



**LUIZA FALEIRO BARRIOS**

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE  
SOJA**

**LAVRAS - MG**

**2020**

**LUIZA FALEIRO BARRIOS**

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi

Orientador

MSc. Gabriel Mendes Villela

Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2020**

Barrios, Luiza Faleiro.

VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA/ Luiza Faleiro Barrios. - 2020.

26 p.

Orientador(a): Adriano Teodoro Bruzi.

Coorientador(a): Gabriel Mendes Villela

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

**LUIZA FALEIRO BARRIOS**

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA**

exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das

APROVADO em

Adriano Teodoro Bruzi      UFLA

Gabriel Mendes Villela      UFLA

Roxane do Carmo Lemos      UFLA

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi

Orientador

MSc. Gabriel Mendes Villela

Coorientador

**LAVRAS - MG**

**2020**

## AGRADECIMENTOS

À minha família e meu namorado Rafael, pelo apoio incondicional para realização do curso.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura (DAG) e em especial ao Setor de Grandes Culturas, pela oportunidade de conhecimento e condições oferecidas durante o curso.

Ao meu orientador Professor Dr. Adriano Teodoro Bruzi, pela orientação, tutoria, ensinamento e ajuda constante no trabalho.

Ao coorientador MSc Gabriel Mendes, pela ajuda constante no trabalho e ensinamentos.

Ao Grupo Pesquisa Soja, por toda ajuda desempenhada durante a execução dos experimentos.

Aos amigos da turma da Agronomia 2015/2 pelo apoio e convívio.

**Minha gratidão!**

## RESUMO

Os programas de melhoramento de soja têm como principal objetivo a obtenção de linhagens homocigotas que sejam uniformes e estáveis. No entanto, recentes estudos mostram que as linhagens podem não permanecer geneticamente puras após serem cultivadas sucessivamente por alguns anos. Isso ocorre não apenas devido à mistura de sementes ou recombinação natural, mas também por fatores genéticos que podem gerar variabilidade dentro da linhagem. Assim, objetivou-se avaliar a existência de variação genética dentro de seis cultivares de soja. Para isso, foram obtidas progênies das cultivares SYN1359, P98Y11, BMX6160, 97R73, NS7000 e NA5909. Foram avaliadas 47 progênies de cada uma das linhagens em um experimento no delineamento látice simples 17x17, com semeadura em outubro de 2018, em Lavras, MG. Os caracteres avaliados foram: produtividade de grãos ( $\text{scs.ha}^{-1}$ ), dias para florescimento e dias para maturação absoluta. Procedeu-se a análise de variância desdobrando as fontes de variação e estimou-se a herdabilidade, acurácia e os componentes da variância genética. A variação entre as progênies de uma mesma cultivar variou conforme a cultivar e os caracteres avaliados. As progênies da cultivar 97R73 apresentaram diferença significativa para todos os caracteres avaliados, enquanto a SYN1359 não apresentou diferenças significativas para nenhum deles. Embora tenha ocorrido diferença entre as progênies para a produtividade nas cultivares tardias, as variâncias genotípicas para esse caráter foram de baixa magnitude, dessa forma, essa variação pode ser atribuída ao efeito ambiental. Foi possível identificar variabilidade entre as progênies das linhagens comerciais avaliadas

**Palavras-chave:** *Glycine max*; linhas puras, parâmetros genéticos e fenotípicos.

## Sumário

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1-</b>  | <b>Introdução .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2-</b>  | <b>Referencial teórico.....</b>                                     | <b>8</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Histórico da soja no Brasil e sua importância econômica.....</b> | <b>8</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Melhoramento da cultura da soja e caracteres relevantes.....</b> | <b>10</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Fonte de variabilidade genética em cultivares de soja .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>3-</b>  | <b>Materiais e métodos.....</b>                                     | <b>14</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Localização do experimento.....</b>                              | <b>14</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Tratamentos Genéticos.....</b>                                   | <b>15</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Delineamento Experimental .....</b>                              | <b>16</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Condução do Experimento.....</b>                                 | <b>16</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Análise Estatística.....</b>                                     | <b>17</b> |
| <b>3.6</b> | <b>Estimativas de parâmetros genéticos .....</b>                    | <b>17</b> |
| <b>4-</b>  | <b>Resultados e discussões .....</b>                                | <b>18</b> |
| <b>5-</b>  | <b>Conclusão .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>6-</b>  | <b>Referências bibliográficas.....</b>                              | <b>25</b> |

## 1- Introdução

A soja é considerada a cultura agrícola que mais cresceu nas últimas três décadas, correspondendo a 60% da área plantada em grãos no país (CONAB, 2020). Um dos fatores que levaram a soja a ser o grão mais plantado no Brasil foi devido as pesquisas e desenvolvimento do melhoramento genético. Com o estímulo à compra de sementes melhoradas a cada ano agrícola por parte dos agricultores e o pagamento de royalties pelas tecnologias utilizadas, despertou-se o interesse das empresas do setor privado em realizar o melhoramento da cultura. O lançamento da Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9456/97), que regulamenta a produção, o comércio e o uso de sementes das cultivares registradas, foi uma das grandes responsáveis pela intensificação do melhoramento genético no país (ANTUNES, 2013).

O principal objetivo dentro de um programa de melhoramento de soja é o lançamento de cultivares promissoras no mercado agrícola para os produtores. Sendo a soja uma planta autógama, o processo de cleistogamia consiste na polinização do estigma antes da abertura do botão floral ou antese. Por meio dessas autofecundações sucessivas chega-se em genótipos homozigotos originando as linhagens, que são comercializadas como cultivares. No entanto, existe ainda 5% de fecundação cruzada que pode originar variabilidade dentro das cultivares. A variabilidade genética ocorre devido à presença de diferentes genótipos homozigotos sendo cultivados em um mesmo local. Outras possíveis formas para o surgimento da variabilidade genética dentro de cultivares comerciais são: por meio de fontes contaminadoras como cruzamentos indesejáveis, mistura varietal, mutação natural e outros mecanismos genéticos e epigenéticos (TOKATLIDIS, 2015).

Além disso, sabe-se que o genoma não é um sistema estável como se acreditava no passado. Vários mecanismos atuam constantemente na expressão e regulação gênica e são muitas vezes também influenciados pelo ambiente. Se considerarmos o tamanho da população de plantas que são cultivadas anualmente pelos agricultores, a ocorrência desses fenômenos que normalmente acontece em baixa frequência se torna relevante. A variabilidade natural gerada devido a esses fatores é substancial, levando a instabilidade das linhagens ao longo dos cultivos sucessivos (VAN SLUYS, 2012).

Tendo em vista a expansão territorial do Brasil e o número de cultivares e plantas de soja que são anualmente plantadas na safra agrícola, torna-se uma alternativa viável explorar esta variabilidade permitindo obter ganhos expressivos de seleção dentro das cultivares.



Diante do exposto, objetivou-se avaliar a existência de variabilidade genética dentro de cultivares comerciais em soja.

## 2- Referencial teórico

### 2.1 Histórico da soja no Brasil e sua importância econômica

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) foi citada há 5000 mil anos atrás por um imperador chinês, Shen-nung, que a descreveu como grão sagrado. A sua importância cultural e econômica advém desde os tempos remotos, em que o grão servia como matéria prima essencial para o tofu e ainda era utilizado como espécie de moeda. No entanto, a planta de soja cultivada atualmente difere muito da que era produzida há 5 milênios atrás, que era rasteira e crescia as margens de rios e lagos. O processo de domesticação para chegar na soja que cultivamos nos dias de hoje se iniciou no século XI a.c. a partir de cruzamentos realizados por pesquisadores chineses. Por muito tempo o cultivo da soja ficou restrito ao continente asiático, mais especificamente na China. A dispersão do grão pelo mundo foi lenta, apenas no século XX que o interesse devido ao teor de óleo e proteína começou a chamar a atenção das indústrias. Após a Segunda Guerra Mundial o grão de soja se tornou um item de grande importância para o comércio exterior. Pode-se considerar o ano de 1921, quando foi fundada a *American Soybean Association* (ASA), como o marco da consolidação da cadeia produtiva da soja em esfera mundial (APROSOJA, 2020).

No Brasil, há relatos de que a introdução ocorreu em 1882 no estado da Bahia, no entanto não houve sucesso no cultivo devido as condições que diferiram daquela de onde era cultivada. A soja de fato começou a ser cultivada no Brasil em 1914 no estado do Rio Grande do Sul, devido às condições do estado serem similares àquelas onde a soja era cultivada nos Estados Unidos. Nessa época a cultura apresentava maior potencial produtivo nessa região (SEDIYAMA, 2015). Um fator importante na disseminação da soja pelo Brasil foi a expansão da fronteira agrícola nos anos de 1970 e 80, levando o cultivo de soja aos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. A abertura de novas áreas no cerrado em conjunto com o desenvolvimento de cultivares de soja adaptadas à região proporcionou uma rápida expansão na área cultivada e na produção nacional do grão (CATTELAN; DALL'AGNOL, 2018).

Por ser uma planta altamente influenciável pelo ambiente, um dos desafios dos programas de melhoramento da soja foi devido a mesma ser uma planta de dias curtos, ou seja, quanto menos horas de luz em um dia, mais acelerado será o seu florescimento. Dessa

forma, para lidar com o fotoperíodo foram criados programas de melhoramento visando o prolongamento do período juvenil da planta. Com a seleção de cultivares que apresentam a característica do período juvenil longo, em que as horas de escuro não afetam o estímulo floral, o fotoperíodo deixa de ser um fator limitante no plantio comercial de soja no país (CARBALLO et al., 2009; CATTELAN; DALL'AGNOL, 2018).

O investimento em pesquisas levou a “tropicalização” da cultura, permitindo assim que o grão fosse cultivado em regiões de baixas latitudes. Um dos mais importantes agentes nesse processo de evolução foi a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que tem desenvolvido cultivares apropriadas para o clima tropical. O lançamento da Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9456/97), que regulamenta a produção, o comércio e o uso de sementes das cultivares registradas, foi uma das grandes responsáveis pela intensificação do melhoramento genético no país. Com o estímulo à compra de novas sementes a cada ano agrícola por parte dos agricultores e o pagamento de royalties pelas tecnologias utilizadas, despertou-se o interesse das empresas do setor privado em realizar o melhoramento da cultura (ANTUNES, 2013).

Além da tropicalização da soja, outra característica que favoreceu a produção de soja foi a plasticidade de uma cultivar de soja. Em sua maioria, as cultivares de soja apresentam plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia e nos componentes do rendimento (FERREIRA JUNIOR et al. 2010). Essa característica está relacionada à adaptação a altitude, latitude, fertilidade do solo, época de semeadura, população de plantas e espaçamentos entre linhas diferenciados. Portanto, conhecendo as interações entre esses fatores para definir práticas de manejo que favoreçam a cultura, faz-se possível utilizar a mesma cultivar em regiões com condições ambientais distintas. (HEIFFIG et al. 2006).

Houve um incremento de 1,5% em área plantada de grãos em relação à safra anterior. Atualmente a cultura ocupa uma área 36,8 milhões de hectares representando 57,3% da área de 64,2 milhões de hectares semeadas de grãos no país de acordo com o quarto levantamento da safra 2019/20 realizada em janeiro deste ano pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020). A produção na safra 2019/20 será de 122,2 milhões de toneladas. Desta maneira, ao manter estes índices postula o Brasil sendo o maior produtor de soja do mundo pela primeira vez na história. As estimativas americanas indicam para nosso país, na safra 2019/2020 um aumento em produção de 6,9% com 123 milhões de toneladas do grão em relação à safra anterior, sendo o Brasil o maior produtor seguido do Estados Unidos e da

Argentina, com participações de 36,5, 28,7 e 15,7%, respectivamente (USDA, 2019). O incremento em área plantada será de 2,6% e 6,3% referente à produção total do grão em relação à safra anterior. (CONAB, 2020).

## **2.2 Melhoramento da cultura da soja e caracteres relevantes**

No cultivo da soja o entendimento de suas características agrônômicas e morfológicas, bem como a resistência e/ou tolerância a estresses bióticos e abióticos, é de fundamental importância para que o seu potencial produtivo seja almejado. Assim, estudos associando acuradas informações genótípicas e fenotípicas para prever o desempenho de progênies e futuros ganhos de produtividade se faz essencial para que o melhoramento genético da soja no Brasil auxilie a obtenção de cultivares com característica que permitam rendimentos agrônômicos mais elevados para cada região agrícola onde se cultiva soja (MONTEIRO F. F, 2018).

Em plantas autógamas, a frequência de polinização cruzada é menor do que 5%, ou seja, elas se reproduzem preferencialmente por autofecundação (BORÉM; MIRANDA, 2013). A frequência de heterozigose a cada autofecundação é reduzida à metade enquanto a homozigose se duplica. Portanto, a tendência de indivíduos heterozigotos é desaparecer em uma geração  $F_{\infty}$  e a frequência dos homozigotos dominantes e recessivos corresponda a  $\frac{1}{2}$  cada um (RAMALHO et al., 2012).

Os métodos adotados pelos programas de melhoramento visam solucionar as limitações potenciais ou reais frente aos fatores bióticos e abióticos que podem vir a interferir na produção. O processo envolve a obtenção e condução das populações e procedimentos de avaliação de linhagens. Historicamente existem três métodos utilizados na obtenção de novas cultivares, que são a introdução, seleção e hibridação. A escolha do método a ser utilizado depende dos objetivos gerais e específicos do programa de melhoramento (RAMALHO et al., 2012). Dentro do método de melhoramento escolhido pelo programa existem etapas até a obtenção de uma cultivar. Dentre as fases destacam-se a escolha de parentais/genitores para a realização das hibridações, a identificação das melhores progênies para avanço nas etapas do programa, a avaliação dessas progênies em diferentes locais e anos agrícolas visando mitigar o efeito da interação genótipos x ambientes, e por fim, a escolha da melhor linhagem a ser lançada no mercado agrícola para os produtores (BACAXIXI et al., 2011).

No melhoramento de plantas autógamas, são utilizados métodos que exploram a variabilidade natural (Introdução de germoplasma e Seleção de linhas puras), e os métodos que ampliam a variabilidade existente, isto é, hibridação com posterior condução das

populações segregantes (Massal, Genealógico, População, SSD, Retrocruzamento e Seleção recorrente).

Os programas de melhoramento da cultura da soja visam melhorar os caracteres de interesse econômico, que em sua maioria, são caracteres quantitativos. Esse tipo de caracteres apresentam um desafio aos melhoristas devido a sua herança poligênica que é determinado por diversos genes e a pronunciada influência ambiental do seu fenótipo (RAMALHO et al., 2012).

Cultivares com boas características agronômicas apresentam alta produtividade, estabilidade na produção e ampla adaptação ao local onde serão cultivadas. Além disso, com resistência as principais pragas e doenças e a tolerância a fatores abióticos, garantindo estabilidade na produção e alta rentabilidade ao produtor (SEDIYAMA, 2015).

O caráter produtividade é uma característica complexa resultante da interação de vários componentes de produção (CARVALHO et al., 2002). A produtividade da soja no Brasil e no mundo tem aumentado exponencialmente nas últimas décadas, devido principalmente a melhoria nas práticas agronômicas de manejo e ao melhoramento genético. Na safra de 1976/1977 a produtividade de grãos de soja no Brasil era de apenas 1748 kg/ha e na safra de 2019/2020 é estimada uma produtividade de 2870 kg/ha (CONAB, 2020).

Outro caráter de extrema importância é a duração do ciclo da cultura que a cultivar apresenta, podendo ser longo ou curto. O uso de cultivares que apresentam ciclo precoce e semiprecoce permite a utilização do sistema de sucessão de culturas. Além disso, o fato da cultura permanecer menor tempo no campo diminui a pressão de ocorrência de doenças e pragas, que poderiam levar ao aumento do custo de produção. Para a determinação do caráter ciclo são realizadas avaliações referentes ao número de dias para florescimento (NDF) e o número de dias para a maturidade (NDM) a partir da semeadura (MEZZALIRA, 2017).

Recentemente, Todeschini et al (2019) evidenciam que no contexto da cultura da soja têm-se progresso genético expressivo para os principais atributos agronômicos da cultura. Os autores destacam também que caracteres morfológicos e fenológicos foram trabalhados ao longo de mais de 40 anos de melhoramento. No passado, havia o predomínio de cultivares de hábito determinado e ciclo tardio. Atualmente, têm-se predomínio de cultivares de ciclo precoce e hábito de crescimento do tipo indeterminado e semi-determinado, um questionamento que surge então se perfaz na relação entre os estádios fenológicos da cultura. Está evidente que o melhoramento genético foi direcionado para se incrementar o período reprodutivo. Assim deve-se voltar esforços em estudos nas fases fenológicas como período

vegetativo (PV) e reprodutivo (PR), bem como hábito de crescimento, para se maximizar os ganhos genéticos na cultura (RIBEIRO, 2018; TODESCHINI et al., 2019).

Além da produtividade de grãos e o ciclo da cultura o melhoramento genético da soja busca minimizar os efeitos das doenças sobre a cultura. O uso da resistência genética contra doenças pode ser a forma mais econômica, eficiente e ambientalmente sustentável de controle. Dessa forma, têm-se buscado cultivares que apresentem resistência as doenças mais importantes da soja, como a ferrugem asiática (*Phakospora pachyrhizi*) e o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (SOARES et al., 2014).

Visto que esses caracteres são controlados por vários genes, deve-se levar em consideração a interação do genotípico x ambiente, que além de terem os efeitos genéticos e ambientais, tem o efeito adicional proporcionado pela interação destes. Essa interação pode ser entendida como a resposta diferencial dos genótipos em função dos ambientes (BARROS et al., 2008).

### **2.3 Fonte de variabilidade genética em cultivares de soja**

A autogamia da soja é devida ao processo de cleistogamia que consiste na polinização do estigma antes da abertura do botão floral ou antese. Por meio dessas autofecundações sucessivas chega-se em genótipos homozigotos originando as linhagens, que são comercializadas como cultivares. No entanto, existe ainda 5% de fecundação cruzada que pode originar variabilidade dentro das cultivares. A variabilidade genética ocorre devido à presença de diferentes genótipos homozigotos sendo cultivados em um mesmo local. Além do mais há outras formas de obter variabilidade em cultivares através de mutações naturais ou mistura varietal (SILVA et al., 2017).

As fontes de mistura varietal ocorrem principalmente na etapa de produção de sementes, provém desde a fase de semeadura, colheita, recepção, beneficiamento ao armazenamento (TOKATLIDIS, 2015). Nessas fases é imprescindível o isolamento entre os campos de produção de sementes e a limpeza dos maquinários que serão utilizados. A pureza varietal pode ser determinada utilizando marcadores morfológicos associados à semente, tais como o formato, tamanho médio, cor e formato do hilo. No entanto, esses marcadores podem sofrer influência ambiental. (MOREIRA et al., 1999).

A mistura genética pode ser originada de uma polinização anemófila, quando o grão de pólen é carregado pelo vento fertilizando outra planta que esteja receptível a esse pólen. Outra forma de haver essa troca de pólen, mais comum em autógamias, é através de insetos polinizadores, que podem carregar pólen de outra planta e polinizar a flor antes que ela sofra

autofecundação (RAMOS, 2004). Algumas possíveis formas para o surgimento da variabilidade genética dentro de cultivares comerciais são: por meio de fontes contaminadoras como cruzamentos indesejáveis, mistura física, mutação e outros mecanismos genéticos e epigenéticos (TOKATLIDIS, 2015).

Embora as cultivares em plantas autógamas sejam obtidas a partir de linhagens homogêneas, estas tornam-se heterogêneas com o passar do tempo após sucessivos cultivos. Milhões de hectares de soja são cultivados anualmente e, por várias vezes, adota-se a mesma cultivar e a reutilização dos grãos como “semente”, pode propiciar uma variabilidade oriunda dos mecanismos citados anteriormente. Apesar da cultivar ser heterogênea, ela pode possibilitar a seleção de linhagens que associem boa produtividade de grãos, altura de planta, inserção da primeira vagem e tolerância ao acamamento, superiores a mesma (AMARAL, 2017).

Um dos mecanismos genéticos que geram variabilidade dentro de uma linhagem é a heterozigosidade residual (HR), que pode ocorrer mesmo em uma linhagem endogâmica que pode apresentar um ou mais locos em heterozigose. Quando cultivadas sucessivamente, as linhagens endogâmicas que apresentam heterozigosidade residual podem ter uma segregação fenotípica simples. Assim, após cinco gerações, a linhagem pode perder a sua homogeneidade inicial. (LIU et al., 2018)

No caso das mutações genéticas, a variabilidade é gerada devido a modificações nos pares de nucleotídeos da estrutura do DNA, que ocorrem de maneira espontânea e aleatória. Esses eventos são raros e dependem do indivíduo em que ocorreu para a sua replicação, visto que o mecanismo de reparo do DNA pode reparar os danos da estrutura e pela pressão de seleção que pode provocar uma redução drástica da variabilidade genética. No entanto, a utilização de mutação induzida tem sido uma das ferramentas dos programas de melhoramento para criação e/ou incorporação de novos genes de interesse agrônômico (NOBRE, 2016).

Já os mecanismos epigenéticos referem-se a mudanças reversíveis e herdáveis no genoma, mas que não alteram a sequência do DNA. Por esses mecanismos é possível entender como os padrões de expressão são passados para os descendentes e como ocorre a mudança de expressão de genes durante a diferenciação de uma célula, assim como os fatores ambientais podem atuar na expressão gênica. A variabilidade através desse mecanismo pode ocorrer pela: metilação do DNA, modificações de histonas e ação de RNA's não codificadores (SALVATO, 2015).

Outro mecanismo de variabilidade genética dentro de linhagens são os Elementos Transponíveis (ETs), também conhecidos por genes saltitantes. Os ETs são sequências de DNA que podem se mover de um local para outro dentro do genoma, e frequentemente se duplicam no processo (WESSLER, 2006). Eles possuem grande importância na evolução dos genomas devido as alterações que causam. Os ETs são expressos em situações de estresse sendo diretamente influenciados pelo ambiente (SANTANA, 2015).

Os genes duplicados, que também são fonte de variabilidade em cultivares comerciais, são reconhecidos como a maior fonte de inovação evolutiva (LI et al., 2015). Eles ocorrem durante a replicação do DNA quando erros resultam em duplicações de partes do genoma e passam a realizar funções especializadas dentro da célula. A repetição desse processo dá origem as famílias gênicas que desempenham funções importantes relacionadas a adaptação ou a especiação (MARTINEZ, 2011)

Por fim, usar essa variabilidade para obter ganhos de seleção dentro de linhagens pode ser uma alternativa viável. A técnica de intensa seleção intracultivar é certamente apropriada para explorar a variabilidade genética dentro de culturas que são autógamas, como a soja. Há diversos estudos sobre condução de cultivares comerciais que obtiveram linhagens de segunda geração com resultados superiores a determinados caracteres (TOKATLIDIS, 2015).

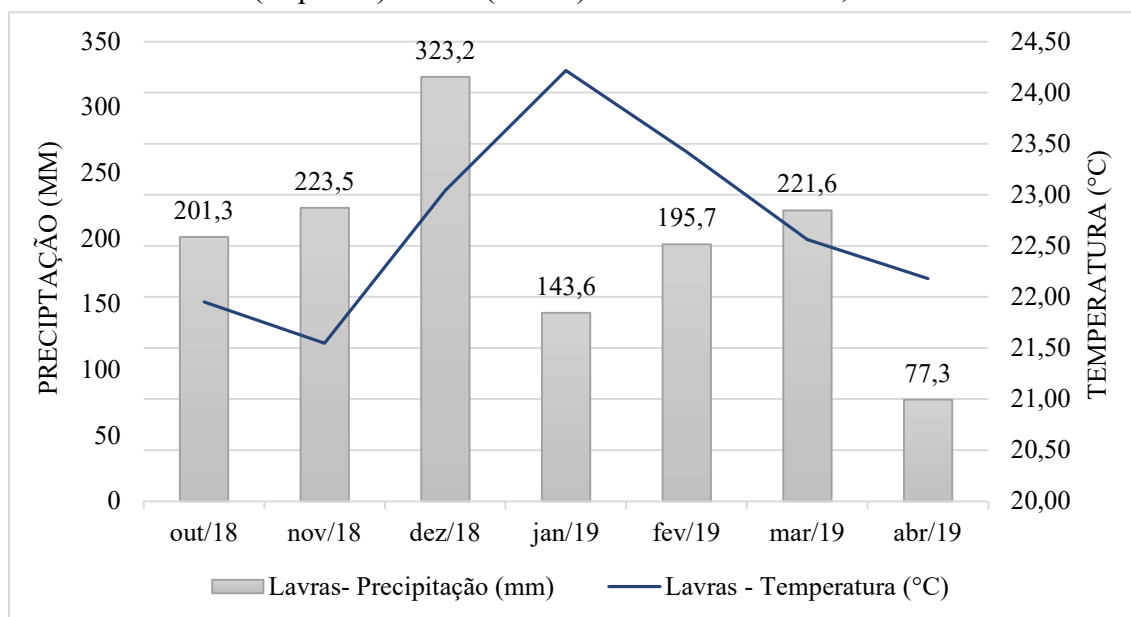
### **3- Materiais e métodos**

#### **3.1 Localização do experimento**

O experimento foi conduzido na safra do ano agrícola 2018/2019, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária - Fazenda Muquém (UFLA), a 21°14' de latitude Sul, 45°00' de longitude Oeste, e altitude de 918 m em Lavras no Estado de Minas Gerais, Brasil.

Os dados climatológicos e as características da composição química do solo da área experimental estão apresentados na Figura 1 e Tabela 1, respectivamente.

**Figura 1** - Variações mensais de precipitação (mm) e temperatura média (°C) no período de outubro (esquerda) a abril (direita) da safra 2018/2019, em Lavras-MG.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2020).

**Tabela 1.** Composição química do solo no local de condução do experimento.

| pH         | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H+Al <sup>3+</sup> | SB  | CTC | P    | K    | MO  | V    |
|------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|-----|-----|------|------|-----|------|
| <b>5.8</b> | 3.7              | 1.0              | 0.1              | 2.7                | 4,4 | 8,9 | 24.6 | 96.0 | 2.9 | 64.3 |

H + Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC (T): capacidade de troca catiônica pH 7,0; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases. Fonte do Autor (2020).

### 3.2 Tratamentos Genéticos

Os tratamentos genéticos foram progênies obtidas das cultivares SYN1359S IPRO, P98Y11, BMX6160, 97R73 RR, NS7000 IPRO e NA5909. Estas cultivares foram plantadas na safra 2017/2018 no esquema de população e a partir de cada cultivar foram colhidas 47 plantas gerando assim as progênies avaliadas. Como testemunhas foram utilizadas as mesmas cultivares descritas anteriormente com o acréscimo da cultivar DESAFIO RR 8473, totalizando sete testemunhas.



**Tabela 2-** Cultivares de soja utilizadas para obtenção das progênes avaliadas.

| <b>Cultivares</b>    | <b>G.M.</b> | <b>Ano Registro</b> | <b>Resistências</b>   | <b>Origem</b> |
|----------------------|-------------|---------------------|---|---------------|
| <b>SYN1359S IPRO</b> | 5.9         | 2014                | Resistente: Glifosato, Cancro da haste; Nematóide do cisto raça 3; algumas lagartas             | Syngenta      |
| <b>BMX6160</b>       | 6.0         | 2012                | Moderadamente resistente: <i>Phytophthora</i> ; Mancha olho de rã. Resistente: Cancro da haste; | Brasmax       |
| <b>NA5909</b>        | 6.4         | 2008                | Resistente: Glifosato; Cancro da haste; Mancha olho de rã; Crestamento bacteriano;              | Nidera        |
| <b>NS7000 IPRO</b>   | 6.7         | 2012                | Resistente: Glifosato; algumas lagartas   | Nidera        |
| <b>97R73 RR</b>      | 7.3         | 2013                | Resistente: Glifosato   | Pioneer       |
| <b>P98Y11</b>        | 8.1         | 2006                | Resistente: Glifosato; Nematóide do cisto raças 1 e 3   | Pioneer       |

Fonte: Do autor (2020)

### 3.3 Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento látice simples 17 x 17, totalizando 289 tratamentos (282 progênes + 7 testemunhas). Foram avaliadas 47 progênes de cada cultivar. Cada unidade experimental adotada foi uma linha de 1,5 metros espaçadas em 50 centímetros.

### 3.4 Condução do Experimento

A semeadura foi sob sistema de plantio direto (SPD), realizada de forma manual em outubro/2018. Foi realizada a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* no momento da semeadura via jato dirigido nos sulcos de plantio logo após a semeadura. 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<sup>-1</sup>. Foram realizadas também aplicações de suplementação mineral de acordo com o recomendado pela cultura. Os demais tratos culturais foram realizados conforme procedimento apresentado por Soares et al. (2015).

Foram avaliados os seguintes caracteres:

- Produtividade de grãos (PROD): valor em sacas por hectare após conversão para 13% de umidade.
- Maturação absoluta (DPM): número de dias do plantio até a fase em que 90% das plantas da parcela estiveram em estágio R8 (maturação absoluta) segundo a escala FEHR; CAVINESS (1977).
- Dias para o florescimento (DPF): número de dias do plantio até a fase em que 50% das plantas da parcela apresentaram florescimento pleno, estágio R2 (dias);

### 3.5 Análise Estatística

Os dados de produtividade de grãos, dias para florescimento e de maturação absoluta de cada uma e foram analisados com o auxílio do software R Development Core Team (2016), via abordagem de método dos quadrados mínimos (COX; COCHRAN, 1957), visando à seleção/identificação das melhores progênies.

Para a análise de variância individual foi utilizado 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  $j$ ;

$\mu$ : 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  $y_{ijk}$ .

A partir da análise de variância realizou-se o desdobramento da fonte de variação Tratamentos para verificar a variabilidade dentro de cada cultivar citada anteriormente. Além disso, foi feita a discriminação entre as progênies de características precoces e tardias de acordo com o ciclo de cada cultivar.

### 3.6 Estimativas de parâmetros genéticos

Objetivando a avaliação da precisão experimental, foi calculado o coeficiente de variação experimental (CV) para a análise individual e a acurácia seletiva ( $R_{gg'}$ ) para cada caráter avaliado individualmente (RESENDE E DUARTE, 2007).

$$CV (\%) = \frac{\sqrt{QME}}{\bar{x}} \times 100$$

Em que:

QME: Quadrado Médio do Erro;

$\bar{x}$ : Média dos tratamentos avaliados.

$$Rgg' = \sqrt{1 - \frac{1}{F}} \times 100$$

Em que:

F: Valor de F calculado.

Foram calculadas as esperanças dos quadrados médios dos parâmetros avaliados e então obtidas às seguintes estimativas:

- Variância genética ( $\sigma_G^2$ ) entre progênes:

$$\sigma_G^2 = \frac{QMP - QME}{r}$$

Em que:

QMP: quadrado médio entre progênes;

QME: quadrado médio residual;

r: número de repetições;

- Herdabilidade ( $h^2$ ) em nível de progênie foram obtidas de acordo com estimador proposto por Piepho e Mohring (2007):

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}} \times 100$$

Em que:

$\sigma_G^2$ : variância genética entre progênes;

$\sigma_E^2$ : variância residual

r: número de repetições;

#### 4- Resultados e discussões

O resumo da análise de variância em Lavras-MG para a safra 2018/2019 para os caracteres produtividade de grãos, dias para maturação absoluta e dias para florescimento das progênes estão apresentados na Tabela 3. Observou-se que a fonte de variação (FV)

Tratamentos foi significativa para todos os caracteres avaliados, os quais denotam variabilidade entre as progênies, sem considerar a origem da progênie. As magnitudes de acurácia (Rgg') variaram de 0,79 para o caráter produtividade de grãos a 0,98 para dias para maturação absoluta. Quanto ao coeficiente de variação (CV) o presente estudo apresentou valores de 2,33% dias para maturação (DPM), 3,53% dias para florescimento (DPF) e 22,87% produtividade (PROD).

**Tabela 3** – Análise de variância dos quadrados médios (QM) para produtividade (PROD), maturação absoluta (DPM) e dias para florescimento (DPF), no município de Lavras-MG, na safra 2018/2019.

| FV                   | GL  | QM                   |                    |                    |
|----------------------|-----|----------------------|--------------------|--------------------|
|                      |     | PROD                 | DPM                | DPF                |
| Entre tratamentos    | 288 | 1072,73*             | 281,88*            | 87,72*             |
| Entre progênies      | 281 | 1041,72*             | 269,52*            | 87,95*             |
| Entre testemunhas    | 6   | 1063,37*             | 260,43*            | 73,64*             |
| Test x Prog          | 1   | 9811,70*             | 3885,00*           | 107,15*            |
| Entre famílias       | 5   | 23866,94*            | 4713,72*           | 3697,42*           |
| Entre prog. Precoces | 138 | 423,27*              | 14,00*             | 1,46 <sup>NS</sup> |
| Entre prog/SYN1359S  | 46  | 384,00 <sup>NS</sup> | 8,82 <sup>NS</sup> | 0,56 <sup>NS</sup> |
| Entre prog/NA5909    | 46  | 400,81 <sup>NS</sup> | 17,78*             | 0,99 <sup>NS</sup> |
| Entre prog/BMX6160   | 46  | 486,35 <sup>NS</sup> | 12,02*             | 2,82 <sup>NS</sup> |
| Entre prog. Tardias  | 138 | 881,11*              | 22,61*             | 6,81*              |
| Entre prog/97R73     | 46  | 1207,32*             | 19,72*             | 7,41*              |
| Entre prog/NS7000    | 46  | 660,04*              | 22,72*             | 6,96*              |
| Entre prog/P98Y11    | 46  | 775,98*              | 19,20*             | 6,06*              |
| Erro                 | 256 | 368,25               | 8,62               | 3,15               |
| Rgg'                 | -   | 0,79                 | 0,98               | 0,98               |
| CV(%)                | -   | 22,87                | 2,33               | 3,53               |

\*Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade. NS - Não significativo. Fonte: Do Autor (2020)

A partir da decomposição dos Tratamentos, verificou-se que há diferença significativa ao nível de 5% entre as sete testemunhas utilizadas e entre todas as progênies para todos os caracteres em estudo. Considerando a fonte de variação entre as famílias, percebe-se que houve diferença entre as populações formadas pelas seis cultivares também para todos os caracteres, ou seja, o grupo de progênies oriundas de cada cultivar diferem uma das outras. Por fim, ao considerar as progênies obtidas dentro de sua respectiva cultivar, encontra-se um comportamento variável em relação à significância entre as progênies dentro de cultivares

para os caracteres em estudo. Esta última significância se torna a responsável por denotar a presença de variabilidade genética dentro de linhagens comerciais de soja.

Considerando o desdobramento da fonte de variação Entre Progênes foi feita a divisão em grupo de progênes precoces e grupo de progênes tardias. Esta partição foi feita de acordo com o grupo de maturidade registrado das cultivares correspondendo ao ciclo das mesmas. Neste desdobramento, para o caráter PROD foi detectada variação significativa entre as progênes provenientes de cultivares tardias. Em relação ao caráter DPM, todas as cultivares apresentaram significância para as progênes, exceto a cultivar SYN1359S. Considerando DPF, concomitante à PROD, apenas as progênes classificadas como tardias apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

A confiabilidade em qualquer tipo de pesquisa é apresentar uma boa precisão experimental. O coeficiente de variação ambiental e a acurácia seletiva são estimadores de qualidade e precisão experimental. As estimativas denotam boa qualidade experimental para os caracteres produtividade, dias para florescimento e dias para maturação absoluta. A estimativa de acurácia superior a 0,8 indica boa precisão experimental, conforme discutido por Pimentel-Gomes (2009). Denota-se que para o caráter produtividade de grãos o valor é um pouco abaixo de 0,8 devido à baixa variabilidade genética deste.

Por seu turno, o coeficiente de variação ambiental, estimador que se baseia nas médias fenotípicas das progênes, é considerado ótimo quando inferior a 10%, bom quando de 10 a 20%, regular quando de 20 a 30%, ruim quando superior a 30% (PIMENTEL GOMES, 2009). No presente estudo os valores de CV são considerados ótimos para os caracteres DPM e DPF e regular para PROD que apresentou valor acima de 20%. Quando a precisão experimental é aferida pela estimativa da acurácia, o efeito da média é suprimido sendo esta uma das principais vantagens na adoção desta ferramenta (RESENDE; DUARTE, 2007).

De acordo com a Tabela 4 pode-se observar que no grupo das precoces, as progênes oriundas da cultivar SYN1359S na média se destacaram pois obtiveram o maior valor médio para PROD (83,29 scs.ha<sup>-1</sup>) e as menores magnitudes para DPM (114,18 dias) e para DPF (44,85 dias), obtendo destaque neste grupo. Vale ressaltar que se destaca os menores valores para os caracteres DPM e DPF, uma vez que a seleção para esses caracteres é realizada no sentido de reduzi-los. Também é possível observar na mesma tabela que os valores entre parênteses correspondem às amplitudes de variação para cada magnitude. Os valores de amplitude para o caráter PROD variaram de 60,74 a 61,87 scs.ha<sup>-1</sup>, NA5909 e BMX6160, respectivamente. Para DPM a variação foi de 10,5 a 15 dias para as progênes precoces

NA5909 e BMX6160 e para o caráter DPF os valores de variação foi de 3 a 5,5, SYN1359 e BMX6160 respectivamente.

**Tabela 4** – Média fenotípicas das progênes precoces provenientes das respectivas cultivares e média geral para os caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (DPM) e dias para florescimento (DPF), no município de Lavras-MG, na safra 2018/2019.

| Progênes    | PROD (scs.ha <sup>-1</sup> ) | DPM (dias)    | DPF (dias)  |
|-------------|------------------------------|---------------|-------------|
| SYN1359     | 83,29 (61,17)                | 114,18 (12,5) | 44,85 (3)   |
| NA5909      | 74,04 (60,74)                | 116,35 (15)   | 45,06 (3,5) |
| BMX6160     | 77,47 (61,87)                | 116,33 (10,5) | 45,84 (5,5) |
| Média geral | 78,27                        | 115,62        | 45,25       |

Na tabela 5 dentro grupo das progênes tardias aquelas provenientes da cultivar NS7000 apresentaram as menores médias DPM (128,05 dias), DPF (48,38 dias), apesar de apresentar o pior comportamento para PROD (83,18 scs.ha<sup>-1</sup>). Já as progênes que apresentaram maior média para o caráter PROD foi a 97R73 com 101,70 scs.ha<sup>-1</sup> se destacando dentre todas as cultivares. Em relação às amplitudes, destaca-se uma maior magnitude dos valores para todos os caracteres das progênes provenientes das cultivares do grupo tardias, as mesmas que obtiveram significâncias em todas as variâncias genéticas.

**Tabela 5** – Média fenotípicas das progênes tardias provenientes das respectivas cultivares e média geral para os caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (DPM) e dias para florescimento (DPF), no município de Lavras-MG, na safra 2018/2019.

| Progênes | PROD (scs.ha <sup>-1</sup> ) | DPM (dias)    | DPF (dias)   |
|----------|------------------------------|---------------|--------------|
| 97R73    | 101,7 (106,93)               | 138,46 (17,5) | 58,07 (10,5) |
| NS7000   | 83,18 (89,91)                | 128,05 (20)   | 48,38 (7)    |
| P98Y11   | 100,65 (76,67)               | 142,46 (15,5) | 59,82 (8)    |
|          | 95,18                        | 136,32        | 55,42        |

Fonte: Do autor (2020).

O caráter produtividade é uma característica complexa resultante da interação de vários componentes de produção (CARVALHO et al., 2002). Com o aumento exponencial da produção de soja, o manejo e o melhoramento genético foram imprescindíveis para alcançarem boas produções. Esse aumento é visível na produção brasileira, sendo que nos últimos 40 anos a produtividade aumentou 64% por hectare (CONAB, 2020). Para a produtividade de grãos, observou-se amplitude de variação de 61,87 sacas.ha<sup>-1</sup> no grupo das precoces e 106,93 sacas.ha<sup>-1</sup> no grupo das tardias.

Está evidente que o melhoramento genético foi direcionado para se incrementar o período reprodutivo. Assim deve-se voltar esforços em estudos nas fases fenológicas como período vegetativo (PV) e reprodutivo (PR), bem como hábito de crescimento, para se maximizar os ganhos genéticos na cultura (RIBEIRO, 2018; TODESCHINI et al., 2019). O ciclo de cultivo da soja segundo Carvalho et al. (2003) pode ser de 75 a 200 dias dependendo da cultivar, pois estas podem ser superprecoces, precoces, médias e tardias. Os tratamentos avaliados apresentaram amplitude para maturidade absoluta de 10,5 a 15 para o grupo das precoces e de 15,5 a 20 dias para o grupo das tardias.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores obtidos para a variância genotípica, acurácia e herdabilidade entre as progênies, entre as famílias e entre as progênies oriundas de cada cultivar. Entre progênies, para os três caracteres avaliados, o caráter DPM apresentou maior acurácia (0,98) e também maior herdabilidade (0,96). O caráter PROD apresentou o maior valor para variância genotípica na magnitude de 336,73 e o caráter DPF obteve o menor valor de 42,28 entre progênies. Já entre famílias, o caráter DPM apresentou maior valor para variância genotípica e todos os caracteres apresentaram valores próximos ao máximo para herdabilidade e acurácia devido à alta magnitude das variâncias.

**Tabela 6** – Acurácia ( $R_{gg}$ ), herdabilidade ( $h^2$ ) e variação genotípica ( $\sigma_G^2$ ) dos caracteres produtividade (PROD), maturação absoluta (DPM) e dias para florescimento (DPF), no município de Lavras-MG, na safra 2018/2019.

| FV                 | PROD         |       |          | DPM          |       |          | DPF          |       |          |
|--------------------|--------------|-------|----------|--------------|-------|----------|--------------|-------|----------|
|                    | $\sigma_G^2$ | $h^2$ | $R_{gg}$ | $\sigma_G^2$ | $h^2$ | $R_{gg}$ | $\sigma_G^2$ | $h^2$ | $R_{gg}$ |
| Entre progênies    | 336,73       | 0,64  | 0,80     | 130,21       | 0,96  | 0,98     | 42,28        | 0,96  | 0,98     |
| Entre famílias     | 11749,3      | 0,98  | 0,99     | 2352,5       | 0,99  | 0,99     | 1847,13      | 1,00  | 1,00     |
| Entre prog/SYN1359 | 7,87         | 0,04  | 0,20     | 0,09         | 0,02  | 0,14     | -            | -     | -        |
| Entre prog/NA5909  | 16,28        | 0,08  | 0,28     | 4,57         | 0,52  | 0,72     | -            | -     | -        |
| Entre prog/BMX6160 | 59,05        | 0,24  | 0,49     | 1,69         | 0,28  | 0,53     | -            | -     | -        |
| Entre prog/97R73   | 419,53       | 0,69  | 0,83     | 5,55         | 0,56  | 0,75     | 2,13         | 0,57  | 0,76     |
| Entre prog/NS7000  | 145,89       | 0,44  | 0,66     | 7,05         | 0,62  | 0,79     | 1,91         | 0,55  | 0,74     |
| Entre prog/P98Y11  | 203,86       | 0,52  | 0,72     | 5,29         | 0,55  | 0,74     | 1,46         | 0,48  | 0,69     |

Fonte: Do Autor (2020).

Em relação às progênies dentro de cada cultivar, para o caráter PROD, as progênies provenientes da cultivar 97R73 apresentaram as maiores acurácias (0,83), herdabilidade

(0,69) e variância genotípica (419,53). Vale destacar que as magnitudes superiores de herdabilidade para as progênies das cultivares 97R73, NS7000 e P98Y11 coincidem com as significâncias do grupo das progênies tardias de acordo com a Tabela 3. Para o caráter DPM as progênies da cultivar NS7000 obtiveram maior acurácia (0,79) e conseqüentemente maior herdabilidade (0,62). Por fim, ao considerar o caráter DPF, todas as progênies provenientes de cultivares precoces todas as progênies obtiveram resultados nulos para variância genotípica, concluindo não existir variabilidade para este caráter nestas progênies. Ao considerar as tardias, as progênies oriundas das cultivares 97R73 obtiveram a maior magnitude de variância genotípica no valor de 2,13.

A herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica observada referente aos efeitos genéticos. A mesma permite prever a possibilidade de sucesso com a seleção, pois reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada. As estimativas obtidas variam de 0 para as cultivares precoces no caráter dias para florescimento, devido à não existência de variância genética, até 1,0 quando avaliado entre as famílias para todos os caracteres. Considerando os diferentes parâmetros é oportuno destacar que houve variação nas magnitudes deste parâmetro quando observamos os resultados das progênies tardias para todos os caracteres.

Para sucesso nos programas de melhoramento genético de plantas é fundamental a existência de variabilidade genética (BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012). Este estudo evidenciou que os componentes da variância genética entre progênies foram significativos, para a ampla maioria das características avaliadas. Desse modo é possível inferir a existência de variabilidade genética entre as mesmas. São vários os fatores que podem interferir na variabilidade genética, sendo a mistura varietal uma delas, que está fortemente relacionada com o manejo na produção das sementes (TOKATLIDIS, 2015). Outro fator que gera variabilidade genética é a heterozigosidade residual, que mesmo em uma linhagem endogâmica pode haver locos em heterozigose gerando variabilidade (LIU et al., 2018). O uso dessa variabilidade genética em linhagens pode ser um método de seleção intracultivar viável, uma vez que se pode utilizar uma linhagem que já apresenta boas características agrônômicas para explorar essa variabilidade genética (TOKATLIDIS, 2015). No entanto, o caráter dias para florescimento dentro do grupo das precoces não apresentou variância genotípica, portanto denota-se que não há variabilidade genética para esse caráter devendo-se ao fato das mesmas permanecerem menos tempo no campo e assim minimizar a acumulação de alterações no genoma.



## **5- Conclusão**

Houve comportamentos distintos entre as progênies provenientes de cultivares precoces e as tardias, sendo que estas últimas apresentaram maiores magnitudes de variância para todos os caracteres.

Existe variabilidade em cultivares comerciais de soja avaliadas possibilitando a seleção de linhagens que associem boas qualidades agronômicas.

## 6- Referências bibliográficas

- AMARAL, Lígia de Oliveira et al. Pure line selection in a heterogeneous soybean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 277-284, 2019.
- ANTUNES, Darley Tiago. **A soja e o seu melhoramento genético**. [S. l.], 9 set. 2013.
- APROSOJA, 2020. **A História da Soja**. Mato Grosso:.
- BACAXIXI, P et al. **A soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético**. Revista científica eletrônica de agronomia , Brasil, 2011.
- BARROS, H. et al. **Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja**. Scientia Agraria, vol. 9, núm. 3, pp. 299-309. Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil. 2008.
- CARBALLO, S. et al. **Argentine potentiality to develop sustainable bionergy projects. Methodology to determine driving forces of land use changes usinf GIS tools**. Energy Sustainability. San Francisco: ASME. 2009. 13 p
- CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. **The rapid soybean growth in Brazil**. Oilseeds & fats Crops and Lipids, London, v. 25, n. 1, 12 p., Janeiro 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 7 Safra 2019/20 - Quarto levantamento**, Brasília, p. 1-104 janeiro 2020. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info\\_agro/safras/graos](https://www.conab.gov.br/info_agro/safras/graos)>. Acesso em: 18 jan. 2020.
- COX, G. M.; COCHRAN, W. G. **Experimental designs**. Wiley, 1957.
- FERREIRA JUNIOR JA et al. **Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG**. FAZU em Revista 7: 13-21, 2010.
- FREITAS, M. D. C. M. D. **A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 7, n. 12, 12 p., 2011.
- HEIFFIG LS et al. **Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais**. Bragantia 65: 285-295, 2006.

LI, Z.; BANIAGA, AE.; SESSA, EB.; SCASCITELLI, M.; GRAHAM, SW.; RIESEBERG, LH.; BARKER, MS. **Early genome duplications in conifers and other seed plants**. 2015.

LIU, Nannan et al. **Intraspecific variation of residual heterozygosity and its utility for quantitative genetic studies in maize**. BMC Plant Biol, [S. l.], 2018

MARTINEZ, M. **Plant protein-coding gene families: Emerging bioinformatics approaches**. Trends in Plant Science, v. 16, n. 10, p. 558–567, out. 2011.

MEZZALIRA, Itamara. **Ganho genético em soja**. In: MEZZALIRA, Itamara. GANHO GENÉTICO PARA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. 2017. Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas) - UFPA, Lavras, 2017.

MONTEIRO F. F. **Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos da qualidade de sementes de soja**. 54 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2018.

MOREIRA, C.T.; SOUZA, P.I.M.; FARIAS NETO, A.L.; ALMEIDA, L.A. **Ocorrência de variações na coloração do hilo de sementes de cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill]**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. (Comunicado Técnico, 5).

NOBRE, DANÚBIA APARECIDA COSTA. **Mutação por radiação gama em soja: características agronômicas, teores de óleo e de proteína e qualidade de sementes**. 2016. Tese (Doutor Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia) - UFV, Viçosa - MG, 2016

R CORE TEAM. **R: A linguagem e ambiente para computação estatística**. R Foundation for Statistical Computing, em Viena, na Áustria, 2016.

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

RAMOS, Nílza Patrícia. **Determinação da pureza varietal em lotes de sementes de milho através de marcadores morfológicos e microsatélites**. 2004. Tese (Doutor em Agronomia) - ESALQ, Piracicaba - SP, 2004.

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

RIBEIRO, F. O. **Seleção genotípica visando à precocidade em soja**. 2018. 59 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2018.

SALVATO, Fernanda. **Epigenética**. In: SALVATO, Fernanda. Epigenética. 2015. Seminários em Genética e Melhoramento de Plantas (PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS) - ESALQ, Piracicaba, 2015.

SANTANA, Dayse Drielly Souza. **Elementos Transponíveis: Uma visão Geral**. 2015. Seminário (PÓS - GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOLOGIA MOLECULAR) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ, Brasil, 2015

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

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da soja**. In: BOREM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: Editora UFV, 1999. p. 478-533.

SILVA, Felipe et al. **Melhoramento da Soja**. Brasil: Editora UFV, 2017.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. **Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

SOARES, I.O.; REZENDE, P.M. ; BRUZI, A.T. ; ZAMBIAZZI, E.V. ; ZUFFO, A.M. ; SILVA, K.B. ; GWINNER, R. . **Adaptability of soybean cultivars in different crop**

TODESCHINI M. H. **Progresso genético da soja no Brasil quanto à caracteres fisiológicos e agronômicos**. Dissertação de Mestrado. Pato Branco- Paraná, p50, 2018.

TOKATLIDIS, Ioannis S. **Conservation Breeding of Elite Cultivars**. Crop science, [S. l.], 2015.

USDA. Agricultural Research Service: **USDA Food Composition Databases**. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>>.

VAN SLUYS, Marie-Anne; SETTA, Nathalia de; SCORTECCI, Katia C; COSTA, Ana Paula Pimentel. **O genoma instável, sequências genéticas móveis.** In: *Biologia molecular e evolução*[S.l: s.n.], 2012.

WESSLER, SR. **Eukaryotic transposable elements: teaching old genomes new tricks.** In: Caporale L (ed) *The implicit genome*, Oxford University Press, Oxford, p. 138–165, 2006.