esforços científicos vêm sendo alocados para o melhor entendimento e exploração desta característica (ANDRADE et al., 2016; BIZARI et al., 2017; MORCELI JUNIOR et al., 2008; ZHANG et al., 2015).

2.5 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos no melhoramento da soja

Segundo Cruz (2005), as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, como variância, herdabilidade e ganho de seleção, têm grande importância nos programas de melhoramento, uma vez que possibilitam a tomada de decisões relacionadas à escolha do método de melhoramento mais apropriado, bem como aos caracteres a serem selecionados nas etapas iniciais e avançadas do programa de melhoramento.

Sendo o fenótipo do indivíduo uma característica ligada ao fator genético e ao ambiente, variações do fenótipo são resultantes das variações decorrentes, em ambos os

fatores, genótipo e ambiente, assim, tem-se que a variância fenotípica (σ_F^2) é igual à soma das variâncias genotípicas (σ_G^2) e ambiental (σ_E^2) (RAMALHO et al., 2012).

Uma vez que a variância ambiental não é um fator controlável, é considerada como um erro experimental (BORÉM, 2009), portanto cabe ao melhorista a sensibilidade de identificar e selecionar os melhores genótipos. Fisher (1918 apud REIS et al., 2002), definiu que a variância genotípica de uma população pode ser decomposta em três componentes: variância genética aditiva (σ_A^2) atribuída aos efeitos médios dos genes; variância genética de dominância (σ_D^2) atribuída às interações entre alelos de um mesmo loco; e variância genética epistática (σ_I^2), resultante das interações entre alelos de locos diferentes.

Bernardo (2010) afirma que a variância aditiva mede a variação dos efeitos que são transmitidos de uma geração para outra, assim, a variância aditiva apresenta importância fundamental em prever as trocas, na média da população, em virtude da seleção.

De acordo com Fehr (1987), a estimação da herdabilidade é de grande valia para o melhorista, pois, para caracteres com alta herdabilidade, a seleção nas gerações iniciais de autofecundação se torna bastante eficaz. Entretanto, em caracteres com baixa herdabilidade, a seleção deve ser praticada em gerações mais avançadas, uma vez que o aumento da homozigose, decorrente do processo de endogamia, resulta em um aumento da herdabilidade no sentido restrito.

A herdabilidade pode ser obtida no sentido amplo (h_a^2) ou restrito (h_r^2). Enquanto a herdabilidade no sentido amplo considera toda a variância genética, a herdabilidade no sentido restrito considera apenas a variância genética aditiva, ou seja, a variância associada ao valor reprodutivo e que é fixada pela seleção.

Na Tabela 2, têm-se estimativas de herdabilidade, no sentido amplo (h_a^2), de alguns trabalhos desenvolvidos no passado e atualmente para alguns dos principais caracteres da soja.

Tabela 2 - Estimativa de herdabilidade, no sentido amplo, para características primárias e secundárias relacionadas à produção de grãos em soja.

Trabalho Autores (Ano)	Caráter ^{1/}							
	DPF	1ºL	AP	DPM	AC	NVP	NSP	PRO
Kwon e Torrie (1964)	0,76	-	0,67	0,82	0,74	-	-	0,03
	0,75	-	0,70	0,79	0,51	-	-	0,10
Oliveira et al. (2000)	0,99	-	-	-	-	0,11	0,19	0,64
Backes et al. (2002)	0,70	-	0,85	0,77	-	0,51	-	0,48
	0,89	-	0,92	0,66	-	0,32	-	0,37
	0,82	-	0,83	0,44	-	0,47	-	0,32
	0,83	-	0,59	0,49	-	0,74	-	0,69
	0,96	-	0,81	0,50	-	0,19	-	0,16
Muniz et al. (2002)	-	0,74	0,47	-	-	-	0,36	0,19
	-	0,03	0,47	-	-	-	0,03	0,10
	-	0,19	0,27	-	-	-	0,19	0,11
	-	0,01	0,53	-	-	-	0,11	0,05
Reis et al. (2002)	0,98	-	0,85	0,97	-	0,32	0,41	0,52
	0,98	-	0,87	0,98	-	0,41	0,32	0,31
	0,82	-	0,79	0,85	-	0,75	0,67	0,77
Costa et al. (2004)	-	0,69	0,84	-	0,42	0,78	0,80	0,80
Costa et al. (2008)	-	0,63	0,75	0,71	0,60	0,76	0,77	0,79
Karnwal e Singh (2009)	0,78	-	0,85	0,65	-	0,94	-	0,80
Patil et al. (2011)	0,76	-	0,90	0,87	-	0,83	-	0,84
Aditya, Bhartiya e Bhartiya (2011)	0,91	-	0,78	-	-	0,81	-	0,77
Malek et al. (2014)	0,81	-	0,87	0,77	-	0,83	-	0,79
Jain et al. (2015)	0,98	-	0,97	0,89	-	0,88	-	0,98
Andrade et al. (2016)	0,27	0,29	0,00	0,38	0,17	0,45	-	0,36
Barros et al. (2016)	-	-	-	-	-	0,95	-	0,85
Irshad et al. (2016)	0,88	-	0,84	0,73	-	-	-	0,82

^{1/}DPF – Dias para o florescimento; 1ºL – Inserção de primeiro legume; AP – Altura de Planta; DPM – Dias para a maturação; AC – Acamamento; NVP – Número de vagens por planta; NSP – Número de sementes por planta; PRO - Produção.

É possível observar que há variação na magnitude das estimativas da herdabilidade para todos os caracteres avaliados. Pode-se inferir, também, acerca da complexidade genética dos caracteres como também da influência dos fatores ambientais na expressão dos caracteres.

A partir da estimação da herdabilidade, é possível prever o ganho esperado em cada ciclo de seleção. Ramalho et al. (2012) afirmam que prever a resposta à seleção possibilita aos melhoristas definir as melhores alternativas visando à máxima eficiência do processo. O ganho de seleção (GS) é calculado por meio da multiplicação da herdabilidade (h^2) e do diferencial de seleção (ds), sendo o diferencial de seleção a diferença entre as médias da população melhorada, por seleção de indivíduos superiores (X_s) e população inicial (X_0), portanto $ds = X_s - X_0$.

Diversos fatores influenciam, direta ou indiretamente, no ganho obtido por seleção, como: intensidade de seleção, propriedades genéticas da população e condições ambientais.

Uma vez que o ganho de seleção está diretamente associado ao diferencial de seleção (ds), quanto maior a pressão de seleção maior será o ds e, conseqüentemente, maior o ganho com a seleção (RAMALHO et al., 2012). Contudo, caso seja adotada uma alta pressão de seleção, existe o risco de redução acentuada da variabilidade genética, assim, nota-se a importância da utilização de populações mais heterogêneas no ganho com a seleção.

Na Tabela 3, têm-se estimativas de ganho por seleção (GS) de alguns trabalhos desenvolvidos, nos quais as seleções foram realizadas diretamente sobre o caráter produção.

Tabela 3 - Estimativas de Ganhos com Seleção (GS), em porcentagem (%), para características primárias e secundárias relacionadas à produção de grãos em soja quando a seleção foi feita diretamente sobre o caráter produção.

Trabalho Autores (Ano)	Caráter ^{1/}							
	DPF	1ºL	AP	DPM	AC	NVP	NSP	PRO
Costa et al. (2004)	-	-4,88	4,59	-	-0,05	23,05	25,74	55,1
Morceli Junior et al. (2008)	-	-0,39	-0,35	-	-	4,30	6,71	0,58
	-	-2,11	11,46	-	-	27,20	61,29	7,53
	-	0,41	0,66	-	-	24,07	36,84	7,01
	-	-0,12	-0,73	-	-	1,07	2,11	0,23
	-	-0,14	3,44	-	-	12,71	24,10	2,42
Karnwal e Singh (2009)	3,90	-	20,46	3,37	-	29,42	-	7,50
Patil et al. (2011)	12,0	-	58,21	11,96	-	51,05	-	51,7
Aditya, Bhartiya e Bhartiya (2011)	4,99	-	23,30	-	-	45,46	-	15,1
Malek et al. (2014)	14,0	-	36,63	11,50	-	31,20	-	22,0

^{1/}DPF – Dias para o florescimento; 1ºL – Inserção de primeiro legume; AP – Altura de Planta; DPM - Dias para a maturação; AC – Acamamento; NVP – Número de vagens por planta; NSP – Número de sementes por planta; PRO - Produção.

Fica inerente que o ganho estimado com a seleção é dependente do caráter. Percebe-se, ainda, a existência de uma relação negativa entre caracteres. Por exemplo, realizando-se a seleção diretamente sobre o caráter produtividade, nota-se um ganho negativo na altura de inserção de primeiro legume; de maneira contrária, observa-se que a altura de plantas e o ciclo possuem relação positiva com a produtividade.

Com o objetivo de se estimar parâmetros genéticos e a eficiência na seleção, visando à capacidade de ramificação em soja, Barros et al. (2016) obtiveram ganhos reais de 78,5% na capacidade de ramificação, quando aplicada uma pressão de seleção de 50%. Entretanto o peso de 100 sementes diminuiu em 35,86%, resultando em um não aumento da produtividade da planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Tratamentos genéticos

Foram utilizadas progênies segregantes $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ oriundas dos seguintes cruzamentos: População 1: CD 2630 RR x CD 215 RR; População 2: V-TOP RR x NK 7074 RR; População 3: CD 250 RR x NA 5909 RG; População 4: BMX Força RR x 5D 690 RR. A escolha dos parentais foi feita, com base no desempenho das cultivares na região Sul do Minas Gerais, assim, foram selecionadas cultivares com bom desempenho agrônômico e que apresentaram a característica de precocidade para a região. As características de todas as testemunhas utilizadas estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Relação das cultivares de soja e suas respectivas informações de grupo de maturação (GM), hábito de crescimento (HC) e empresa detentora do material genético.

Cultivar	GM	HC	Empresa detentora do material genético
CD 2630 RR	6.3	I ^{1/}	Coodetec Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola Ltda
CD 215 RR	5.9	D ^{2/}	Coodetec Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola Ltda
CD 250 RR	5.5	I	Coodetec Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola Ltda
5D 690 RR	6.9	I	Coodetec Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola Ltda
V-TOP RR	5.9	I	Syngenta Seeds Ltda
NK 7074 RR	7.4	D	Syngenta Seeds Ltda
NA 5909 RG	6.9	I	Nidera Sementes Ltda
BMX Força RR	6.2	I	GDM Genética do Brasil Ltda

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Indeterminado; ^{2/}Determinado.

Os cruzamentos foram realizados, em casa de vegetação, na safra de verão de 2013/2014. As hibridações foram realizadas manualmente, conforme procedimento sugerido e descrito por Borém et al. (2009). As sementes das gerações F_1 foram multiplicadas, em casa de vegetação, na safra de inverno de 2014, adotando-se duas plantas por vaso.

Na safra de verão de 2014/2015, as populações F_2 foram semeadas em campo adotando-se duas linhas de cinco metros, considerando-se 15 sementes/metro linear como densidade de semeadura. Por ocasião da maturação fisiológica, cada população foi colhida em Bulk. As populações F_3 foram semeadas, na safra de verão de 2015/2016, adotando-se quatro

linhas de cinco metros, considerando-se uma densidade de semeadura de 15 sementes/metro linear.

Selecionaram-se, visualmente, 55 plantas mais precoces de cada população, assim, na maturação fisiológica, essas plantas foram colhidas visando à obtenção das progênes $F_{3:4}$. As plantas foram trilhadas individualmente, utilizando-se da debulha manual. Verificou-se, individualmente, a produtividade de cada uma das plantas colhidas e as 34 progênes $F_{3:4}$ mais produtivas de cada população foram selecionadas.

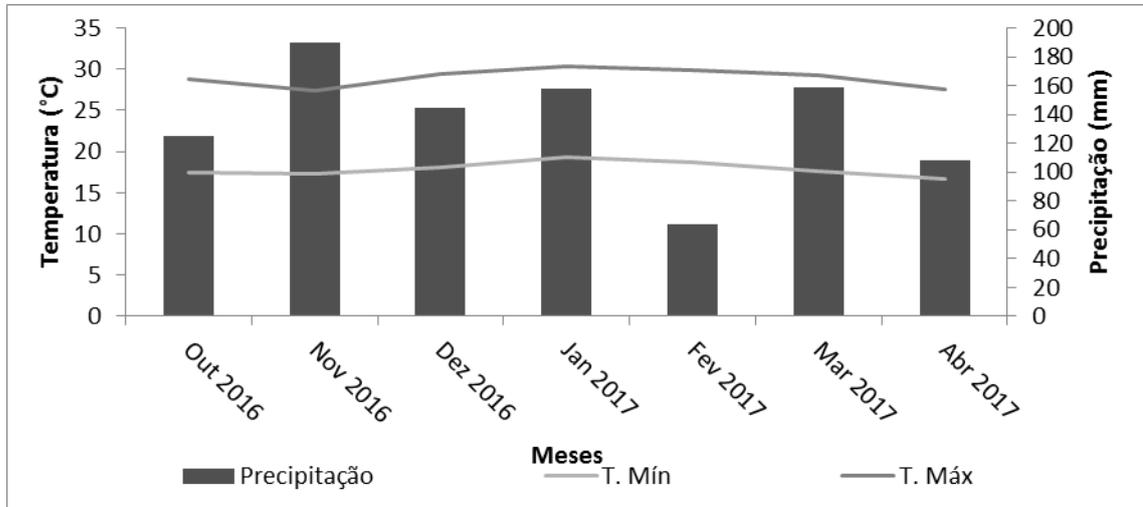
3.2 Ambientes experimentais

As progênes $F_{3:4}$ foram avaliadas, na safra de verão de 2016/2017, no município de Lavras, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária – Fazenda Muquém, situada à latitude de $21^{\circ}14'$ S, longitude $45^{\circ}00'$ W e altitude de 918 m; e no município de Itutinga, na Fazenda Milanez, latitude de $21^{\circ}17'52''$ S, longitude $44^{\circ}39'28''$ W e altitude de 969 m. Adotou-se parcela de uma linha de dois metros com duas repetições, considerando o delineamento em látice simples 12×12 (136 progênes + 8 testemunhas).

As progênes $F_{3:5}$ foram avaliadas, na safra de verão de 2016/2017, no município de Lavras, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária – Fazenda Muquém, situada à latitude de $21^{\circ}14'$ S, longitude $45^{\circ}00'$ W e altitude de 918 m; no município de Itutinga, na Fazenda Milanez, latitude de $21^{\circ}17'52''$ S, longitude $44^{\circ}39'28''$ W e altitude de 969 m; e no município de Ijaci, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária – Fazenda Palmital, situada a $21^{\circ}09'$ S, longitude $44^{\circ}54'$ W e altitude de 920 m. Adotou-se parcela de uma linha de três metros com três repetições, considerando o delineamento em látice triplo 8×8 (56 progênes + 8 testemunhas).

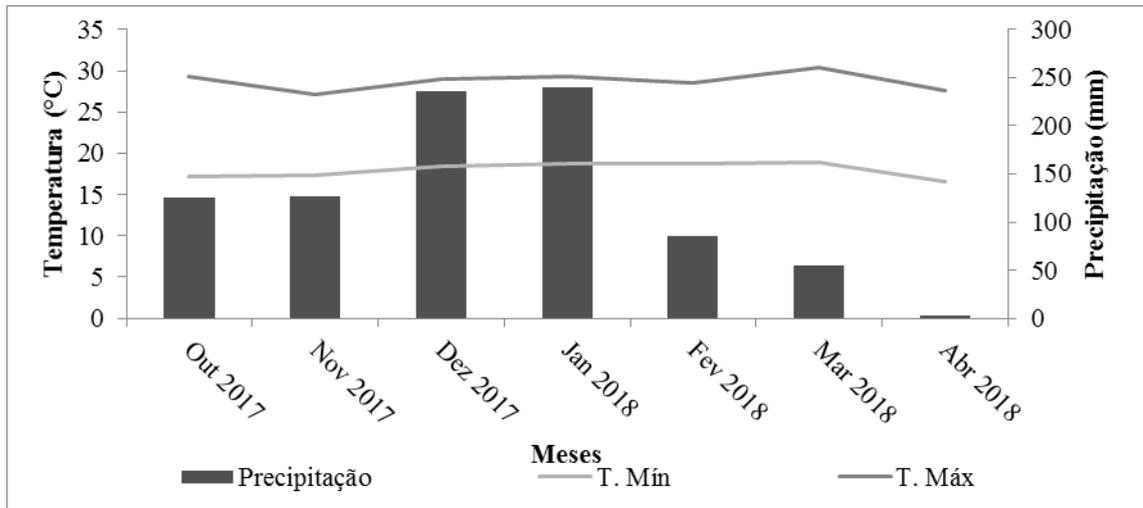
Os dados de climatologia dos ambientes experimentais estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4, e 5.

Figura 1 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2016/2017, na cidade de Lavras - MG.



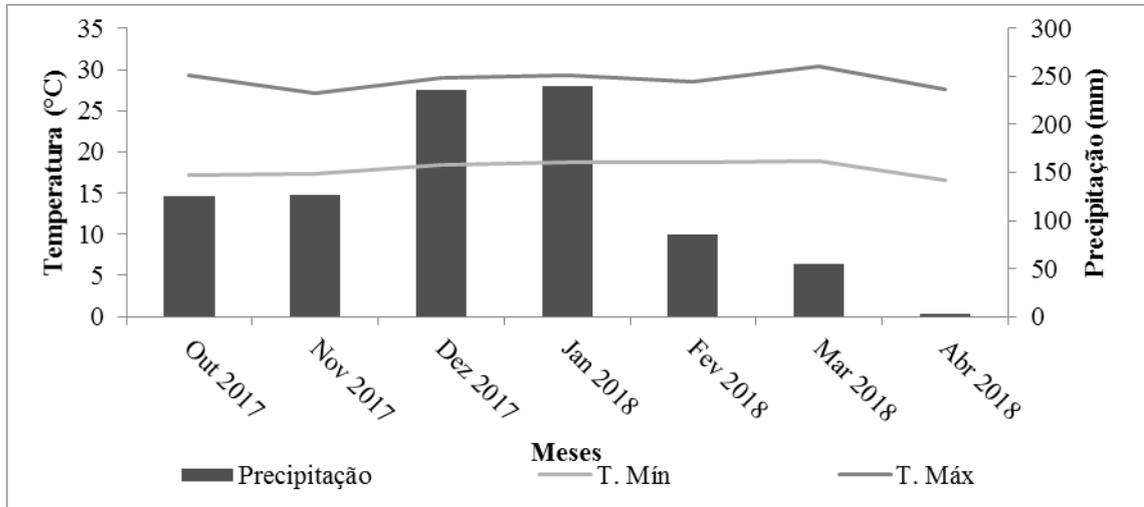
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018).

Figura 2 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2016/2017, na cidade de Itutinga - MG.



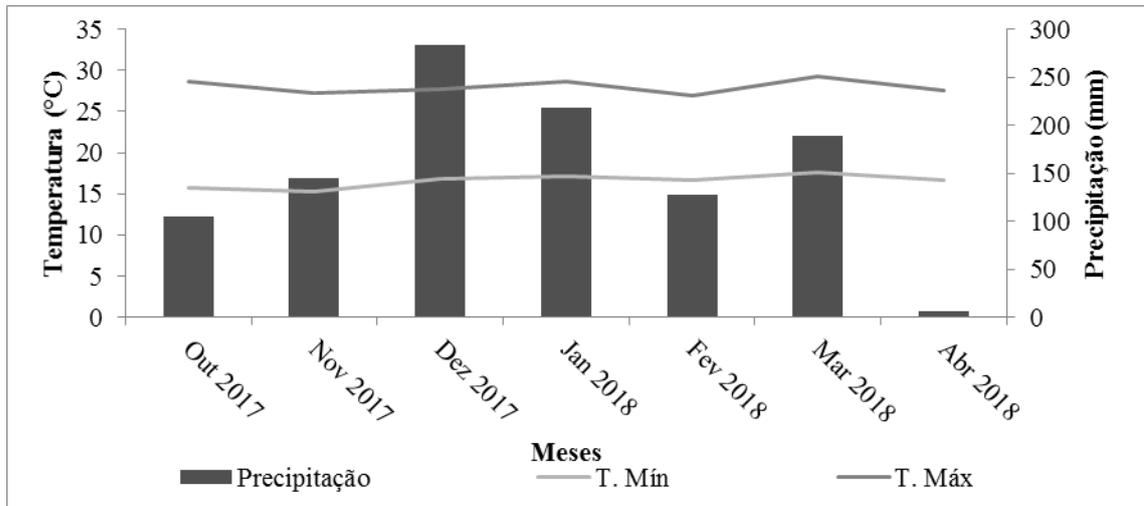
Fonte: INMET (2018).

Figura 3 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Lavras - MG.



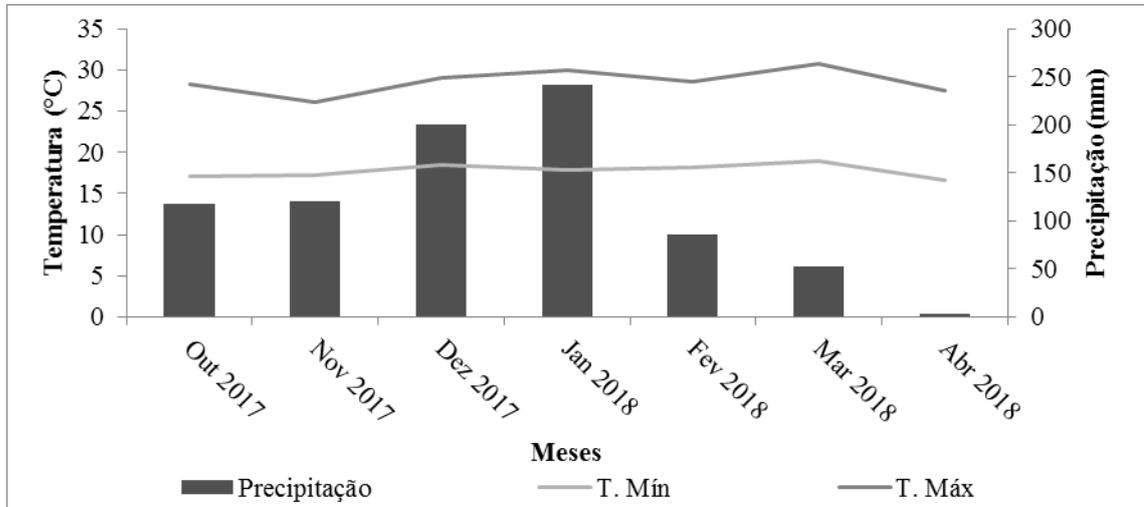
Fonte: INMET (2018).

Figura 4 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Itutinga - MG.



Fonte: INMET (2018).

Figura 5 - Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Ijaci – MG.



Fonte: INMET (2018).

3.3 Condução dos experimentos

Adotou-se, para todos os ambientes avaliados, o sistema de plantio direto, com sulcos de semeadura espaçados em 0,50 m. As semeaduras foram realizadas na primeira quinzena do mês de novembro em todos os ambientes utilizados. A adubação foi realizada via sulco utilizando-se de 350 kg.ha⁻¹ do formulado N-P₂O₅-K₂O (02-30-20). A inoculação, via sulco de semeadura, foi realizada no momento do plantio, utilizando-se bactérias *Bradyrhizobium japonicum* na forma de inoculante líquido na dose de 18 mL p. c. kg⁻¹ de semente – estirpes SEMIA 5079 e 5080, contendo 10,8 x 10⁶ UFC/sementes do inoculante Nitragin Cell Tech HC[®] (3x10⁹ UFC/mL), o volume de calda aplicado foi equivalente a 150 L.ha⁻¹.

Realizaram-se as semeaduras manualmente. Os desbastes foram efetuados, 25 dias após a germinação, promovendo o estande desejado em cada um dos experimentos.

Para o controle de pragas, utilizaram-se inseticidas com ingrediente ativo Neonicotinoide, Piretroide e Clorpirifós, sendo as aplicações condicionadas à necessidade de controle das pragas. O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi efetuado utilizando glifosato na dosagem de 2 L.ha⁻¹.

Foram avaliados os seguintes caracteres:

- dias para o florescimento: 50% das plantas da parcela apresentando florescimento pleno, estágio R2, segundo escala Fehr e Caviness (1977),

- b) maturação absoluta: 90% das plantas da parcela em estágio R8 (maturação absoluta), segundo escala Fehr e Caviness (1977),
- c) produtividade de grãos: valor em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ após conversão para 13% de umidade.

3.4 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram analisados com o auxílio do software R Core Team (2017), via abordagem de modelos mistos (BERNARDO, 2010).

Em um primeiro momento, realizou-se a análise individual, para cada um dos ambientes, de acordo com o modelo apresentado abaixo:

$$y_{ijk} = \mu + p_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk}$$

em que:

y_{ijk} : observação da parcela que recebeu a progênie i no bloco k dentro da repetição j ;

μ : constante geral associada a todas as observações;

p_i : efeito aleatório da progênie i , $p_i \sim N(0, \sigma_p^2)$;

r_j : efeito aleatório da repetição j , $r_j \sim N(0, \sigma_r^2)$;

$b_{k(j)}$: efeito aleatório do bloco k dentro da repetição j , $b_{k(j)} \sim N(0, \sigma_b^2)$;

e_{ijk} : erro experimental aleatório associado à observação y_{ijk} , $e_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

Posteriormente, realizou-se a análise conjunta envolvendo: (a) os dois ambientes da safra 2016/2017; (b) os três ambientes da safra 2017/2018; e (c) os cinco ambientes de avaliações durante as duas safras. Para as três análises conjuntas considerou-se o modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + p_i + r_{j(l)} + b_{k(jl)} + a_l + (pa)_{il} + e_{ijkl}$$

em que:

y_{ijkl} : observação referente à progênie i , no bloco k dentro da repetição j , no ambiente l ;

μ : constante geral associada a todas as observações;

p_i : efeito aleatório da progênie i , $p_i \sim N(0, \sigma_p^2)$;

$r_{j(l)}$: efeito aleatório da repetição j dentro do ambiente l , $r_{j(l)} \sim N(0, \sigma_r^2)$;

$b_{k(jl)}$: efeito aleatório do bloco k dentro da repetição j no ambiente l ,

$b_{k(jl)} \sim N(0, \sigma_b^2)$;

a_l : efeito fixo do ambiente l ;

$(pa)_{il}$: efeito aleatório da interação progênes x ambientes, $(pa)_{il} \sim N(0, \sigma_{(pa)}^2)$;

e_{ijkl} : erro experimental aleatório associado à observação y_{ijkl} , $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

3.5 Estimativa dos componentes genéticos e fenotípicos

Estimaram-se os componentes da variância pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML). Para aferir a qualidade experimental, foram estimados o coeficiente de variação (CV%) e acurácia seletiva proposta por Resende e Duarte (2007).

A acurácia seletiva foi determinada pelo seguinte estimador (GEZAN; MUNOZ, 2014):

$$r\hat{g} = \sqrt{1 - \left(\frac{PEV}{\sigma_G^2}\right)}$$

em que:

PEV : variância do erro de predição dos BLUP;

σ_G^2 : variância genotípica.

Por sua vez, os coeficientes de variação (CV%) foram estimados por:

$$CV(\%) = \frac{\sqrt{\sigma_E^2}}{\bar{Y}} * 100$$

em que:

σ_E^2 : variância ambiental;

\bar{Y} : média fenotípica geral.

As estimativas das herdabilidades (h^2), em nível de progênie, foram obtidas de acordo com o estimador proposto por Piepho e Mohring (2007):

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_{GxE}^2}{n} + \frac{\sigma_E^2}{nr}}$$

em que:

σ_G^2 : variância genotípica;

σ_{GxE}^2 : variância da interação progênes por ambiente;

σ_E^2 : variância ambiental;

n : número de ambientes;

r : média harmônica no número de repetições.

Foram obtidas as estimativas do ganho esperado com a seleção (GS) para todos os caracteres, considerando-se as intensidades de seleção de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% e 40%. Os ganhos esperados com a seleção foram estimados por:

$$GS (\%) = \frac{\overline{BLUP's}}{\bar{Y}} * 100$$

em que:

$\overline{BLUP's}$: Média dos BLUP's das progênes selecionadas;

\bar{Y} : Média geral das progênes na geração i ou em todas as gerações.

O ganho realizado (GR) foi estimado para todas as intensidades de seleção já mencionadas. Para cada caráter, selecionaram-se os genótipos com as melhores médias BLUP na geração i e verificou-se a sua média na geração j . As estimativas do ganho realizado em porcentagem (GR %) foram obtidas pelo estimador:

$$GR (\%) = \frac{\overline{BLUP's}_{j/i}}{\bar{Y}_j} * 100$$

em que:

$\overline{BLUP's}_{j/i}$: Média dos BLUP's dos genótipos na geração j pela seleção efetuada na geração i ;

\bar{Y}_j : Média geral dos genótipos na geração j .

Estimou-se a resposta correlacionada (RC) dos caracteres produtividade e dias para o florescimento, considerando-se a seleção realizada como referência ao caráter maturidade absoluta. As estimativas de ganho realizado em porcentagem (RC %) foram obtidas pelo seguinte estimador:

$$RC_{y/y'}(\%) = \frac{\overline{BLUP's}_{y/y'}}{\bar{Y}} * 100$$

em que:

$\overline{BLUP's}_{y/y'}$: Média dos BLUP's dos genótipos para o caráter y pela seleção efetuada para o caráter y' ;

\bar{Y} : Média geral dos genótipos para o caráter y .

Para a estimação da maturidade relativa de cada uma das progênes, utilizaram-se os dados de maturação relativa e absoluta das testemunhas CD 2630 RR (6.3), CD 215 RR (5.9), CD 250 RR (5.5), 5D 690 RR (6.9), NK 7074 RR (7.4), NA 5909 RG (6.9) e BMX Força RR (6.2). Assim, foi possível obter uma equação de regressão de primeiro grau:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

em que:

Y : Maturação relativa;

β_0 : Intercepto;

β_1 : Coeficiente de inclinação da reta;

X : Maturação absoluta em dias.

4 RESULTADOS

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para as análises individuais estão apresentadas nas Tabelas 1A, 2A, 3A, 4A, 5A dos anexos. Observa-se grande variação nas magnitudes das estimativas dos parâmetros para os caracteres avaliados. A acurácia seletiva e o coeficiente de variação são estimadores da precisão experimental e evidenciam a qualidade dos experimentos conduzidos. As estimativas de acurácia seletiva variaram de 39,63%, para produtividade em Ijaci, na safra 2017/2018, até 95,71%, para maturação absoluta em Itutinga na safra 2017/2018. Por sua vez, o menor coeficiente de variação foi observado para o caráter maturidade absoluta, 1,41%, (Itutinga 2017/2018). A maior estimativa foi para produtividade, 35,19% (Ijaci 2017/2018). (TABELAS 4A e 5A).

O componente da variância genética associada às progênes foi significativo, para todos os caracteres, em todos os ambientes avaliados, exceto para produtividade de grãos em Ijaci, na safra 2017/2018 (TABELA 4A). Estes resultados evidenciam que há variabilidade genética entre as progênes.

A proporção da variação fenotípica observada e explicada pelo efeito genético é evidenciada pela herdabilidade. Grande variação nas estimativas deste parâmetro foi observada. Considerando todos os caracteres avaliados, as estimativas variaram de 17,19%, para produtividade em Ijaci, na safra 2017/2018, a 92,04% para maturação absoluta em Itutinga, na safra 2017/2018 (TABELAS 4A e 5A).

As estimativas dos parâmetros genéticos, fenotípicos e da interação G x A, a partir da análise conjunta por safra, estão apresentadas nas Tabelas 6A e 7A dos anexos. Por seu turno, as estimativas desses parâmetros, considerando todos os ambientes avaliados, estão apresentados na Tabela 5. A acurácia seletiva, considerando a análise conjunta total, variou de 59,20% (produtividade) até 90,31% (maturação absoluta). Observa-se, ainda, que o maior coeficiente de variação foi observado, para o caráter produtividade, 19,06%, e o menor para maturação, 2,65%.

O componente da variância genética foi de grande magnitude e significativo, para todos os caracteres agronômicos avaliados, evidenciando, novamente, a existência de variabilidade genética entre as progênes das duas gerações, $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$. (TABELA 5).

Observa-se que o componente genético da interação genótipos por ambientes foi expressivo para os caracteres produtividade, maturação absoluta e florescimento. A significância deste parâmetro evidencia o comportamento não coincidente das progênes nos

diferentes ambientes de avaliação. Por outro lado, as estimativas da herdabilidade variaram de 50,14%, para produtividade, até 90,37%, para maturação absoluta (TABELA 5).

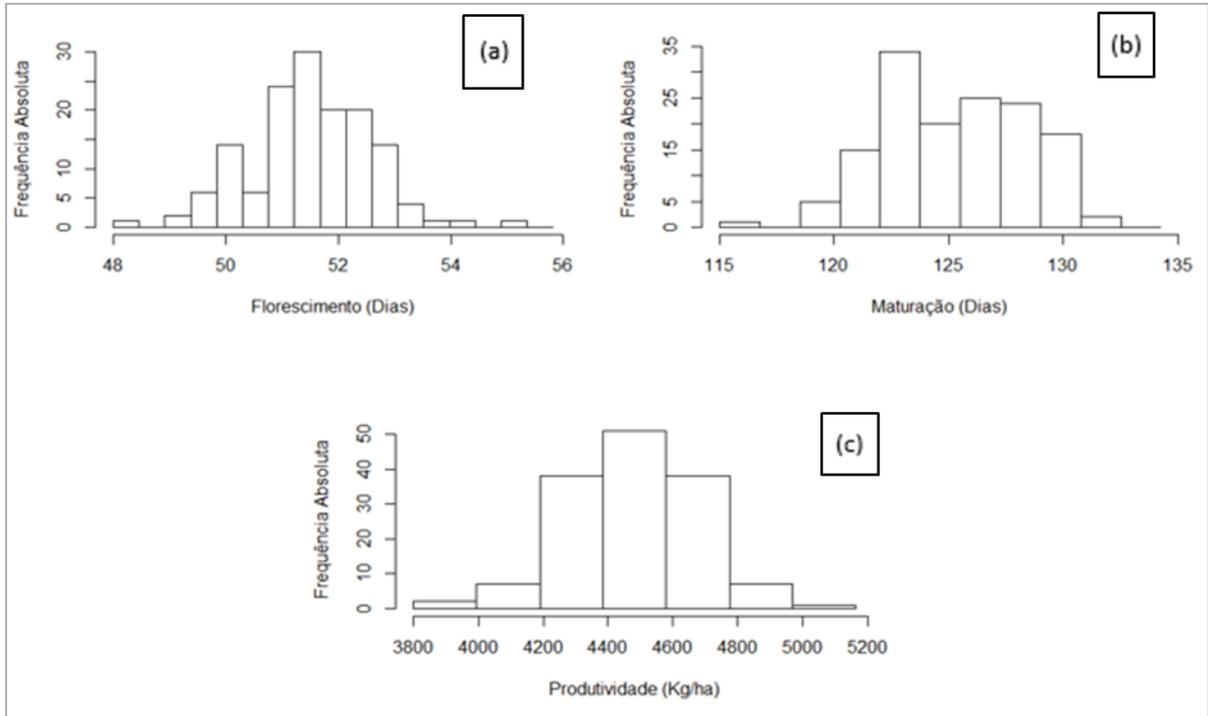
Tabela 5 - Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agronômicos das progênies F_{3:4} e F_{3:5} de soja cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci nas safras de 2016/2017 e 2017/2018.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agronômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_{G \times A}^2$	218613,10***	1,99***	0,49***
$\hat{\sigma}_G^2$	102667,00***	11,98***	1,58***
$\hat{\sigma}_E^2$	729892,30	10,99	2,29
\hat{h}^2 (%)	50,14	90,37	84,88
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	59,20	90,31	85,76
CV (%)	19,06	2,65	2,94
Máximo ^{2/}	4975,54	132,14	55,32
Mínimo ^{2/}	3909,19	115,22	48,13
Média ^{2/}	4481,54	125,30	51,53
Amplitude de variação ^{2/}	1066,35	16,92	7,19

^{1/}Interação genótipo por ambiente ($\hat{\sigma}_{G \times A}^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/} Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.
Fonte: Do autor (2018).

Os gráficos de distribuição de frequência das médias BLUPs associados aos caracteres são apresentadas na Figura 6 e denotam variabilidade existente entre as progênies, bem como a natureza quantitativa dos caracteres avaliados. Na Tabela 5 podem-se observar os valores de máximo, mínimo, média e, também, da amplitude de variação das médias BLUPs para os três caracteres em estudo. Para produtividade de grãos, obteve-se uma amplitude de variação superior a 20% da média geral. Os demais caracteres, maturação absoluta e dias para o florescimento, apresentaram menor variação, embora a sua média denote que as progênies são de ciclo precoce. As médias BLUPs, para os três caracteres, bem como as estimativas da maturação relativa de cada progênie, estão apresentadas na Tabela 8A dos anexos.

Figura 6 - Distribuição de frequência das médias BLUPs associada aos caracteres de importância agrônômica das progênie de soja ($F_{3:4}$ e $F_{3:5}$), referentes à análise conjunta em Lavras, Itutinga e Ijaci, nas safras 2016/17 e 2017/18. A- Florescimento (dias). B- Maturação (dias). C- Produtividade (Kg/ha).



Fonte: Do Autor (2018).

Em trabalhos de avaliação de progênie, é oportuno obter as estimativas dos ganhos genéticos advindos da seleção de genótipos superiores. Neste trabalho não foi diferente. Realizou-se a estimação do ganho genético esperado e do ganho genético realizado em função das diferentes intensidades de seleção (TABELA 6).

Para a estimação do ganho genético esperado, utilizou-se como referência a geração $F_{3:4}$, cultivada em Lavras e Itutinga na safra 2016/2017. Por sua vez, para a estimação do ganho genético realizado foram utilizadas as magnitudes das médias BLUPs da geração $F_{3:5}$, cultivada em Lavras, Itutinga e Ijaci, na safra 2017/2018, tendo em relação as progênie selecionadas na geração anterior.

Tabela 6 - Estimativa de ganhos genéticos esperados e realizados por seleção em porcentagem (%), para os caracteres de importância, em diferentes intensidades de seleção cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci nas safras 2016/2017 e 2017/2018.

IS (%) ^{1/}	Ganho Genético Esperado ^{2/} (%)			Ganho Genético Realizado ^{3/} (%)		
	PROD	MA	DPF	PROD	MA	DPF
5%	7,42	-3,02	-2,40	0,23	-2,57	-2,55
10%	6,43	-2,91	-1,99	0,15	-1,98	-1,73
15%	5,89	-2,83	-1,81	0,36	-1,68	-1,25
20%	5,28	-2,70	-1,59	0,99	-1,34	-0,87
25%	4,75	-2,54	-1,27	0,87	-1,38	-0,76
30%	4,31	-2,36	-1,14	0,63	-0,92	-0,61
35%	3,91	-2,19	-1,02	0,48	-0,50	-0,48
40%	3,59	-2,06	-0,91	0,02	-0,17	-0,17

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Intensidade de seleção. Quantidade de progênies correspondentes: 7 (5%), 14 (10%), 20 (15%), 27 (20%), 34 (25%), 41 (30%), 48 (35%), 54 (40%). ^{2/}Ganho esperado estimado na safra 2016/2017.

^{3/}Ganho realizado estimado na safra 2017/2018. Produtividade (PROD). Maturação Absoluta (MA). Dias para o florescimento (DPF).

Observa-se grande variação nos ganhos genéticos esperados em função da intensidade de seleção. Fica evidente, na Tabela 6, que quanto mais intensa a seleção, ou seja, quando um grupo menor de progênies precoces é selecionado, maiores são os ganhos com a seleção, entretanto maior também será a redução da variabilidade genética para as próximas gerações. Os valores negativos associados às estimativas dos ganhos para dias para maturação evidenciam a redução do ciclo, quando a seleção é direcionada visando à precocidade. Este fenômeno também é esperado, quando a seleção é direcionada visando a um florescimento mais precoce. A Tabela 6 evidencia ganhos de 0,91%, para uma intensidade de seleção mais branda (40%) até ganhos de 2,40% para uma intensidade de seleção mais rigorosa (5%) para o caráter dias para o florescimento.

Uma vez realizada a seleção, é interessante estimar, de fato, o ganho genético realizado. Nota-se, na Tabela 6, que, para o caráter produtividade, o ganho realizado variou de 0,02%, quando aplicada intensidade de 40% até 0,23%, quando aplicada intensidade de 5%, magnitudes bem distantes dos valores esperados. Contudo, considerando maturação absoluta e dias para o florescimento, as magnitudes do ganho realizado foram mais próximas dos ganhos esperados com a seleção na geração anterior.

Visando mensurar o efeito da seleção para maturação absoluta, caráter primário, nos caracteres secundários, produtividade de grãos e dias para o florescimento, obtiveram-se as estimativas da resposta correlacionada (TABELA 7). Este parâmetro permite avaliar o comportamento das progênies, para os diferentes caracteres, considerando a seleção realizada visando à menor maturação absoluta.

Como esperado, precocidade e produtividade apresentam relação inversa, ou seja, quanto maior o ganho em relação ao ciclo, maior será a redução na produtividade. Nota-se, ainda, que a seleção de progênies de menor maturação absoluta propicia respostas de mesma relação no caráter florescimento (TABELA 7).

Tabela 7 - Estimativa de resposta correlacionada em porcentagem (%) para seleção, visando à redução da maturação absoluta em diferentes intensidades de seleção, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

Intensidade de Seleção (%)	Resposta correlacionada (%)	
	Produtividade	Florescimento
5%	-5,02	-1,57
10%	-2,97	-1,24
15%	-2,32	-0,99
20%	-2,26	-0,85
25%	-2,52	-0,89
30%	-1,41	-0,55
35%	-0,49	-0,31
40%	-0,12	-0,13

Fonte: Do autor (2018).

Para a estimação do ganho genético esperado com a seleção na geração F_{3:5}, utilizou-se como referência as progênies cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci na safra 2017/2018. Os ganhos esperados, em função de cada intensidade de seleção, estão apresentados na Tabela 8. Novamente fica evidente que os maiores ganhos com a seleção são reportados para intensidades de seleção mais rigorosas.

Tabela 8- Estimativa de ganhos genéticos esperados em porcentagem (%), para os caracteres de importância, em diferentes intensidades de seleção cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci na safra 2017/2018.

IS (%) ¹	Ganho Genético Esperado ^{2/} (%)		
	Produtividade	Maturação absoluta	Florescimento
5%	10,53	-5,63	-3,54
10%	8,72	-4,80	-2,99
15%	8,04	-4,25	-2,69
20%	7,32	-3,63	-2,23
25%	6,64	-3,20	-1,94
30%	6,16	-2,87	-1,73
35%	5,71	-2,58	-1,56
40%	5,44	-2,40	-1,47

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Intensidade de seleção. ^{2/}Ganho esperado estimado na safra 2017/2018. Quantidade de progênies correspondentes: 3 (5%), 6 (10%), 8 (15%), 11 (20%), 14 (25%), 17 (30%), 20 (35%), 22 (40%).

5 DISCUSSÃO

Para se realizar inferências acuradas e obter estimativas fidedignas por meio de um experimento, é necessário que seja conduzido com alta precisão, sobretudo, visando à identificação e à seleção de genótipos superiores (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012). Neste trabalho, a precisão foi aferida por duas abordagens, o coeficiente de variação (CV%) e acurácia seletiva proposta por Resende e Duarte (2007).

Do ponto de vista fenotípico, ou seja, da condução do experimento em campo, o CV% é comumente utilizado. Pimentel Gomes (2009) destaca que coeficiente de variação inferior a 10% é um indicativo de ótima qualidade experimental, por sua vez, um experimento é considerado de boa qualidade, quando apresenta CV% entre 10 e 20%, regular de 20 a 30% e ruim ou baixa qualidade, quando a estimativa do coeficiente de variação for maior do que 30%.

Por seu turno, do ponto de vista genético, é necessário que as predições, a respeito do valor genotípico de cada um dos genótipos avaliados, sejam precisas. Neste contexto, a acurácia seletiva tem sido empregada. As estimativas de acurácia são consideradas de grande precisão, quando superiores a 70%, média de 30 a 70%, e baixa precisão, quando as estimativas obtidas são inferiores a 30% (RESENDE; DUARTE, 2007).

Para todos os ambientes avaliados, observam-se grandes variações na magnitude das estimativas de CV% e acurácia seletiva. Essas variações podem ser explicadas pela complexidade do controle genético do caráter em questão, como também pelos fatores inerentes ao ambiente em estudo. Espera-se que quanto mais complexo seja o controle do caráter, maior a influência ambiental sobre ele e, portanto mais elevadas serão as estimativas de CV% e menores as estimativas de acurácia seletiva (RESENDE; DUARTE, 2007). Foi possível observar a atuação desses dois fatores para o caráter produtividade de grãos. Observa-se que caráter apresentou maiores estimativas de CV% e menores estimativas de acurácia em todos os ambientes avaliados.

Em relatos apresentados por Ramalho et al. (2012), é possível observar que em decorrência do maior número de repetições, espera-se uma maior precisão experimental nas análises conjuntas. Embora este fato não possa ser generalizado no presente trabalho, pode-se afirmar que os valores preditos pela análise conjunta, envolvendo os cinco ambientes, é mais preciso e informativo que as análises individuais, pois quantifica, no valor ambiental, tanto o efeito de safra quanto o efeito de ano, isolando, assim, do componente genético, os efeitos

ambientais (GESTEIRA et al., 2015; LUDWIG et al., 2011; MEOTTI et al., 2012; YAN; RAJCAN, 2003).

Diversos autores como Bernardo (2010) e Ramalho et al. (2012) ressaltam a importância da variabilidade genética para o sucesso dos programas de melhoramento. A seleção de indivíduos superiores é eficiente se realizada sobre variações herdáveis. Assim, estimar o real valor genotípico dos indivíduos é de crucial importância. Este trabalho evidenciou que os componentes de variância genética entre as progênies foram significativos, para todos os caracteres avaliados, denotando, assim, a existência de variabilidade genética entre elas.

A existência de variabilidade genética pode ser ressaltada também pelas magnitudes das amplitudes de variação das médias BLUPs, para os caracteres produtividade (23,79%), maturidade absoluta (13,50%) e dias para o florescimento (13,95%).

Como destacado por Ramalho et al. (2012), o melhoramento genético é um acúmulo de vantagens, assim, obter progênies superiores aos parentais utilizados é o grande objetivo do emprego da hibridação no melhoramento de plantas. Portanto a utilização de genótipos elites, com boa adaptação para as condições de cultivo da região Sul de Minas Gerais e contrastantes entre si, propiciou a existência de variabilidade genética e bom desempenho agrônomo das progênies.

Verifica-se que a variação fenotípica de cada tratamento genético depende do fator genético em si, do efeito do ambiente e da interação $G \times A$. Portanto, do ponto de vista de melhoramento de plantas, é de crucial importância obter informações a respeito da influência do ambiente sobre o caráter em estudo. Esta informação propicia uma melhor decisão quanto ao descarte, avanço e recomendação de genótipos (GESTEIRA et al., 2018; PEREIRA, 2017; PINHO, 2016). Com esta finalidade, a avaliação conjunta, envolvendo ambientes diversos, permite a estimação do componente da variação da interação Genótipos por Ambientes ($G \times A$).

O componente da interação $G \times A$ foi significativo para todos os caracteres avaliados. Resultados semelhantes aos obtidos por Amaral (2017) e que podem ser explicados pela característica quantitativa do controle genético dos caracteres. Pela sua grande importância, o efeito da interação genótipos \times ambientes tem sido amplamente reportado para a cultura da soja no Brasil (CARNEIRO, 2017; GESTEIRA et al., 2018; SILVA et al., 2015; SOARES et al., 2015; ZAMBIAZZI et al., 2017) e corroboram com os resultados obtidos neste trabalho.

A estimação da herdabilidade é fundamental nos programas de melhoramento genético. Esta informação auxilia os melhoristas de plantas, sobretudo, nas tomadas de

decisões quanto à seleção. Uma vez que a herdabilidade representa a proporção fenotípica explicada pelo efeito genético, espera-se uma redução das magnitudes deste parametro em função da complexidade do controle genético do caráter. Como esperado, a herdabilidade do caráter produtividade (50,14%) foi a menor entre os três caracteres avaliados. Diversos estudos corroboram com as magnitudes obtidas neste trabalho (ANDRADE et al., 2016; LEITE et al., 2016; PEREIRA et al., 2017; UNÊDA-TREVISOLI et al., 2012).

O principal objetivo dos programas de melhoramento genético é a obtenção de indivíduos superiores ao final do programa. Para se obter sucesso nesta perspectiva, é necessário que as etapas de condução e seleção das populações segregantes sejam realizadas de forma precisa. Como forma de antever o comportamento das progênies na geração seguinte, os ganhos com a seleção são corriqueiramente estimados. Neste trabalho, o ganho esperado foi estimado para as gerações $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ (TABELAS 6 e 8). Observa-se que quanto mais rigorosa é a seleção, maiores são os ganhos esperados, entretanto maior será a redução da variabilidade genética (RAMALHO et al., 2012).

Por sua vez, o ganho realizado indica, de fato, o sucesso obtido com a seleção na geração anterior. Como estimado, o ganho realizado foi menor que o ganho esperado, para todos os caracteres (TABELA 6). Resultados semelhantes são reportados por Amaral (2017) e Pereira et al. (2017). As alterações na magnitude do ganho realizado pode ser explicada, sobretudo, pela interação genótipos x anos agrícolas. No presente trabalho, as progênies $F_{3:4}$ foram avaliadas em dois locais distintos, logo, para a seleção dos genótipos superiores, foi possível de se isolar o componente da interação genótipos x locais, contudo vários relatos na literatura evidenciam que a influência dos fatores ambientais imprevisíveis por flutuações ocorridas, em diferentes anos agrícolas, é mais importante do que as variações em razão dos locais (PEREIRA, 2017; ROCHA et al., 2002; ZHE et al., 2010).

O presente trabalho objetivou selecionar progênies que associem precocidade e produtividade. Desta forma, para a seleção dos genótipos, a seleção foi realizada visando avançar progênies com a menor maturação absoluta. Contudo foram obtidas as estimativas de resposta correlacionada, ou seja, o ganho obtido no caráter secundário, em razão da seleção no caráter primário, dos caracteres produtividade e florescimento após a seleção para maturação absoluta (TABELA 7). Espera-se o aumento do potencial produtivo com a seleção de progênies mais tardia. Por seu turno, a seleção de progênies precoces resulta em redução do potencial produtivo. Observou-se, neste trabalho, que uma menor intensidade de seleção, visando à precocidade, resultou em reduções mais severas do potencial produtivo das progênies (TABELA 7). Em trabalho realizado por Gesteira et al. (2018), observou-se

correlação positiva e de alta magnitude entre produtividade de grãos e a maturação absoluta, o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo.

Contudo Sedyama (2015) ressalta que, embora exista essa correlação entre produtividade e maturação absoluta, é possível obter progênies que associem precocidade e alta produtividade. Este fato é evidenciado, ao se observar as médias BLUPs dos caracteres produtividade e maturação absoluta (TABELA 5). Para a região Sul de Minas Gerais, uma maturação absoluta de 125 dias pode ser considerada precoce e possibilita a segunda safra (GESTEIRA et al., 2015). No presente trabalho, 59 das 136 progênies apresentaram maturação absoluta menor que 125 dias. Considerando esta maturação, está evidente que é possível selecionar progênies com desempenho produtivo superior à média nacional. Por seu turno, a seleção visando à menor maturação absoluta resulta na redução do número de dias para o florescimento.

6 CONCLUSÃO

Os componentes da variância evidenciam a variabilidade genética existente nas populações para os três caracteres, sendo possível selecionar progênies superiores.

A seleção de genótipos precoces implica a redução da produtividade.

É possível selecionar progênies de soja que associem bom desempenho agrônômico e precocidade.

REFERÊNCIAS

- ADITYA, J. P.; BHARTIYA, P.; BHARTIYA, A. Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*Glycine max* (L) Merrill). **Journal of Central European Agriculture**, Zagreb, v. 12, n. 1, p. 27-34, 2011.
- ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1999. 264 p.
- AMARAL, L. O. **Seleção de linhas puras na cultivar de soja BRS Favorita RR**. 2017. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- ANDRADE, A. C. B. et al. Strategies for selecting soybean genotypes using mixed models and multivariate approach. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2016.
- BACKES, R. L. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em populações F5 e F6 de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 2, p. 201-216, 2002.
- BARROS, J. P. A. et al. Estimates of genetic parameters and efficiency in selection for branching capacity in soybean genotypes. **Journal of Agronomy**, Madison, v. 15, n. 1, p. 39-44, 2016.
- BERNARD, R. L. Two major genes for time of flowering and maturity in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 242-244, 1971.
- BERNARD, R. L.; WEISS, M. G. Qualitative genetics. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p. 117-154.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2nd ed. Woodbury: Stemma, 2010. 400 p.
- BIZARI, E. H. et al. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 110-117, 2017.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1987. 61 p.
- BONATO, E. R.; VELLO, N. A. E6, a dominant gene conditioning early flowering and maturity in soybeans. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 2, p. 229-232, 1999.
- BORÉM, A. (Org.). **Hibridação artificial de plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. v. 1, 625 p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 529 p.

BRIM, C. A.; BURTON, J. W. Recurrent selection in soybeans: II., selection for Increased percent protein in seeds. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 4, p. 494-498, 1979.

BUZZELI, R. I.; VOLDENG, H. D. Inheritance of insensitivity to long daylength. **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, v. 7, p. 26-29, 1980.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 3, p. 336-343, mar. 2012.

CARNEIRO, A. K. **Emprego de multilinhas na cultura da soja**. 2017. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

CARVALHO, M. A. C. de et al. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 659-668, 2007.

COBER, E. R. et al. A new locus for early maturity in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 524-527, 2010.

COBER, E. R.; VOLDENG, H. D. A new soybean maturity and photoperiod-sensitivity locus linked to E1 and T. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 698-701, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v. 3, safra 2015/16, n. 12, décimo segundo levantamento, setembro 2016. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1305_92934803e5c32864b0ca922bb93bfc34>. Acesso em: 21 jun. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v. 5, safra 2017/18, n. 9, nono levantamento, junho 2018. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/20861_fb79e3ca2b3184543c580cd4a4aa402b>. Acesso em: 21 jun. 2018.

COSTA, M. M. et al. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, nov. 2004.

COSTA, M. M. et al. Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 101-108, 2008.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. 22. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. 394 p.

DALL'AGNOL, A. et al. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: EMBRAPA, 2007. (Circular Técnica, 43).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja**: região central do Brasil, 2014. Londrina, 2013. 265 p. (Sistemas de Produção, 16).

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: MacMillan, 1987. 536 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa States University of science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

GESTEIRA, G. S. et al. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Porto Alegre, v. 7, p. 79-88, 2015.

GESTEIRA, G. S. et al. Selection of realy soybean inbred lines using multiple index. **Crop Science**, Madison, 2018. In press.

GEZAN, S. A.; MUNOZ, P. R. **Analysis of experiments using ASReml**: with emphasis on breeding trials. 2014. Disponível em: <https://www.biostatsgen.com/uploads/3/8/9/6/38964623/alldiap_sa_oct2014.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

IRSHAD, M. et al. Genetic variability, heritability and genotype x year interaction for morpho-yield traits in soybean. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 48, n. 4, p. 1601-1607, 2016.

JAIN, S. et al. Studies on genetic variability, character association and path analysis for yield and its contributing traits in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Legume Research**, Sadar, v. 38, n. 2, p. 182-184, 2015.

JOHANNSEN, W. L. **Veber erblichkeit in populationen and in reinem leinem**. Jena: Gustav, 1903.

JUSTEN JUNIOR, A. A.; VIEIRA, K. M.; CORONEL, D. A. Eficiência dos merdados da soja no Brasil (2004-2010). **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 180-193, 2013.

KARNWAL, M. K.; SINGH, K. Studies on genetic variability, character association and path coefficient for seed yield and its contributing traits in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Legume Research**, Sadar, v. 32, n. 1, p. 70-73, 2009.

KONG, F. et al. A new dominant gene conditions early flowering and maturity in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 54, n. 6, p. 2529-2535, 2014.

KWON, S. H.; TORRIE, J. H. Heritability of and interrelationships amont traits of two soybean populations. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 196-198, 1964.

LEITE, W. D. S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agrônômicos em linhagens F8 de soja. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 3, p. 302-310, dez. 2016.

LUDWIG, M. P. et al. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready TM. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, p. 305-313, 2011.

MALEK, M. A. et al. Morphological characterization and assessment of genetic variability, character association, and divergence in soybean mutants. **The Scientific World Journal**, Cairo, v. 2014, p. 1-12, 2014.

MATSUO, É.; FERREIRA, S. C.; SEDIYAMA, T. Botânica e fenologia. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Soja do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 27-53.

MCBLAIN, B. A.; BERNARD, R. I. A new gene affecting the time of flowering and maturity in soybeans. **The Journal of Heredity**, Washington, v. 78, p. 160-162, 1987.

MEOTTI, G. V. et al. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 1, p. 14-21, jan. 2012.

MILLER, J. E.; FEHR, W. R. Direct and indirect recurrent selection for protein in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 1, p. 101-106, 1979.

MORCELI JÚNIOR, A. A. et al. Análise genética em cruzamentos de soja com fonte de resistência ao nematóide de cisto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 3, p. 153-159, 2008.

MUNIZ, F. R. S. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos em populações segregantes de soja. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 615-622, 2002.

NOGUEIRA, O. P. A. et al. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Macenas, 2009. p. 7-16.

OLIVEIRA, A. C. B. et al. Herdabilidade e correlações em plantas F₂ de soja cultivadas em diferentes condições ambientais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 889-893, 2000.

PATIL, S. S. et al. Genetic variability, correlation and path analysis in soybean. **Legume Research**, Sadar, v. 34, n. 1, p. 36-40, 2011.

PEREIRA, D. R. **Interação genótipos x ambientes e implicações na associação entre caracteres em soja**. 2017. 64 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

PEREIRA, F. de C. et al. Implications of the population effect in the selection of soybean progeny. **Plant Breeding**, Berlin, v. 136, n. 5, p. 679-687, 2017.

PIEPHO, H. P.; MOHRING, J. Computing heritability and selection response from unbalanced plant breeding trials. **Genetics**, Austin, v. 177, n. 3, p. 1881-1888, 2007.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Ed. ESALQ, 2009. 451 p.

PINHO, I. V. von. **A interação dos genótipos x ambientes na cultura da soja e o risco na recomendação de novas linhagens**. 2016. 133 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

PIRES, L. P. M. et al. Recurrent mass selection for upright plant architecture in common bean. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, n. 3, p. 240-243, 2014.

PRIOLLI, R. H. G. et al. Genetic structure and a selected core set of brazilian soybean cultivars. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 36, n. 3, p. 382-390, 2013.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 522 p.

REIS, E. F. et al. Estimativas de variâncias e herdabilidades de algumas características primárias e secundárias da produção de grãos em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 4, p. 749-761, jul./ago. 2002.

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, 2007.

ROCHA, M. de M. et al. Magnitude da interação genótipos x ambientes para o caráter teor de óleo em linhagens de soja^{1*}. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 617-625, 2002.

SEDIYAMA, T. **Melhoramento genético da soja**. Londrina: Mecenias, 2015. v. 1, 352 p.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Macenas, 2009. 314 p.

SILVA, K. B. et al. Adaptability and phenotypic stability of soybean cultivars for grain yield and oil content. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 2, Apr. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27173225>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

SOARES, I. O. et al. Adaptability of soybean cultivars in different crop years. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, p. 8995-9003, 2015.

TEIXEIRA, F. G. **Herança da precocidade e de caracteres agrônômicos em soja e seleção de linhagens com base em índices de seleção**. 2017. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

UNÊDA-TREVISOLI, S. H. et al. Estimativa de parâmetros genéticos em linhagens precoces de soja com aptidão para áreas de reforma de canavial. **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v. 4, 2012. Suplemento. Disponível em: <<http://www.citec.fatecjab.edu.br/index.php/files/article/viewFile/81/pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

WATANABE, S.; HARADA, K.; ABE, J. Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean. **Breeding Science**, Tokyo, v. 61, n. 5, p. 531-543, 2012.

WILCOX, J. R. Increasing seed protein in soybean with eight cycles of recurrent selection. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 1536-1540, 1998.

YAN, W.; RAJCAN, I. Prediction of cultivar performance based on single-versus multiple-year tests in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 549-555, 2003.

ZAMBIAZZI, E. V. et al. Estimates of genetics and phenotypics parameters for the yield and quality of soybean seeds. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, Sept. 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28973778>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

ZHANG, J. et al. Genome-wide association study for flowering time, maturity dates and plant height in early maturing soybean (*Glycine max*) germplasm. **BMC Genomics**, London, v. 16, n. 1, p. 217, 2015.

ZHE, Y. et al. Effects of genotype x environment interaction on agronomic traits in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 696-702, 2010.

ANEXO A - TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies $F_{3:4}$ de soja cultivadas em Lavras na safra de 2016/2017.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agronômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_G^2$	292124,20***	6,30**	1,75***
$\hat{\sigma}_E^2$	644249,70	18,73	2,28
\hat{h}^2 (%)	47,56	40,23	58,60
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	67,52	62,39	76,18
CV (%)	14,64	3,45	2,92
Máximo ^{2/}	6433,39	129,81	57,13
Mínimo ^{2/}	4602,30	122,43	51,31
Média ^{2/}	5481,89	125,59	53,88
Amplitude de variação ^{2/}	1831,09	7,38	5,82

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/}Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '*'.

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 2 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies $F_{3:4}$ de soja cultivadas em Itutinga na safra de 2016/2017.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agronômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_G^2$	450687,70***	17,81***	1,55***
$\hat{\sigma}_E^2$	311028,90	8,69	2,16
\hat{h}^2 (%)	74,35	80,40	58,99
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	83,23	88,10	75,72
CV (%)	14,32	2,45	2,82
Máximo ^{2/}	5312,97	126,19	53,51
Mínimo ^{2/}	2574,13	115,43	50,27
Média ^{2/}	3895,73	120,14	52,15
Amplitude de variação ^{2/}	2738,84	10,76	3,24

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/}Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '*'.

Tabela 3 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies $F_{3:5}$ de soja cultivadas em Lavras na safra de 2017/2018.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agronômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_G^2$	503474,40***	15,45***	1,38***
$\hat{\sigma}_E^2$	985833,90	7,33	2,24
\hat{h}^2 (%)	60,51	86,34	64,95
\hat{r}_{gg} (%)	75,19	91,73	79,93
CV (%)	19,11	2,11	3,08
Máximo ^{2/}	6146,60	135,09	51,43
Mínimo ^{2/}	3730,11	116,36	45,79
Média ^{2/}	5195,08	128,58	48,57
Amplitude de variação ^{2/}	2416,49	18,73	5,64

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}). ^{2/}Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 4 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à caracteres agronômicos das progênies $F_{3:5}$ de soja cultivadas em Ijaci na safra de 2017/2018.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agronômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_G^2$	68722,32	17,08***	2,64***
$\hat{\sigma}_E^2$	993362,00	13,96	2,41
\hat{h}^2 (%)	17,19	78,59	76,66
\hat{r}_{gg} (%)	39,63	88,31	86,64
CV (%)	35,19	2,80	3,13
Máximo ^{2/}	3101,02	141,36	54,97
Mínimo ^{2/}	2558,11	119,74	46,88
Média ^{2/}	2832,14	133,53	49,57
Amplitude de variação ^{2/}	542,91	21,62	8,09

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}). ^{2/}Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 5 - Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies F_{3:5} de soja cultivadas em Itutinga na safra de 2017/2018.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agronômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_G^2$	435730,60***	11,12***	3,40***
$\hat{\sigma}_E^2$	827754,90	2,88	2,11
\hat{h}^2 (%)	61,23	92,04	82,85
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	77,92	95,71	89,91
CV (%)	19,43	1,41	2,80
Máximo ^{2/}	6299,64	125,24	59,32
Mínimo ^{2/}	3464,99	110,36	45,65
Média ^{2/}	4682,31	120,77	51,95
Amplitude de variação ^{2/}	2834,65	14,88	13,67

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/}Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 6 - Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agronômicos das progênies F_{3:4} de soja cultivadas em Lavras e Itutinga na safra de 2016/2017.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agronômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_{G \times A}^2$	252064,30***	1,67	0,45*
$\hat{\sigma}_G^2$	104747,90*	9,90***	1,20***
$\hat{\sigma}_E^2$	497762,10	14,40	2,37
\hat{h}^2 (%)	29,49	69,05	59,42
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	52,85	82,13	76,55
CV (%)	14,93	3,09	2,90
Máximo ^{2/}	5259,60	129,22	54,47
Mínimo ^{2/}	4367,30	119,12	50,96
Média ^{2/}	4724,32	122,93	53,01
Amplitude de variação ^{2/}	892,31	10,09	3,51

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Interação genótipo por ambiente ($\hat{\sigma}_{G \times A}^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/} Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 7 - Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres agrônômicos das progênies F_{3:5} de soja cultivadas em Lavras, Itutinga e Ijaci na safra de 2017/2018.

Parâmetros ^{1/}	Caracteres Agrônômicos		
	Produtividade (Kg/ha)	Maturação Absoluta (Dias)	Florescimento (Dias)
$\hat{\sigma}_{G \times A}^2$	170791,20**	0,57	0,66***
$\hat{\sigma}_G^2$	166003,00**	14,31***	1,78***
$\hat{\sigma}_E^2$	922652,00	7,98	2,26
\hat{h}^2 (%)	51,01	93,01	79,12
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	70,04	96,14	88,27
CV (%)	22,66	2,21	3,00
Máximo ^{2/}	4840,41	133,80	54,22
Mínimo ^{2/}	3353,54	114,13	46,70
Média ^{2/}	4239,21	127,61	50,03
Amplitude de variação ^{2/}	1486,87	19,67	7,52

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Interação genótipo por ambiente ($\hat{\sigma}_{G \times A}^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/} Magnitudes das médias BLUPs. Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’

Tabela 8 - Tabela de médias BLUPs da análise conjunta para os caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (M.A.), dias para o florescimento (D.P.F.) e maturação relativa (M.R.) das progênies F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

(continua)

Tratamentos	PROD	M.A.	D.P.F	M.R. ^{1/}
1	4415,7	126	53	6.6
2	4439,1	123	51	6.2
3	4734,0	126	52	6.6
4	4354,6	126	52	6.6
5	4318,9	131	52	7.2
6	4591,9	125	52	6.5
7	4577,7	127	52	6.7
8	4643,0	122	51	6.1
9	4440,2	123	52	6.3
10	4702,2	125	52	6.5
11	4627,3	126	51	6.5
12	4547,3	125	52	6.4
13	4440,2	123	52	6.2
14	4401,8	125	52	6.5
15	4707,5	125	52	6.5
16	4642,1	125	51	6.5
17	4640,8	123	51	6.3
18	4778,3	127	52	6.7
19	4542,0	123	51	6.2
20	4384,1	124	52	6.4
21	4867,3	126	51	6.6
22	4474,9	126	52	6.6

Tabela 8 - Tabela de médias BLUPs da análise conjunta para os caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (M.A.), dias para o florescimento (D.P.F.) e maturação relativa (M.R.) das progêneses F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

(continuação)

Tratamentos	PROD	M.A.	D.P.F	M.R. ^{1/}
23	4413,3	126	51	6.6
24	4729,0	126	51	6.6
25	4422,4	127	52	6.7
26	4654,0	125	52	6.5
27	4590,8	132	52	7.3
28	4599,5	128	52	6.8
29	4528,7	126	52	6.5
30	4515,8	124	52	6.4
31	4202,0	126	52	6.6
32	4184,5	127	52	6.7
33	4380,9	124	52	6.3
34	4713,9	126	51	6.5
35	4337,1	129	53	7.0
36	4554,9	128	53	6.9
37	4310,8	129	52	6.9
38	4668,1	129	53	6.9
39	4441,7	129	53	6.9
40	4565,9	129	52	6.9
41	4544,0	129	53	7.0
42	4481,5	130	53	7.0
43	4933,9	128	53	6.9
44	4370,8	128	52	6.9
45	4263,4	127	53	6.7
46	4737,2	129	53	6.9
47	4539,0	128	52	6.9
48	4269,3	128	52	6.9
49	4262,5	128	52	6.8
50	4533,5	129	53	7.0
51	4975,5	128	53	6.9
52	4505,2	128	53	6.9
53	4396,4	129	51	7.0
54	4502,7	126	52	6.6
55	4641,7	129	53	7.0
56	4592,3	131	52	7.1
57	4313,8	128	52	6.9
58	4504,1	129	52	6.9
59	4656,6	127	54	6.8
60	4801,5	130	53	7.0
61	4614,5	128	53	6.8
62	4940,8	130	53	7.0
63	4392,6	126	53	6.6
64	4382,7	129	53	6.9
65	4591,9	129	52	6.9
66	4353,9	129	52	7.0
67	4629,2	129	53	6.9
68	4638,8	131	52	7.2
69	4180,3	126	50	6.6

Tabela 8 - Tabela de médias BLUPs da análise conjunta para os caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (M.A.), dias para o florescimento (D.P.F.) e maturação relativa (M.R.) das progêneses F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

(continuação)

Tratamentos	PROD	M.A.	D.P.F	M.R. ^{1/}
70	4534,4	130	50	7.1
71	4344,5	124	50	6.3
72	4237,4	124	50	6.3
73	4469,1	121	50	6.0
74	4246,3	125	51	6.5
75	4367,5	120	50	5.8
76	4168,9	124	50	6.3
77	4431,3	119	50	5.8
78	4327,0	124	51	6.4
79	4181,9	122	51	6.0
80	4533,3	127	51	6.7
81	4314,3	125	51	6.4
82	4010,6	119	50	5.7
83	4282,7	125	50	6.4
84	4398,5	121	50	6.0
85	4347,8	124	51	6.4
86	4391,4	126	49	6.6
87	4783,9	130	51	7.0
88	4387,5	124	50	6.3
89	4318,6	119	50	5.7
90	4425,9	124	50	6.3
91	4381,1	130	52	7.0
92	3965,5	122	50	6.1
93	4152,2	119	50	5.7
94	4370,5	127	51	6.7
95	4410,0	126	50	6.6
96	4212,8	127	50	6.7
97	4376,0	124	49	6.3
98	4654,8	128	52	6.9
99	4372,5	121	50	6.0
100	4272,8	123	50	6.3
101	4301,8	126	51	6.6
102	4352,2	121	50	6.0
103	4424,3	123	52	6.2
104	4376,7	124	52	6.3
105	4601,5	123	51	6.2
106	4537,7	123	51	6.2
107	4520,4	123	52	6.2
108	4387,3	122	52	6.2
109	4376,9	122	50	6.1
110	4617,4	123	51	6.3
111	4422,1	123	52	6.3
112	4484,4	123	52	6.2
113	4610,8	122	51	6.2
114	4771,5	123	51	6.2
115	4336,1	123	51	6.3
116	4601,8	126	51	6.6

Tabela 8 - Tabela de médias BLUPs da análise conjunta para os caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (M.A.), dias para o florescimento (D.P.F.) e maturação relativa (M.R.) das progêneses F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

(conclusão)				
Tratamentos	PROD	M.A.	D.P.F	M.R. ^{1/}
117	4618,6	122	52	6.1
118	4606,1	121	52	6.0
119	4555,4	122	51	6.1
120	4720,3	130	53	7.0
121	4555,6	125	52	6.4
122	4350,0	124	52	6.3
123	4689,1	122	51	6.1
124	4269,6	122	51	6.2
125	4564,4	122	52	6.1
126	4660,2	123	51	6.2
127	4281,8	121	51	6.0
128	4582,7	123	52	6.2
129	4520,2	123	51	6.2
130	4549,3	128	52	6.8
131	4441,1	123	51	6.2
132	4684,3	124	52	6.4
133	4418,4	121	52	6.0
134	4439,2	124	51	6.4
135	4670,0	122	51	6.1
136	4334,5	123	52	6.2
5D 690 RR	4651,5	129	54	7.0*
CD 215 RR	4428,4	122	51	6.1*
NK 7074 RR	4966,8	131	55	7.2*
CD 250 RR	4148,4	115	48	5.3*
CD 2630 RR	4556,3	124	51	6.4*
NA 5909 RG	3909,2	122	49	6.1*
BMX Força RR	4481,5	123	51	6.3*
V-TOP RR	4661,2	130	52	7.1*

Fonte: Do autor (2018).

^{1/}Maturação relativa estimada pela equação de regressão: $\hat{Y} = 0,1199\hat{x} - 8,5179$. $R^2 = 0,9249$.

*Estimativas obtidas a partir dos dados experimentais.