

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA

CURSO BIOTECNOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E DIVERSIDADE GENÉTICA EM
SOJA TRANSGÊNICA

Daniela Porto da Mota Pretti

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Biotecnologia da Universidade
Federal de Uberlândia para obtenção do
Grau de Bacharel em Biotecnologia.

Uberlândia – MG

Maio – 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA

CURSO BIOTECNOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E DIVERSIDADE GENÉTICA EM
SOJA TRANSGÊNICA

Daniela Porto da Mota Pretti

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Oliveira Nogueira

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Biotecnologia da Universidade
Federal de Uberlândia para obtenção do
Grau de Bacharel em Biotecnologia.

Uberlândia – MG

Maio – 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA

CURSO BIOTECNOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E DIVERSIDADE GENÉTICA EM
SOJA TRANSGÊNICA

Daniela Porto da Mota Pretti

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Oliveira Nogueira

IBTEC/UFU

Homologado pela coordenação do Curso de

Biotecnologia em 05 / 05 / 2023

Nilson Nicolau Junior

Uberlândia – MG

Maio – 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA

CURSO BIOTECNOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E DIVERSIDADE GENÉTICA EM
SOJA TRANSGÊNICA

Daniela Porto da Mota Pretti

Aprovado pela Banca Examinadora em: 05 /05 / 2023 Nota: 95

Presidente da Banca Examinadora: Ana Paula Oliveira Nogueira

Uberlândia, 05 de maio de 2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, que além de me darem muita força me incentivando nesse processo ainda, se propuseram a me ajudaram durante o plantio, nas análises em campo e na colheita do meu experimento. Principalmente ao meu pai me auxiliou muito, com seus conhecimentos como agrônomo.

Também agradeço a minha orientadora Ana Paula Oliveira Nogueira, que se dispôs a dividir comigo seu grande conhecimento no assunto me auxiliando sempre com muita clareza e paciência.

A Tatiana, Secretária do Curso de Graduação em Biotecnologia, que foi fundamental para resolução das questões burocráticas da faculdade.

Agradecer ao Rodolfo Semenzine que me forneceu as sementes utilizadas nesse experimento. Aos funcionários da fazenda Nossa Senhora Aparecida, em especial ao gerente Assis e aos seus familiares, a Vanessa, Maria Aparecida, João Pedro e Gabriel, que me ajudaram no plantio, bem como muitos outros da equipe que auxiliaram durante todo cultivo.

Ao meu namorado João Thiago que sempre me apoiou e acreditou em mim, assim como muitos amigos e familiares.

Por fim, agradeço a todos contribuíram de forma direta e indireta, para a realização deste trabalho.

PRETTI, Daniela Porto da Mota. **Caracterização fenotípica e diversidade genética em soja transgênica**, 2023. Monografia para obtenção do grau de Bacharel em Biotecnologia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.

RESUMO

O melhoramento genético associado aos avanços nas tecnologias de produção permitiram que o Brasil se tornasse o maior produtor mundial de soja. O foco dos programas de melhoramento é desenvolver cultivares superiores, que tenham uma alta produtividade de grãos, resistência às pragas e doenças e tolerância aos estresses abióticos. Portanto, para auxiliar na seleção de genitores e por diversas pesquisas apontarem que a base genética da soja brasileira é estreita, os estudos de diversidade genética auxiliam os melhoristas na seleção de genitores. O objetivo desse trabalho foi caracterizar e avaliar a divergência genética em quinze cultivares transgênicas de soja e indicar cruzamentos promissores. O experimento foi conduzido na Fazenda Nossa Senhora da Aparecida da empresa Agropecuária JP LTDA que está localizada no quilômetro 683 da BR 365, próximo ao município de Monte Alegre de Minas, em Minas Gerais. Avaliaram-se quinze cultivares transgênicas de soja, em delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A semeadura manual sobre palhada de soja foi realizada no dia 20 de março de 2021. Os tratos culturais e o controle de pragas e doenças foram realizados conforme as recomendações técnicas da cultura. Avaliaram-se os seguintes caracteres: número de dias para a floração e para a maturidade, altura da planta na floração e na maturidade, número de nós na haste principal na floração e na maturidade, a altura de inserção da primeira vagem, número de vagens totais por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 grãos, peso de 100 grãos e produtividade de grãos. As cultivares que apresentaram maior produtividade de grãos foram FOCO IPRO - 74I77 RSF, 96R29IPRO, M6210IPRO e a NK7201IPRO, cujas médias foram $1862,46 \text{ kg ha}^{-1}$, $1678,99 \text{ kg ha}^{-1}$, $1623,82 \text{ kg ha}^{-1}$ e $1578,70 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. A distância generalizada de Mahalanobis oscilou de 4,6 entre as cultivares APORÉ 75HO111 IPRO e M6410iPRO, até 110,70 entre a NS 7670 RR e a 98Y30. A partir dessa distância genética foi possível obter o dendrograma pelo método UPGMA e o agrupamento de Tocher que permitiram separar as cultivares em quatro grupos. As cultivares que apresentaram maior produtividade de grãos foram FOCO IPRO - 74I77 RSF, 96R29IPRO, M6210IPRO e a NK7201IPRO, cujas médias foram $1862,46 \text{ kg ha}^{-1}$, $1678,99 \text{ kg ha}^{-1}$, $1623,82 \text{ kg ha}^{-1}$ e $1578,70 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Ao analisar o ciclo, a produtividade, o número de vagens e as características de resistências a pragas e doenças já presentes nas cultivares, sugere-se as seguintes hibridações NS7670RR e 98Y30, FOCO IPRO – 74I77 RSF e 97R50IPRO, FOCO IPRO – 74I77 RSF e 98Y01IPRO, FOCO IPRO – 74I77 RSF e 98Y30, 97R50IPRO e 98Y30, 98Y01IPRO e 98Y30, FOCO IPRO – 74I77 RSF e NS7670RR, NS7670RR e 97R50IPRO, NS7670RR e 98Y01IPRO.

Palavras-chave: *Glycine max*, melhoramento genético, seleção de genitores.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. Origem, importância econômica e usos da soja.....	8
2.2. Melhoramento genético da soja.....	10
2.3. Base genética da soja brasileira.....	11
2.4. Seleção de genitores.....	13
2.5. Estudos de diversidade genética da soja.....	14
3. OBJETIVOS.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6. CONCLUSÃO.....	28
7. REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Originária na China em meados do século XV, a soja (*Glycine max* L.) é considerada uma das plantas cultivadas no mundo que possui o processo histórico mais bem-sucedido. No Brasil, essa cultura conseguiu se implantar com sucesso apenas em 1914, sendo de fundamental importância para o agronegócio no país (SILVA et al., 2021). Devido aos grãos de soja serem ricos em proteínas, em torno de 40%, e em lipídeos, aproximadamente 20%, os grãos de soja são bastante empregados na formulação das rações de nutrição animal e na produção de óleo diesel (RODRIGUES et al., 2023).

Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023) a produção de soja em grãos foi de 154.810,7 mil toneladas na safra de 2022/23, com uma produtividade média de 3532 kg ha⁻¹. A ampliação da área cultivada bem como o aumento na produção foi possível devido às tecnologias de produção associadas aos programas de melhoramento genético que desenvolveram cultivares com alto potencial produtivo, resistentes às pragas e doenças e adaptáveis às diversas regiões do país, das quais possuem condições edafoclimáticas divergentes.

As pesquisas com melhoramento genético de soja iniciaram-se no Brasil em São Paulo em 1921, logo depois no Rio grande do Sul, expandindo na região Sul e Sudeste e posteriormente para o Centro Oeste e ao Nordeste (SILVA et al., 2017). Inicialmente o objetivo do melhoramento genético era obter genótipos com elevada produtividade de grãos (NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015). Com a evolução desse processo foram surgindo novos objetivos mais específicos, como, adaptação às condições adversas do clima e do solo, o aumento da qualidade e da quantidade nutricional dos grãos (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2017).

O melhoramento genético da soja é subdividido em etapas que incluem a seleção e a hibridação dos genitores, para a obtenção das populações segregantes. Com isso, é necessário escolher qual método de condução da população segregante será utilizado, sucedendo aos testes de desempenho agrônômico e selecionando as linhagens experimentais para que possa ao final lançar uma nova cultivar (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). A hibridação é o principal método de melhoramento utilizado que consiste na fusão de gametas geneticamente diferentes que vão originar indivíduos híbridos para um ou mais *loci* (ms).

Uma das fases importantes e decisivas do melhoramento é a escolha de genitores que constituem o bloco de cruzamento, já que eles influenciarão o potencial genético e fenotípico da população segregante (BARROS et al., 2012). Por isso, contextualizar e determinar a

divergência genética entre cultivares modernas de soja, tornou-se relevante para o desenvolvimento de novas cultivares.

Sabe-se também que a base genética da soja brasileira é estreita (BONATO et al., 2006, HIROMOTO, VELLO, 1986, MIRANDA et al., 2005; MIRANDA et al., 2007; ODA et al., 2015; PRIOLLI et al., 2004, PRIOLLI et al., 2013; VELLO et al., 1988; WYSMIERSKI, 2011; WYSMIERSKI, VELLO, 2013), por ter origem de poucos ancestrais, gerando baixa dissimilaridade entre as cultivares modernas. Porém, Oda et al. (2015) afirmaram que apesar dessa redução na diversidade e o fato de a base genética da soja ser estreita, foi observado que a variabilidade genética se conservou no período de 40 anos de melhoramento e ainda tem variabilidade genética para futuros melhoramentos da soja. Logo, os estudos de diversidade genética são úteis nos programas de melhoramento por permitirem identificar genitores divergentes para a hibridação artificial.

As cultivares modernas e de lançamento mais recente são na maioria transgênicas e muitas delas utilizadas como fonte de germoplasma para seleção de genitores. Cultivares transgênicas são aquelas que tem seu material genético alterado, pela introdução de um ou mais genes, proveniente de outro organismo da mesma espécie ou de uma espécie diferente, podendo ser realizado em plantas, animais e micro-organismos (IDEC, 2011). O que é possível devido ao surgimento da técnica de DNA recombinante. Em vista disso, a planta podem ter melhor rendimento e produtividade, mais resistente a condições desfavoráveis, como seca, a algumas pragas e agrotóxicos e com maior quantidade e qualidade dos alimentos (Embrapa, 2020).

As áreas de cultivo de cultivares transgênicas só tem aumentado desde o início da sua liberação (MORAIS, BORÉM, 2017). Diante disso, no Brasil, a taxa de adoção é de 94% de cultivares transgênicas, com uma área de 52,8 milhões de hectares, incluindo 35,1 milhões de hectares de soja (Internacional Service for Acquisition of Agri-Biotech Applicatins – ISAAA, 2019). Existem diferentes eventos de soja transgênica aprovadas pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CNTBio), entre os quais destaca-se a soja RR, que é tolerante ao herbicida Glifosato, e a soja Intacta RR2 PRO que além de resistente ao mesmo herbicida também é tolerante a lagarta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem, importância econômica e usos da soja

A soja é uma das plantas mais antigas do mundo, sendo, no Oriente cultivada a mais de 5.000 anos (BEZERRA et al., 2015). Acredita-se que essa planta teve origem no nordeste da China (SILVA et al., 2017) e depois de implantada em toda Europa, chegou ao continente americano e começou a ser cultivada nos Estados Unidos em 1890 (SEDIYAMA, SILVA, BORÉM, 2015). Em 1882, a soja foi introduzida na Bahia, porém não se adaptou bem devido as condições ambientais do estado serem bem diferentes do local de origem da soja. Posteriormente, em 1914, foi inserida no estado do Rio Grande do Sul (DALL'AGNOL, 2016).

Notou-se que nos anos 50 a produção de soja no país aumentou por subsídio do governo federal, já que perceberam que essa oleaginosa era ideal para fazer a rotação com o trigo, em especial por utilizar os mesmos equipamentos e ser uma cultura com fácil cultivo e colheita. Porém, na região Sul havia dificuldades para expandir a área cultivada e em virtude de muitos produtores optaram por vender suas terras e comprar maiores em outros estados do país. No Cerrado, as terras eram bem almeçadas em virtude de serem de baixo custo e bem numerosas, no entanto era necessário desenvolver variedades de soja adaptadas a aquela região para iniciar os cultivos (DALL'AGNOL, 2016). O desenvolvimento dessas novas cultivares adaptadas a esse bioma foi um sucesso e a prova disso é o fato de o Mato Grosso ter se tornado o estado com a maior produção de soja no Brasil (CONAB, 2022).

Atualmente, é possível produzir soja com a mesma competência em qualquer fração do território brasileiro devido a algumas mudanças que ocorreram ao longo das últimas décadas, bem como, as melhorias nas condições de cultivo, a utilização de tecnologias e inovações no manejo, a ampliação e modernização no sistema de transporte e armazenagem, a substituição na alimentação humana da gordura animal pelo óleo vegetal e os investimentos no melhoramento genético (SEDIYAMA, 2013). Com isso a soja se torna um dos principais produtos agrícolas, impulsionando o desenvolvimento da agricultura empresarial e industrial e um elemento significativo no crescimento econômico e social do país (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais - ABIOVE, 2023).

A soja é uma cultura de expressiva relevância no âmbito do agronegócio mundial. No ano de 2016, foi responsável por 13% de toda a produção mundial de grãos e o quarto grão mais produzido no mundo (DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS - USDA, 2016). Desde 2016, o Brasil é o maior exportador de soja do mundo e nos últimos anos conseguiu conquistar o posto de maior produtor de soja do mundo, ultrapassando os Estados

Unidos que antes ocupava a primeira posição (CONAB, 2016; CONAB, 2022). Isso ocorreu pelo fato do Brasil ser o único país no qual havia a possibilidade de aumentar a sua área plantada (SILVA et al., 2017).

Em virtude de a produção da proteína da soja ser de baixo custo e apresentar uma alta qualidade nutricional, o farelo da soja se tornou uma fonte proteica essencial na alimentação animal, principalmente de aves, suínos e bovinos (SILVA et al., 2017). Em 2022 com um ajuste do esmagamento, a produção do farelo teve um aumento de 42 mil toneladas (CONAB, 2023).

O óleo de soja é um outro produto derivado dos grãos e que no Brasil se tornou a principal matéria-prima para a produção de biodiesel, principalmente em 2013 quando uma lei tornou obrigatório aumentar de 2 a 5% de biodiesel no diesel de petróleo (SILVA et al., 2017). Em 2022, ocorreu um aumento de 11 mil toneladas na produção de óleo de soja (CONAB, 2023).

Conforme a população humana, os níveis de rendimento e a urbanização expandem-se no mundo todo, as dietas vão mudando para produtos mais diversificados. Com isso, ocorre o aumento da procura por cereais e refeições proteicas, principalmente da soja, para produção animal e de óleos vegetais para a alimentação humana (USDA, 2016). Portanto, a demanda de soja tende continuar aumentando, conseqüentemente a sua produção.

2.2. Melhoramento genético da soja

No Brasil, a soja atingiu essa elevada competência na produção e produtividade de grãos, devido ao desenvolvimento de tecnologias de produção e manejo, como também pelo melhoramento genético, o qual tornou possível o cultivo da soja em todo o território brasileiro (SILVA et al., 2017). O objetivo desses programas é de desenvolver cultivares superiores as já presentes no mercado, ou seja, que apresentem alta produtividade, estabilidade e adaptabilidade, resistência aos estresses bióticos e abióticos e melhores qualidades nutricionais (BORÉM; MIRANDA; FRITSCH-NETO, 2017).

Em um programa de melhoramento existem diversas etapas, que incluem a seleção de genitores, na qual é relevante se utilizar estudos de diversidade genética (NOGUEIRA, SEDIYAMA, GOMES, 2015). A hibridação dos genitores consiste na fusão de gametas geneticamente distintos, resultando em indivíduos híbridos heterozigóticos para um ou mais *loci* (BÓREM, MATSUO, SEDYAMA, 2021). Ao final da hibridação, pretende-se obter indivíduos homozigóticos superiores para a característica-alvo do melhoramento genético que serão submetidos a sucessivas gerações de autofecundação (SILVA et al., 2017).

Escolher um método apropriado de condução da população segregante é importante em um programa de melhoramento, por ser através dele que se atinge uma alta eficiência no processo de seleção das linhagens superiores. Após a hibridação e obtenção de populações segregantes, são aplicados na soja diferentes métodos de condução de população segregantes como: o método da população, método genealógico, teste de geração precoce, descendentes de uma única semente (Single Seed Descent – SSD) e descendentes de uma única vagem (Sing Pod Descent – SPD) (NOGUEIRA, SEDIYAMA, GOMES, 2015).

Os melhores genótipos selecionados são submetidos aos ensaios preliminares 1 e 2, um ensaio intermediário e um ensaio final, nos quais as linhagens são avaliadas em diversos ambientes que representem a região onde pretende-se indicar a futura cultivar. Com isso, é possível selecionar as linhagens mais promissoras (BORÉM, MATSUO, SEDIYAMA, 2021).

Ao final deve ser feito o registro da nova cultivar no Registro Nacional de Cultivares (RNC) para que assim ela seja legalmente comercializada no Brasil. Para isso, ela deve passar por um ensaio que determina o seu Valor de Cultivo e de Uso (VCU), isto é, o valor intrínseco da combinação das características agrônômicas da cultivar com as suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais, comerciais e de consumo *in natura* (SILVA et al., 2017; BORÉM, MIRANDA, FRITSCHÉ-NETE, 2017).

2.3. Base genética da soja Brasileira

No Brasil, tem sido relatado por diversos pesquisadores, que a soja é de base genética estreita (BONATO et al., 2006, HIROMOTO, VELLO, 1986, MIRANDA et al., 2005; MIRANDA et al., 2007; ODA et al., 2015; PRIOLLI et al., 2004, PRIOLLI et al., 2013; VELLO et al., 1988; WYSMIERSKI, 2011; WYSMIERSKI, VELLO, 2013), isto é, proveniente de poucos ancestrais. As pesquisas têm demonstrado que a soja possui uma alta similaridade entre as cultivares de soja modernas (BONATO et al., 2006; HYTEN et al., 2006; MIRANDA et al., 2007; WYSMIERSKI; VELLO, 2013).

Miranda et al. (2007) avaliaram 90 cultivares elites, que são adaptadas a regiões distintas do Brasil e conseguiu apontar a similaridade presente entre elas. Bem como, Wysmierski e Vello (2013) também realizaram uma pesquisa, com 444 cultivares brasileiras lançadas entre 1971 até 2009. Com isso, encontraram-se 14 parentais que colaboraram com mais de 90% da base genética das cultivares brasileiras.

Tendo em vista, que, desde o início do melhoramento genético da soja ocorreu um constante cruzamento entre um pequeno número genótipos que são considerados superiores e

geneticamente semelhantes, inevitavelmente gerou-se um estreitamento da base genética. Isso não aconteceu somente no Brasil, mas também nos Estados Unidos, o que faz muito sentido, já que uma parte significativa do germoplasma brasileiro foi proveniente dos germoplasma americano. Contudo, torna-se algo preocupante, já que por conta disso pode-se aumentar a vulnerabilidade da cultura aos estresses bióticos e abióticos, como menor resistência a seca, doenças, pragas, entre outros (WYSMIERSKI e VELLO, 2013).

Embora tenha sido constantemente evidenciado que a base genética estreita da soja brasileira, Oda et al. (2015) em estudos sobre a diversidade genética observaram que durante os últimos 40 anos ela conservou-se e que ainda possui variabilidade genética adequada para futuros programas de melhoramento. Os estudos de diversidade genética auxiliam os melhoristas na escolha de genitores apropriados para adquirir híbridos que resultem em uma heterose superior e que possibilite um aumento da recombinação gênica (CRUZ, CARNEIRO, REGAZZI, 2014).

Existem inúmeros estudos de diversidade genética em soja, os quais tem sido adotado os caracteres morfoagronômicos para obtenção da dissimilaridade genética, seja pela distância Euclidiana ou pela distância generalizada de Mahalanobis. Encontrou-se três artigos que utilizaram a distância Euclidiana para avaliar a divergência entre seis cultivares transgênicas de soja (TORRES et al., 2015), 44 genótipos de soja (FARIA et al., 2016) e entre 20 genótipos de soja (CANTELLI et al., 2016). Observou-se três artigos que fizeram o uso da distância generalizada de Mahalanobis para avaliar a diversidade genética entre 49 genótipos de soja (RODRIGUES et al., 2017), entre 41 linhagens de soja (JÚNIOR et al., 2015) e entre 45 genótipos de soja (CASAS-LEAL, 2022).

Para avaliar o padrão de agrupamento dos genótipos de soja tem sido aplicado os métodos de otimização de Tocher e métodos hierárquicos, como o Método de grupos de pares não ponderados utilizando médias aritméticas (UPGMA), vizinho mais próximo, vizinho mais distante e de Ward. O método de Tocher foi utilizado em três artigos encontrados para avaliar 49 genótipos de soja (RODRIGUES et al., 2017), outro entre 45 genótipos de soja (FEREIRA JUNIOR et al., 2015) e entre 20 genótipos de soja (CANTELLI et al., 2016). No caso do UPGMA, deparou-se com cinco artigos que aplicaram este método, para fazer análise entre 49 genótipos de soja (RODRIGUES et al., 2017), entre 20 genótipos de soja (CANTELLI et al., 2016) e com 45 genótipos de soja (CASAS-LEAL, 2022).

Existe outra forma de agrupamento conhecida como método do vizinho mais próximo, que tem sido bastante usado no melhoramento genético, porém existe uma desvantagem por não ser capaz de separar bem os grupos. Mas, considera-se um dos poucos métodos em que procura-se evitar a determinação de grupos únicos (CRUZ, CARNEIRO, REGAZZI, 2014). Observou-

se a utilização desse método de agrupamento no trabalho de Torres et al. (2015), no qual teve o objetivo de analisar a diversidade genética entre genótipos de soja. Um outro artigo utilizou os dois métodos o do vizinho mais próximo e do vizinho mais distante para gerar um dendrograma para analisar 20 genótipos de soja (CANTELLI et al., 2016). Também foram encontrados três artigos que utilizaram o método de Ward para analisar a divergência entre 44 genótipos (FARIA et al., 2016), 41 linhagens de soja (FEREIRA JUNIOR et al., 2015) e 20 genótipos de soja e formar um dendrograma (CANTELLI et al., 2016).

2.4. Seleção de Genitores

A seleção de genitores é a primeira e possivelmente umas das etapas de maior importância para atingir o êxito em um melhoramento genético de plantas. Uma vez que, para obter indivíduos recombinantes com as características de interesse, é necessário que inicialmente elas estejam presentes nos seus genitores. Para isso, é interessante que os cruzamentos sejam elaborados de forma bem cuidadosa, havendo assim mais chances de se desenvolverem cultivares superiores e maximiza a utilização dos alelos desejáveis (BORÉM, MIRANDA, FRITSCHÉ-NETO, 2017).

Com a finalidade de identificar os possíveis genitores que vão ser cruzados é necessário que os melhoristas tenham um extenso conhecimento sobre a cultura de soja, do germoplasma disponível, dos principais obstáculos que podem acontecer, sobre o quesito comercial e dos fundamentos das áreas de genética, melhoramento, biologia molecular, estatística, fitotecnia, fisiologia, fitopatologia, bioquímica e sobre os solos (BORÉM, MATSUO, SEDIYAMA, 2021).

Analisar a diversidade genética de uma espécie é primordial para que possa empregar, administrar e preservar os recursos genéticos. Por consequência disso, tem-se utilizado de estudos de diversidade genética para encontrar combinações híbridas ideais, examinar a avaliação das plantas, identificar um vasto conjunto gênico e verificar a viabilidade dos cruzamentos (CRUZ, FERREIRA, PESSONI, 2011). Esses estudos podem ser fundamentados em caracteres agronômicos, morfológicos, moleculares ou no coeficiente de parentesco (CRUZ, REGAZZI, CARNEIRO, 2014). É válido destacar que a divergência genética não é o bastante para selecionar os genitores para hibridação, sendo necessário também informações sobre o desempenho fenotípicos e dos genótipos quanto aos caracteres agronômicos importantes (FEREIRA JUNIOR et al., 2015).

2.5. Estudos de diversidade genética da soja

É por meio da diversidade genética que uma espécie consegue responder às variações climáticas e a qualquer outro tipo de estresse biótico e abiótico. Compreender sobre a divergência genética de uma espécie é de fundamental importância para utilizar, gerenciar e conservar os recursos genéticos (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Os bancos de germoplasmas são uma forma encontrada de conservar e utilizar os recursos genéticos nas pesquisas em geral, especialmente no melhoramento genético (OLIVEIRA; ARIAS, 2017).

Inicialmente a soja foi introduzida no Brasil em 1882 no estado da Bahia e naquela época não apresentou adaptação. Posteriormente, entre 1960 e 1970 foi introduzido o material genético com origem dos Estados Unidos e como esta cultura foi se tornando cada vez mais importante para o país, iniciaram-se as hibridações, originando-se as primeiras cultivares brasileiras. No entanto, ao longo dos anos de melhoramento, foram feitos cruzamentos frequentes entre um pequeno número de cultivares, o que pode gerar uma redução da diversidade genética (WYSMIERSKI e VELLO, 2013). Apesar disso, a diversidade genética da soja se manteve durante os últimos 40 anos e que ainda possui variabilidade genética adequada para futuros programas de melhoramento (ODA et al., 2015).

Para compreender sobre a diversidade genética existem duas formas, uma quantitativa e outra preditiva. Na primeira, avalia-se a diversidade ou a heterose revelada nos híbridos, como por exemplo análise dialéticas. Quando é feita de maneira preditiva, são consideradas as divergências morfológicas, agronômicas, moleculares ou até pela qualidade nutricional, dimensionadas em certo parâmetro de dissimilaridade que seja possível mostrar qual o grau de diversidade genética presente entre os parentais, como os estudos de diversidade geográfica (CRUZ, CARNEIRO, REGAZZI, 2014).

Os estudos de diversidade genética em soja feita de forma preditiva utilizam informações de caracteres qualitativos e/ou informações de marcadores moleculares. Para realizá-los, obtêm-se medidas de dissimilaridade ou similaridade, sendo assim utilizado amplamente a distância Euclidiana e a distância de Mahalanobis. Observou-se três artigos que fizeram o uso da distância generalizada de Mahalanobis para avaliar a diversidade genética entre 49 genótipos de soja (RODRIGUES et al., 2017), entre 41 linhagens de soja (JÚNIOR et al., 2015) e entre 45 genótipos de soja (CASAS-LEAL, 2022).

Encontrou-se três artigos que utilizaram a distância Euclidiana como medida de dissimilaridade, em um deles foi feita uma análise entre seis cultivares transgênicas de soja (TORRES et al., 2015), em outro foi entre 44 genótipos de soja (FARIA et al., 2016) e entre 20

genótipos de soja (CANTELLI et al., 2016). Há algumas críticas sobre a distância Euclidiana, por ela não considerar as variâncias e covariâncias residuais existentes entre as características avaliadas, em que é possível de quantificá-las quando avaliam-se genótipos em delineamentos experimentais (CRUZ et al., 2017).

3. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar a divergência genética de quinze cultivares transgênicas de soja e indicar combinações para cruzamentos promissores.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Nossa Senhora da Aparecida, que pertence a empresa Agropecuária JP, e está localizada no quilometro 683 da BR 365 próximo ao município de Monte Alegre de Minas (MG), que possui as seguintes coordenadas: latitude 18°47'52.85" S, longitude 48°52'09.02" O e altitude de 776 metros. Avaliaram-se 15 cultivares comerciais transgênicas de soja, cujas característica constam na (TABELA 1). Adotou-se o delineamento de blocos completos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de soja de 5 metros cada uma, que foram abertas por enxadas, nas quais havia um espaço de 0,5 m entre elas.

TABELA 1. Relação das cultivares com seus nomes de acordo com o Registro Nacional de Cultivares, resistência às doenças, tipo de organismo geneticamente modificado (OGM) e grupo de maturidade relativa (GMR)

Cultivar	Resistências às doenças	OGM)	GMR
96R70iPRO	Cancro da Haste, Mosaico Comum e Necrose da Haste	Resistente ao glifosato e a lagarta	6.7
96R29iPRO	Cancro da Haste	Resistente ao glifosato e a lagarta	6.2
NS 7670 RR	Nematoide de Galha (<i>Meloidogyne javanica</i>) e das lesões (<i>Pratylenchus brachyurus</i>)	Resistente ao glifosato	7.6
NS6906iPRO	Cancro da Haste e a Pústula Bacteriana	Resistente ao glifosato e a lagarta	6.5
NS7709iPRO	Cancro da Haste e a Fitoftora	Resistente ao glifosato e a lagarta	7.2
NK720iPRO	Cancro da Haste, Pústula Bacteriana e Fitoftora	Resistente ao glifosato e a lagarta	7.2
APORÉ75H 0111iPRO	Nematoide de Cisto (Raça 3, 9, 10, 14 e 14+)	Resistente ao glifosato e a lagarta	7.5
96Y90	Antracnose, Cercosporiose, Cancro da Haste e Mancha-alvo	Resistente ao glifosato	6.9
NS7901	Fitoftora	Resistente ao glifosato	7.9
98Y01iPRO	Tolerante à Cercosporiose, Cancro da Haste, Mancha Parda e Mofo Branco	Resistente ao glifosato e a lagarta	8.0
M6410iPRO	Moderada resistência à Macrofomina	Resistente ao glifosato e a lagarta	6.4
FOCO IPRO – 74I77 RSF	Tolerância ao Nematoide de Cisto (Raças 3 e 14)	Resistente ao glifosato e a lagarta	7.2
M6210iPRO	Moderada resistência à Macrofomina	Resistente ao glifosato e a lagarta	6.2
98Y30	Nematoide do Cisto (Raça 3)	Resistente ao glifosato	8.3
97R50iPRO	Tolerante à Cercosporiose e Cancro da Haste	Resistente ao glifosato e a lagarta	7.5

Fonte: sites da Pioneer, Nideira Sementes, Portal Syngenta, Dois Marcos e Agranda.

O solo é caracterizado como arenoso e com 20% de argila. A semeadura foi realizada manualmente no dia 20 de março de 2021. Foi feito em plantio direto em palhada de soja e o solo foi adubado com fosfato monoamônico (MAP) e um fertilizante de cloreto de potássio (KCl) com 400kg. ha⁻¹ e 400 kg ha⁻¹ respectivamente. A partir de abril, devido à escassez de

chuva fazia-se a irrigação por meio de um caminhão pipa com o equivalente de 15 a 20 mm de água uma vez na semana.

As sementes de soja foram tratadas com um inoculante líquido, composto pelas bactérias *Bradyrhizobium elkanii*, e um fungicida, composto por carboxina e tiram, um equivalente a 200mL e 250mL, respectivamente de cada produto, que foram incorporadas junto à 100 kg das sementes. Foi necessário realizar o controle de ferrugem em dois momentos, um com 30 0mL ha⁻¹, com picoxistrobina e ciproconazol na composição, juntamente com 300 mL ha⁻¹ de óleo mineral, por intermédio de um pulverizador costal. Na segunda aplicação, foi preciso adicionar 500 mL ha⁻¹ de Carbendazim, para tratar outros fungos. Da mesma forma, foi feito o controle de lagartas e percevejos duas vezes com inseticida composto por alfa-cipermetrina e xileno, na primeira vez utilizou-se 120 mL ha⁻¹ e na segunda 300 mL ha⁻¹, por intermédio de um pulverizador costal. O controle de ervas daninhas foi feito manualmente.

Ao longo do desenvolvimento da soja foram avaliados os seguintes caracteres, cujos estádios foram identificados com o auxílio da escala de Fehr e Caviness (1977).

- a) **Número de dias para o floração (NDF):** definido como o número de dias desde a emergência até a floração, quando aproximadamente 50% das plantas da parcela útil apresentavam pelo menos uma flor aberta (estádio R1);
- b) **Altura da Planta na floração (APF):** foi mensurada com o auxílio de uma régua a distância em centímetros, a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal das cinco plantas no estágio R1;
- c) **Número de nós na haste principal na floração (NNF):** determinado pela contagem de números de nós na haste principal quando as plantas encontravam-se no estágio R1;
- d) **Número de dias para a maturidade (NDM):** definido como o número de dias desde a emergência até a maturação, quando aproximadamente 95% das vagens da área útil da parcela estavam maduras (estádio R8);

- e) **Altura de planta na maturidade (APM):** foi mensurada com o auxílio de uma régua a distância em centímetros, a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal das cinco plantas no estágio R8;
- f) **Número de nós na haste principal na maturidade (NNM):** determinado pela contagem de números de nós na haste principal quando as plantas encontravam-se no estágio R8;
- g) **Altura da inserção da primeira vagem (APV):** foi mensurada com o auxílio de uma régua a distância em centímetros, a partir superfície do solo até a inserção da primeira vagem na haste principal nas cinco plantas amostradas;
- h) **Número de vagens com 1 grão (NV1G), com dois grãos (NV2G) e com três grãos (NV3G):** após a colheita, realizou-se a contagem do número vagens com um, dois e três grãos nas cinco plantas da área útil de cada parcela;
- i) **Número de vagens total de vagens por planta (NVT):** após a colheita, realizou-se a somatória das vagens com um, dois, três e quatro grãos totais nas cinco plantas da área útil de cada parcela;
- j) **Número de vagens com 1 grão (NV1G), com dois grãos (NV2G) e com três grãos (NV3G):** após a colheita, realizou-se a contagem do número vagens com um, dois e três grãos nas cinco plantas da área útil de cada parcela;
- k) **Peso de 100 grãos (P100G):** após a colheita e beneficiamento das plantas da área útil da parcela, agrupou-se 100 grãos e mensurou o peso deles em gramas;
- l) **Produtividade de grãos (PROD):** mensurada pela massa de grãos obtidos por debulha das vagens após a colheita manual e beneficiamento das plantas da área útil de cada parcela;

A colheita foi feita manualmente apenas na área útil, ou seja, em cada parcela dos quatro blocos foram colhidas apenas as duas linhas do meio desconsiderando 50 centímetros de cada extremidade, depois as plantas foram debulhadas manualmente.

Os dados agronômicos foram submetidos à análise uni e multivariada com auxílio do Programa Genes (CRUZ, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, detectou existência de variabilidade genética entre as cultivares de soja para os caracteres analisados, ao nível de 1% e/ou 5% pelo teste F (Tabela 2). De acordo com Cruz, Carneiro e Regazzi (2014) quando os genótipos são considerados como efeitos fixos, é possível estimar o coeficiente de determinação genotípica (H^2), cujas estimativas são altas, quando valores são maiores ou iguais a 70%. As estimativas de H^2 nesta pesquisa oscilaram de 26% a 91,33% respectivamente para NNM e NDF, NDM. Predominantemente os caracteres tiveram elevada estimativas de H^2 , exceto para número de nós e produtividade de grãos (TABELA 2).

O coeficiente de variação traz ao pesquisador uma noção de precisão para o experimento, com isso, baseado nos coeficientes de variação estimados nos ensaios agrícolas, foram classificados os valores de CV inferiores a 10% como baixos, são médios quando se encontram entre 10% à 20%, altos entre 20% à 30% e por fim os acima de 30% são muito altos (PIMENTEL-GOMES, 2009). Quanto mais baixo é um coeficiente de variação, acredita-se que mais homogêneos são os dados.

Neste estudo, os caracteres que incluem número de vagens e produção de grãos obtiveram CV's elevados (TABELA 2). Estes coeficientes de variação são semelhantes para NVT e PROD, que encontra-se em outras pesquisas em soja (TORRES et al., 2015). No caso dos CV's obtidos para os caracteres NDM, NVT, APV e P100G, em um outro estudo em soja os valores encontravam-se no mesmo intervalo. Porém, foi possível ver uma diferença maior nos resultados de CV dos caracteres NDF, APF, APM e PROD, nos quais deparou-se com valores menores (FEREIRA JUNIOR et al., 2015).

Comparando os resultados dos coeficientes de determinação genotípica com o trabalho de Gastl Filho et al. (2022), no qual observaram-se que a maioria dos valores encontrados por ele foram menores que os encontrados neste trabalho, com exceção do número de dias para a maturidade, a altura da planta na maturidade, altura de inserção da primeira vagem e a produtividade, em que os valores foram bem próximos entre os dois estudos, apenas, o número

de nós na haste principal no florescimento e na maturidade foram maiores no trabalho comparado.

TABELA 2. Quadrados médio de genótipos (QMG), coeficiente de variação (CV) e de determinação genotípico (H^2) de caracteres de caracteres agronômicos em 15 cultivares de soja cultivados em campo, Monte Alegre - MG.

Caracteres	QMG	CV (%)	H² (%)
Número de dias para o florescimento (NDF)	123,16*	7,22	91,33
Número de dias para a maturidade (NDM)	123,16*	3,92	91,33
Altura da planta no florescimento (APF)	70,98*	13,64	74,53
Número de nós na haste principal no florescimento (NNF)	1,42**	12,82	37,17
Altura de planta na maturidade (APM)	88,06*	14,47	73,50
Número de nós na haste principal na maturidade (NNM)	1,83**	14,59	26,00
Altura da inserção da primeira vagem (APV)	14,96*	24,38	74,42
Número de vagens com 1 grão (NV1G)	13,98*	34,38	86,23
Número de vagens com 2 grãos (NV2G)	9,51*	22,57	80,42
Número de vagens com 3 grãos (NV3G)	15,54*	42,69	82,88
Número total de vagens (NVT)	32,81*	22,46	70,47
Produção de grãos por planta (PGP)	2,30*	27,37	69,93
Massa de cem grãos (P100G)	12,30*	8,69	90,35
Número de grãos por vagens (NGV)	170132*	9,66	78,12
Produtividade de grãos (PROD)	85665,39*	18,70	59,90

** e *: significativo ao nível de 1% e 5% respectivamente pelo teste F

O desempenho fenotípico quanto aos caracteres agronômicos das cultivares constam na Tabela 3. Constatou-se que o caráter NDF formou três grupos, nos quais as médias variaram entre 41 à 59,60 dias, para as cultivares 96R70iPRO e M6410iPRO e a NK7201iPRO com o maior valor (TABELA 3). Da mesma forma em NDM também gerou-se três grupos, das quais as médias ficaram entre 79, para as cultivares 96R70iPRO e M6410iPRO, e foram até 97,5 que se refere a cultivar NK7201iPRO (TABELA 3).

As análises de NDF e de NDM, são importantes para indicar em qual ciclo a cultivar se encaixa, podendo ser superprecoce, precoce, semiprecoce, médio, semitardio, tardio e supertardio. No caso do estado de Minas Gerais, as cultivares que completam o ciclo entre 101 à 110 dias, são consideradas semiprecoces, de 111 à 125 dias, são as médias, de 125 à 145 dias, semitardias e as tardias são as que possuem mais de 145 dias (Embrapa, 2021).

Neste trabalho não é possível classificar as cultivares de acordo com o ciclo, já que a semeadura foi feita fora da época recomendada para a soja. Visto que, quando se realiza uma semeadura tardia, ocorre uma diminuição do fotoperíodo e enfrenta-se altas temperaturas, podendo provocar um adiantamento do florescimento, proporcionando uma redução do ciclo de crescimento da planta (FRIGERI et al., 2019; CARVALHO et al., 2020; REIS et al., 2021; BOSSOLANI et al., 2022; LEOLATO et al., 2023). Nos resultados das análises de Bossolani et al. (2022), foi demonstrado que as cultivares com ciclos mais longos são mais adequadas para uma semeadura tardia, posto que apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e maior rendimento de grãos.

Uma característica que é extremamente importante para ser avaliada é a quantidade de nós presentes na haste principal, posto que Sedyama, Silva e Bórem (2015) asseguraram que a produtividade de um genótipo se encontra totalmente associado a quantidade de nós presente na haste principal da planta, ou seja, é uma característica que se deve considerar durante a seleção de linhagens. Sedyama (2016) afirma que uma cultivar de soja para possuir uma capacidade produtiva superior, precisa ter entre 17 e 18 nós na haste principal. Desse modo, observou-se que as médias do NNM neste trabalho oscilaram de 7,35 à 9,30, para as cultivares FOCO IPRO - 74I77 RSF e 98Y30 respectivamente (TABELA 3).

No que se refere ao caráter APF, suas médias variaram entre 24,63 cm à 40,08 cm, que se refere as cultivares NS 7670 RR e 98Y30 respectivamente. Já no caso do APM, as médias alternaram entre 25,65cm a 44,65 cm, que corresponde as cultivares NS 7670 RR e 98Y30 (TABELA 3). A altura da planta na maturidade é um caráter que merece atenção pois tem relação direta com a competência da colheita mecanizada. Com isso, conforme já dito por Pitol e Broch (2012) e Sedyama et al. (2016), a altura mais adequada para esse fim está entre 60 a 120 cm. Apesar disso, deve-se ressaltar que não é indicado que a altura ultrapasse os 100 cm, porque isso aumenta as chances de acamamento, o que diminuiu a produtividade e qualidade dos grãos (GALLON et al., 2016).

A altura ideal para que a colheita ocorra com o maior êxito possível é entre 10 à 15 cm (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). Diante disso, as médias de APV apresentadas na TABELA 3 foram entre 4,83 à 11,85, para as cultivares NS 7670 RR e 98Y01iPRO. Como observado, tanto a altura da planta no florescimento e na maturidade, quanto a altura da primeira viagem apresentam-se menores que os valores descritos como ideais, em consequência da menor duração do dia e das condições climáticas desfavoráveis (UMBURANAS et al., 2019), que promoveram uma diminuição do ciclo de crescimento vegetativo da soja (FRIGERI et al., 2019).

TABELA 3. Médias fenotípicas de quinze cultivares de soja quanto aos caracteres agrônômicos

Cultivares	NDF (dias)	NDM (dias)	APF (cm)	NNF	APM (cm)	NNM	APV (cm)
<i>96R70iPRO</i>	41,00 c	79,00 c	29,23 b	7,05 a	33,78 b	7,80 a	7,60 b
<i>96R29iPRO</i>	43,00 c	81,00 c	35,85 a	8,00 a	37,45 b	8,65 a	9,33 a
<i>NS 7670 RR</i>	42,00 c	80,00 c	24,63 b	8,35 a	25,65 c	7,70 a	4,83 b
<i>NS6906iPRO</i>	42,00 c	80,00 c	34,00 a	7,65 a	36,08 b	8,55 a	6,30 b
<i>NS7709iPRO</i>	49,75 b	87,75 b	34,11 a	7,55 a	35,64 b	7,45 a	8,60 a
<i>NK7201iPRO</i>	43,00 c	81,00 c	28,00 b	6,70 a	31,68 c	7,50 a	9,00 a
<i>APORÉ75HO111iPRO</i>	43,00 c	81,00 c	27,90 b	7,40 a	30,80 c	8,30 a	6,45 b
<i>96Y90</i>	42,00 c	80,00 c	26,03 b	6,10 a	28,18 c	6,75 a	7,03 b
<i>NS7901</i>	47,25 c	85,25 c	32,47 a	7,35 a	34,48 b	7,60 a	7,85 b
<i>98Y01iPRO</i>	59,50 a	97,50 a	33,41 a	7,35 a	36,73 b	8,75 a	11,85 a
<i>M6410iPRO</i>	41,00 c	79,00 c	28,73 b	7,40 a	29,53 c	7,55 a	5,45 b
<i>FOCO IPRO – 74I77 RSF</i>	43,00 c	81,00 c	27,36 b	6,90 a	28,40 c	7,35 a	9,05 b
<i>M6210iPRO</i>	42,00 c	80,00 c	34,23 a	7,95 a	35,18 b	8,50 a	7,15 a
<i>98Y30</i>	55,50 a	93,50 a	40,08 a	8,05 a	44,65 a	9,30 a	8,95 a
<i>97R50iPRO</i>	45,00 c	83,00 c	31,64 a	6,80 a	32,71 c	7,75 a	10,95 a

Médias com a mesma letra na vertical pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% de significância pelo teste Scott Knott. NDF e NDM: número de dias para o florescimento e para a maturação, respectivamente; APF e APM: altura da planta no florescimento e na maturação, respectivamente; NNF e NNM: número de nós na haste principal no florescimento e na maturidade, respectivamente, APV: altura da inserção da primeira vagem.

Conforme Borém, Matsuo e Sediya (2021), a soja pode possuir vagens com até quatro grãos, entretanto não é muito comum, as mais fáceis de encontrar são com dois ou três grãos. Ao observar os resultados presentes na TABELA 4, percebeu-se que as vagens com um e dois grãos predominaram com a mesma quantidade sobre as com três grãos. No caráter NV1G as médias variaram entre 2,30 à 9,40, para as cultivares FOCO IPRO - 74I77 RSF e NS 7670 RR respectivamente. No NV2G alternaram entre 3,65 à 9,40, para a cultivar 97R50iPRO e NS 7670 RR e por último no NV3G as médias foram de 1,10 à 7,35, referente as cultivares NS 7670 RR e 98Y01iPRO (TABELA 4).

As médias de NTV oscilaram de 9,10 à 19,90, para as cultivares 97R50iPRO e NS 7670 RR (TABELA 4). Verificou-se uma redução no número de vagens devido a semeadura tardia, assim como em outros trabalhos (CRUZ et al.,2010; FRIGERI et al.,2019; BOSSOLANI et al., 2022; LEOLATO et al., 2023). Esse fato se justifica uma vez que, durante o seu desenvolvimento, a soja enfrentou altas temperaturas e condições climáticas desfavoráveis,

especialmente nos períodos de florescimento e enchimento dos grãos. Esses fatores podem aumentar a probabilidade de abortagem da vagem (AWASTHI et al., 2017). No que se refere a este estudo durante o desenvolvimento da planta as temperaturas chegaram a máximas de 30° graus e ocorreram baixas precipitações.

O peso de 100 grãos é um componente de produtividade de soja e influencia diretamente a produtividade de grãos de uma cultivar (RIGON et al., 2012). As médias de P100G variaram de 8,10 g à 14,49 g, para as cultivares 98Y30 e NS 7670 RR (TABELA 4). Em função da semeadura tardia, ocorreu uma diminuição da radiação solar que causou uma redução no peso dos grãos, da mesma forma, isso também aconteceu nos trabalhos de Frigeri et al.(2019) e Leolato et al. (2023).

Analisou-se também a produtividade de grãos que está entre os principais objetivos do melhoramento da soja. As médias de PROD variaram de 1027,18 a 1862,46 kg ha¹, para as cultivares 98Y30 e FOCO IPRO - 74I77 RSF respectivamente (TABELA 4). Para uma cultivar ser considerada superior, sua produtividade deve ser no mínimo 3000 kg ha⁻¹ (SEDIYAMA, SILVA, BORÉM, 2015). Em consequência da semeadura tardia, devido uma redução do ciclo da soja e as condições climáticas adversas enfrentadas (FRIGERI et al.,2019), proporcionou uma baixa produtividade da cultura, bem como em outros estudos com semeadura tardia (BORNHOFEN et al., 2015; UMBURANAS et al., 2019; FRIGERI et al.,2019; CARVALHO et al., 2020; BOSSOLANI et al., 2022).

TABELA 4. Médias fenotípicas de quinze cultivares de soja quanto aos componentes de produção e produtividade de grãos, em Monte Alegre – MG

Cultivares	NV1G	NV2G	NV3G	NTV	PGP (gramas)	P100G (gramas)	NGV	PROD (kg ha ⁻¹)
<i>96R70iPRO</i>	4,20 c	5,40 c	4,30 a	13,90 a	2,96 c	11,55 b	2,00 a	1144,18 b
<i>96R29iPRO</i>	3,45 c	7,60 b	5,85 a	16,90 a	4,95 a	13,59 a	2,13 a	1678,99 a
<i>NS 7670 RR</i>	9,40 a	9,40 a	1,10 b	19,90 a	3,90 b	14,49 a	1,57 b	1559,37 a
<i>NS6906iPRO</i>	5,35 b	7,25 b	3,00 b	15,60 a	3,69 b	14,37 a	1,83 b	1394,36 a
<i>NS7709iPRO</i>	2,70 c	6,65 b	6,30 a	15,65 a	3,32 b	10,83 b	2,24 a	1532,05 a
<i>NK7201iPRO</i>	5,30 b	4,65 c	1,25 b	10,55 b	2,06 c	13,17 a	1,87 b	1578,70 a
<i>APORÉ75HO</i>	3,00 c	6,30 b	4,55 a	13,85 a	3,40 b	13,48 a	2,12 a	1514,28 a
<i>96Y90</i>	2,65 c	4,50 c	4,85 a	12,00 b	2,53 c	12,90 a	2,16 a	1312,20 b
<i>NS7901</i>	5,25 b	6,95 b	1,25 b	13,45 a	2,78 c	13,81 a	1,72 a	1224,64 b
<i>98Y01iPRO</i>	3,60 c	5,20 c	7,35 a	16,15 a	3,27 b	10,14 b	2,24 b	1562,65 a
<i>M6410iPRO</i>	2,45 c	6,30 b	2,90 b	11,65 b	2,83 c	12,32 a	2,03 a	1422,60 a
<i>FOCOIPRO74I77</i>	2,35 c	3,85 c	3,90 a	10,10 b	2,62 c	13,21 a	2,14 a	1862,46 a
<i>M6210iPRO</i>	5,15 b	6,05 b	2,90 b	14,10 a	2,86 c	12,13 a	1,86 b	1623,82 a
<i>98Y30</i>	2,30 c	6,95 b	5,75 a	15,00 a	2,47 c	8,10 c	2,23 a	1027,18 b
<i>97R50iPRO</i>	3,40 c	3,65 c	2,05 b	9,10 b	1,98 c	13,87 a	1,83 b	1439,17 a

Médias com a mesma letra na vertical pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% de significância pelo teste Scott Knott. NV1G, NV2G e NV3G: número de vagens com um, dois e três grãos, respectivamente, NVT: número total de vagens, PGP: produção de grãos por planta, P100G: massa de cem grãos, NGV: número de grãos por vagens e PROD: produtividade de grãos.

As cultivares atuais são fonte de genitores para programas de melhoramento e no momento de escolha, deve-se considerar o desempenho médio presente nas cultivares disponíveis quanto aos caracteres agrônômicos, assim como a diversidade genética entre as cultivares. Em estudos de diversidade genética em soja, a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) tem sido amplamente adotada como medida de distância genética. As estimativas de D^2 , são interpretadas conforme o valor da estimativa, logo quanto maior, maior é a distância genética entre os genótipos analisados.

As medidas de dissimilaridade demonstraram uma elevada magnitude, sendo que a maior distância alcançada foi de 110,7, entre as cultivares NS 7670 RR e 98Y30 e a menor distância foi de 4,6 entre as cultivares 7 e 11 (APORÉ 75HO111 IPRO e M6410iPRO) (TABELA 5). Isso indica que existe diversidade genética entre os genótipos, evidenciando a oportunidade de seleção de genitores para hibridação. Em estudos de diversidade genética com 41 cultivares, identificaram D^2 que variou de 3,18 à 279,81 (FEREIRA JUNIOR et al., 2015).

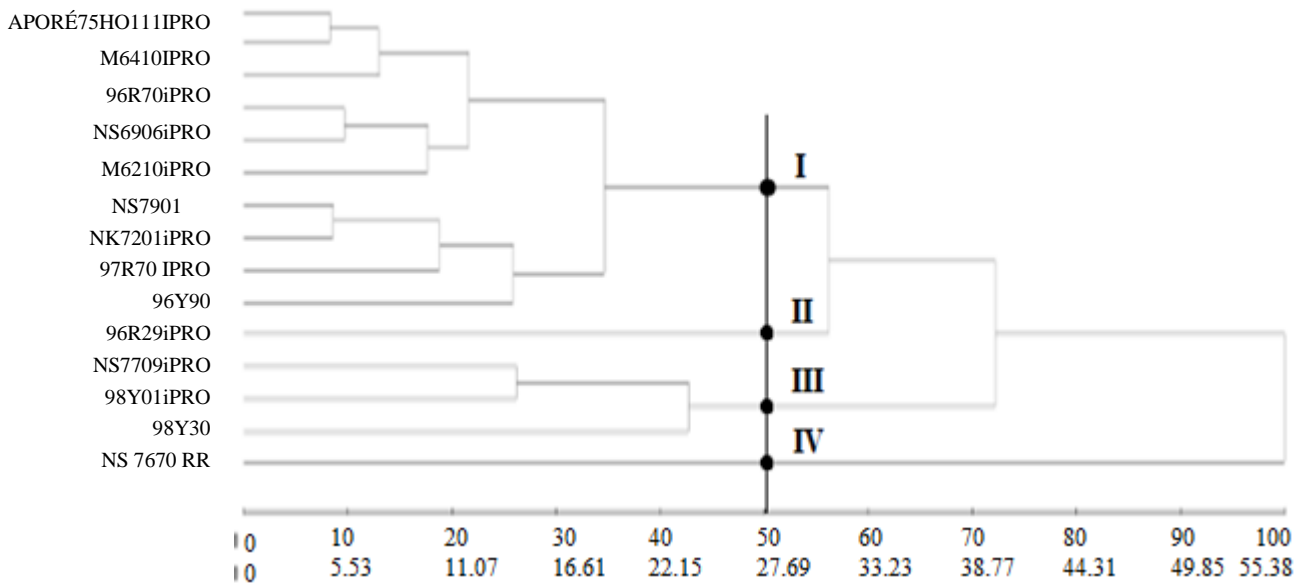
TABELA 5. Distância generalizada de Mahalanobis obtida a partir de dados agronômicos de quinze cultivares de soja, cultivado em campo, na Fazenda Nossa Senhora da Aparecida, em Monte Alegre – MG

Cultivares	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(1)96R70iPRO	27,0	44,8	12,4	15,4	12,6	7,6	10,8	10,9	39,8	6,8	19,3	11,4	42,5	16,1
(2)96R29iPRO		49,4	13,3	15,8	44,0	16,2	49,5	31,0	33,4	30,3	38,0	16,8	45,4	45,2
(3)NS 7670 RR			25,5	59,7	48,3	36,9	65,6	31,8	94,4	40,3	65,5	33,2	110,7	69,5
(4)NS6906iPRO				21,6	22,5	9,3	33,8	8,8	46,8	14,5	32,6	5,4	47,6	27,8
(5) NS7709iPRO					28,9	13,0	25,5	21,7	14,5	18,4	23,0	16,8	25,4	29,4
(6)NK7201iPRO						16,0	13,6	11,8	50,4	11,9	9,16	14,9	68,9	4,7
(7)APORÉ75HO11iPRO							14,9	15,2	36,6	4,6	12,9	9,2	49,4	21,2
(8)96Y90								25,2	54,8	10,6	11,3	31,1	74,4	18,1
(9)NS7901									43,5	13,4	28,1	10,9	46,3	14,4
(10)98Y01iPRO										51,7	44,6	38,8	21,9	43,8
(11)M6410iPRO											12,5	11,2	56,4	18,3
(12)FOCO IPRO74I77 RSF												21,7	74,9	11,7
(13)M6210iPRO													41,4	19,7
(14) 98Y30														59,7

Com base na matriz de dissimilaridade, foi construído um dendrograma pelo método UPGMA (Figura 1). Nessa técnica, a distância entre os grupos é igual a média da distância entre todos os elementos de um grupo com relação aos elementos do outro grupo.

Para a identificação dos grupos, a realização do corte no dendrograma, possuem algumas maneiras para serem feitas, pode ser a partir de uma análise visual e de uma forma subjetiva, estimando os pontos de grande modificação de nível, transformando-os em determinantes do número de genótipos para certo grupo (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2014). Existem outras formas menos subjetivas de se fazer essa divisão dos grupos, como foi feito pelo Casas Leal et al. (2022), que considerou o teste de Mojena (1977) além do exame visual e estabeleceu um corte na distância de aproximadamente de 84%, observando a formação de seis grupos. Neste trabalho, também considerou-se o teste de Mojena e a análise visual, adquirindo quatro grupos (Figura 1).

Figura 1. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 15 cultivares soja, obtido pelo UPGMA utilizando a matriz generalizada de Mahalanobis.



Não são apenas os métodos de agrupamento hierárquico que são utilizados nos estudos de diversidade genética, mas também os métodos de agrupamento por otimização de Tocher que, consiste em uma metodologia de agrupamento simultâneo, ou seja, separam-se os genótipos em grupos apenas uma vez. Contudo, há apenas um critério para agrupar e possuir uma característica própria em que as distâncias dentro dos grupos são menores do que as distâncias entre os grupos (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Observa-se que pelo método de Tocher, dividiram-se os genótipos em quatro grupos. O primeiro, contém mais de 60% das cultivares, depois encontra-se dois grupos com apenas uma cultivar que é o grupo II com o a cultivar 96R29iPRO e o grupo IV com a NS 7670 RR e por fim o grupo III com três cultivares, a NS7709Ipro, 98Y01IPRO e a 98Y30 (TABELA 6). Oliveira et al. (2020) avaliou 25 linhagens de soja e encontrou apenas dois grupos, e no segundo havia apenas uma linhagem.

TABELA 6. Agrupamento de Tocher obtido a partir da distância generalizada de Mahalanobis em 15 cultivares de soja cultivados em campo em Monte Alegre-MG.

Grupos	Cultivares
I	96R70iPRO, NS6906iPRO, NK7201iPRO, APOREÉ 75HO11 IPRO, 96Y90, NS7901, M6410iPRO, FOCO IPRO - 74I77 RSF, M6210iPRO e 97R50iPRO
II	96R29iPRO
III	NS7709iPRO, 98Y01iPRO e 98Y30
IV	NS 7670 RR

O padrão obtido pelo UPGMA e o método de Tocher, foram coincidentes. Em e ambos dividiram-se as quinze cultivares analisadas em quatro grupos, semelhante ao resultado encontrado no trabalho de Rodrigues et al. (2017), no qual os resultados encontrados no UPGMA e no método de Tocher coincidiram.

CONCLUSÃO

Entre as cultivares transgênicas analisadas detectou-se existência de variabilidade genética para os caracteres agrônômicos em soja. As cultivares que apresentaram maior produtividade de grãos foram a FOCO IPRO - 74I77 RSF, 96R29iPRO, M6210iPRO e a NK7201iPRO.

As análises multivariadas distância generalizada de Mahalanobis, dendrograma pelo método UPGMA e o agrupamento de Tocher permitiram analisar a diversidade genética e identificação de cultivares dissimilares que constituíram grupos distintos, permitindo a identificação de genitores promissores para melhoramento da soja.

Considerando a produtividade de grãos, o número de vagens e as características de resistências a doenças, pragas, herbicidas e ao acamamento, que já são presentes nas cultivares transgênicas analisadas, sugere-se as seguintes hibridações 98Y01iPRO e FOCO IPRO – 74I77 RSF, 98Y01iPRO e M6210iPRO, 98Y01iPRO e NS 7670 RR, 98Y30 e 96R29iPRO, 98Y30 e M6210iPRO, 98Y30 e NS 7670 RR, NS7901 e FOCO IPRO – 74I77 RSF, NS7901 e M6210iPRO, NS7901 e 96R29iPRO, NS7901 e NS 7670 RR e 98Y01iPRO com 98Y30.

REFERÊNCIAS

ABIOVE. CADEIA PRODUTIVA DE OLEAGINOSAS E BIODIESEL. Disponível em: <https://abiove.org.br/cadeia-produtiva/>. Acesso em: 20 março 2023.

AGRANDA. Agranda Sementes, Disponível em: <https://www.agranda.com.br/produto/soja-m-6410-ipro/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

AWASTHI, R.; GAUR, P.; TURNER, N. C.; VADEZ, V.; SIDDIQUE, K. H.; NAYYAR, H. Effects of individual and combined heat and drought stress during seed filling on the oxidative metabolism and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes differing in heat and drought tolerance. **Crop and Pasture Science**, v. 68, p. 823-841, 2017. <https://doi.org/10.1071/CP17028>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BARROS, H.B., SEDIYAMA, T., MELO, A.V., FIDELIS, R.R., CAPONE, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v.3, n. 2, p. 49-58. Maio/ 2012. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/197/136>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BEZERRA, A. R. G.; et al. Botânica e Fenologia. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.) **Soja: do plantio à colheita**. UFV, Viçosa, 2015, p. 09-26.

BORÉM, A., MIRANDA, C. V., FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2017. p. 25-496.

BORÉM, A., MATSUO, E., SEDIYAMA, T. **Melhoramento da Soja no Brasil**. 1. Ed. Viçosa: Mecenaz, 2021. P. 1-339.

BORNHOFEN, E., BENIN, G., GALVAN, D., FLORES, M.F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 46-55, jan./2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529143>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BOSSOLANI, J. W., MENEGHETTE, H. H. A., SANCHES, I.R., SANTOS, F. L., PARRA, L. F., LAZARINI, E. Sowing date changes phenological development, plastochron index, and grain yield of soybeans under Cerrado conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 26, n. 7, p. 488-494, fev./2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n1p3-9>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BONATO, A. L. V.; CALVO, E. S.; GERALDI, I. O.; ARIAS, C. A. A. Genetic similarity among soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars released in Brazil using AFLP markers. **Genetics and Molecular Biology**. v. 29, p. 692-704, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/FLxgGfnMPQMXFKRGdKmt3tv/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 10 mar. 2023

CANTELLI, D., HAMAWAKI, O. T., ROCHA, M. R., NOGUEIRA, A. P. O., HAMAWAKI, R. L., SOUSA, L. B., HAMAWAKI, C. D. L. Analysis of the genetic divergence of soybean lines through hierarchical and Tocher optimization methods. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 4, p. 1-13, out./2016. Disponível em: DOI <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15048836>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CARVALHO, E. V. D., PELUZIO, J. M., FREIBERGER, C. N., PROVENCIO, L. Z., MOTA, W. C. S. A época de semeadura na produção de sementes de soja em condições de várzea tropical. **Revista Sítio Novo**, Palmas, TO, v. 5, n. 1, p. 100-117, jan./2020. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/757>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CASAS-LEAL, N. E.; PEREIRA, F. A. C; VELLO, N. A. Improvement of vegetable soybean: genetic diversity and correlations of traits between immature and mature plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, São Paulo, v. 22, n. 40052218, p. 1-8, mar./2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1984-70332022v22n1a08>. Acesso em: 13 fev. 2023.

CONAB. **8º LEVANTAMENTO SAFRA 2022/23**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos> Acesso em: 31 maio 2023.

CONAB. **Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-tneladas>. Acesso em: 9 nov. 2022.

COSTA, M. I. A., MELO, L. A., FERREIRA, S. C., MATSUO, E. MORFOMETRIA REPRODUTIVA E DIVERSIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA. **Revista Nucleus**, Viçosa, MG, v. 15, n. 2, p. 207-215, out./2018. Disponível em:

<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2894/0>. Acesso em: 1 nov. 2022.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S; REGAZZII, A. J. **Modelos biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 13-358.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. 1.ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p. 1-620.

CRUZ, C.D.; SALGADO, C.C.; BHERING, L.L. Biometria aplicada à análise molecular em diversidade genética. In: BORÉM, A.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Biotecnologia aplicada ao melhoramento de plantas**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. p. 31-68

CRUZ, C.D. Genes Software extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>. Acesso em: 2 nov. 2022.

CRUZ, C. D. et al. Biometria aplicada ao melhoramento de soja *In*: LOPES, F. S. et al. **Melhoramento de Soja**. Cham, Alemanha: Springer, 2017. p.193-227.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 033-042, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99512490005>. Acesso em: 10 mar. 2023.

DALL'AGNOL, A.; **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

DOIS MARCOS. **HO Genética**. Disponível em: <https://doismarcos.com.br/ho-apore-ipro/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

EMBRAPA. **Características da Soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja> Acesso em: 03 maio 2023.

EMBRAPA. **Transgenia: quebrando barreiras em prol da agropecuária brasileira.**

Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-transgenicos/sobre-o-tema>. Acesso em: 15 dezembro 2023.

FARIA, P. N., DIAS, C. T. S., PINHEIRO, J. B., ARAUJO, L. B., CIRILLO, M. A., ARAUJO, M. F. C. AMMI methodology in soybean: Cluster analysis with bootstrap resampling in genetic divergence and stability. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 4, p. 461-468, jul./2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663040005>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Estágios de desenvolvimento da soja.** Iowa State University 12p. 1977.

FINOTO, E. L.; CARREGA, W. C.; SEDIYAMA, T.; DE ALBUQUERQUE, J. A. A.; CECON, P. R.; REIS, M. S. Efeito da aplicação de fungicida sobre caracteres agrônômicos e severidade das doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Revista Agro @ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 44-49, 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/18388>. Acesso em: 10.mar.2023.

FRIGERI, A. R., LAZARINI, E., ORIOLI JUNIOR, V., BERNARDES, J. V. S. Épocas de semeadura e população de plantas para três cultivares de soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 8, n. 4, p. 41-52, ago./2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100015>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GALLON, M.; BUZZELLO, G. L.; TREZZI, M. M.; DIESEL, F.; SILVA, H. L. Ação de inibidores da PROTOX sobre desenvolvimento, acamamento e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.3, p.232-240, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i3.471>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GASTL FILHO, J. G., HAMAWAKI, O. T., NOGUEIRA, A. P. O., SILVA, C. O., HAMAWAKI, R. L., HAMWAKI, C. D. L. Genetic parameters and selection strategies for soybean progenies aiming at precocity and grain productivity: **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 46, p. 1-10, set./2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246004322>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GATUT_WAHYU, A. S.; MANGOENDIDJOJO, W.; YUDONO, P.; KASNO, A. Mode of inheritance of genes control maturity in soybean. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 9, n. 5, p. 178-182, 2014. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e06d400458405a2cf6e7189207f226d645e2bf59>. Acesso em: 10 mar. 2023.

IDEC. **Saiba o que são os alimentos transgênicos e quais os seus riscos**. Disponível em: <https://idec.org.br/consultas/dicas-e-direitos/saiba-o-que-sao-os-alimentos-transgenicos-e-quais-os-seus-riscos>. Acesso em: 15 dezembro 2023.

ISAAA. **ISAAA Brief 55-2019: Executive Summary Biotech Crops Drive Socio-Economic Development and Sustainable Environment in the New Frontier**. Disponível em: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/executivesummary/default.asp>. Acesso em: 10 mar. 2023.

HIROMOTO, D M e VELLO, N A. **Base genética das cultivares brasileiras de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. Ciência e Cultura. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Acesso em: 19 dez. 2023.

HYTEN, D. L., SONG, Q., ZHU, Y., CHOI, I., NELSON, R. L., COSTA, J.M., SPECHT, J. E., SHOEMAKER, R. C., CREGAN, P. B. Impacts of genetic bottlenecks on soybean genome diversity. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 103, p. 16666- 16671, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0604379103>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FEHR, W. R., CAVINESS, C. E., VORST, J. J. Response of Indeterminate and Determinate Soybean Cultivars to Defoliation and Half-plant Cut-off. **Crop Science Society of America**, Madison – WI, v.17, n. 6, p. 827-984, nov./1977. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700060024x>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FEREIRA JÚNIOR, J. A., UNÊDA-TREVISOLI, S. H., ESPÍNDOLA, S. M. C. G., VIANNA, V. F., DI MAURO, A. O. Diversidade genética em linhagens avançadas de soja oriundas de cruzamentos biparentais, quádruplos e ócuplos. **Revista Ciência Agronômica**, Jaboticabal-SP, v. 46, n. 2, p. 339-351, mai./2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150013>. Acesso em: 23 nov. 2022.

LEOLATO, L. S., SANGOI, L., MARTINS JUNIOR, M. C., OLIVEIRA, V. L., DURLI, M. M., SOUZA, C. A. Sowing date influence on the soybean tolerance to defoliation at the beginning of pod formation. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 70, n. 1, p. 78-86, jan./2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202370010009>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MIRANDA, Zilda Fátima Sgobero. Genetic characterization of ninety elite soybean cultivars using coefficient of parentage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 363-369, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/vThSvyjXD55vsJXCrFVvSjh/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MIRANDA, Zilda Fátima Sgobero. Base Genética de cultivares de soja no Brasil. 2005. 871 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)** Universidade Estadual de Londrina, PR. 2005.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, Kingston, Rhode Island , v. 20, n. 4., p. 359-363, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/comjnl/20.4.359>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MORAIS, P. P. P. e BORÉM, A. Cultivares Transgênicos. *In*: SILVA, F., BORÉM, A., SEDIYAMA, T., LUDKE, W. **Melhoramento da Soja**. 22. ed. Viçosa: UFV, 2017. p. 396 - 418.

NIDERA SEMENTES. **Semente de soja nidera**. Disponível em: <https://www.niderasementes.com.br/soja/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

NOGUEIRA, A. P. O., SEDIYAMA, T., GOMES, J. D. Avanços no melhoramento genético da cultura da soja nas últimas décadas. *In*: LEMES, E., CASTRO, L., ASSIS, R. **Doenças da Soja: Melhoramento Genético e Técnicas de Manejo**. 2. ed. Campinas: Millennium, 2015. p. 159-179.

ODA, M. C.; SEDIYAMA, T.; MATSUO, E.; CRUZ, C. D.; BARROS, E. G.; FERREIRA, M. F. S. Phenotypic and molecular traits diversity in soybean launched in forty years of genetic improvement. **Agronomy Science and Biotechnology**. 1(1), pp. 1-9. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.33158/ASB.2015v1i1p1>. Acesso em: 10 mar. 2023.

OLIVEIRA, L. M. C. D., SOUSA, J. M. A., CHAVES, E. N. C., CARNEIRO, T.B., OLIVEIRA, A. T., SILVA, L.C. DIVERSIDADE GENÉTICA EM LINHAGENS DE SOJA. **o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq)**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 1-8, jan./2020. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/11jice/paper/viewFile/10089/4632>. Acesso em: 1 nov. 2022.

OLIVEIRA, M. F. e ARIAS, C. A. A. Centro de Diversidade e Recursos Genéticos. *In*: SILVA, F., BORÉM, A., SEDIYAMA, T., LUDKE, W. **Melhoramento da Soja**. 22. ed. Viçosa: UFV, 2017. p. 44-61.

PIMENTEL-GOMES, Frederico. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2009. p. 21-22.

PORTAL SYNGENTA. **Semente de Soja**. Disponível em: <https://portal.syngenta.com.br/sementes/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PRIOLLI, R. H. G.; MENDES-JUNIOR, C. T.; SOUSA, S. M. B.; SOUSA, N. E. A.; CONTEL, E. P. B. Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 967-975, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001000004>. Acesso em: março. 2023.

PRIOLLI, R. H. G.; WYSMIERSKI, P. T.; CUNHA, C. P.; PINHEIRO, J. B.; VELLO, N. A. Genetic structure and a selected core set of brazilian soybean cultivars. **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo. v. 36, n. 3, p. 382-390, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/Rvk6GfjgRQqgG57NPPM3L4c/?format=pdf&lang=en> Acesso em: março. 2023.

PIONEER. **Guia de Soja Nacional**. Disponível em: www.pioneer.com. Acesso em: 20 abr. 2023

PITOL, C.; BROCH, D. L. Soja: Lavoura mais produtiva e Tolerante à Seca. **Boletim técnico**, Fundação MS, v. 6, n. 1, p. 140-146, 2012.

REIS, E. M., GUERRA, W. D., ZABOLIM, L., JULIANTTI, F. C., MENTEN, J. O., ZANATTA, M., BELUFI, L. M. R. Asian Rust Severity in Soybean Sown in December and February in Mato Grosso State. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Reino Unido, v. 13, n. 11, p. 127-140, out./2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/355304161>. Acesso em: 10 mar. 2023.

RIGON, J. P. G., CAPUANI, S., BRITO NETO, J. F., ROSA, G.M. WASTOWSKI, A.D., RIGON, C.A.G. Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 233- 240, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000200012>. Acesso em: 20 mar. 2023.

RODRIGUES, J. I. D. S., ARRUDA, K. M. A., CRUZ, C. D., BARROS, E. G., PIOVESAN, N. D., MOREIRA, M. A. Genetic divergence of soybean genotypes in relation to grain components. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 47, n. 2, p. 1-6, jan./2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151258>. Acesso em: 10 mar. 2023.

RODRIGUES, S. A., PEITER, M. X., ROBAINA, A. D., BRUNING, J., PRIOLI, J. D., GOLLO, E. A. Oil content and economic water productivity of soybean cultivars under different water availability conditions. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 53, n. 1, p. 1-8, jan./2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210836>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SEDIYAMA, T., SILVA, F., BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015.

SEDIYAMA, Tuneo. **Tecnologia de produção de sementes de soja**. Londrina: Mecenas, 2013. 352p.

SEDIYAMA, Tuneo. **Produtividade da Soja**. Viçosa: Editora UFV, 2016, p. 3104

SENADO NOTÍCIAS. **O que são os transgênicos?**. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/projeto-reacende-debate-sobre-alimentos-transgenicos/o-que-sao-os-transgenicos>. Acesso em: 20 abr. 2023.

SEMENTES IPIRANGA. Brasmax Foco IPRO. Disponível em: <https://sementesipiranga.com/produto/brasmax-foco-ipro/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

SILVA, F., BORÉM, A., SEDIYAMA, T., LUDKE, W. **Melhoramento da Soja**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017. p. 9-547.

TORRES, F. E., DAVID, G. V., TEODORO, P. E., RIBEIRO, L. P., CORREA, C. G., LUZ JUNIOR, R. A. Desempenho agronômico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Mato Grosso do Sul, v. 38, n. 1, p. 111-117, fev./2015 Disponível em: <https://doi.org/10.19084/rca.16876>. Acesso em: 23 nov. 2022.

UMBURANAS, R. C., YOKOYAMA, A. H., BAKENA, L., DOURADO-NETO, D., TEIXEIRA, W.F., ZITO, R.K., REICHARDT, K. Soybean Yield in Different Sowing Dates and Seeding Rates in a Subtropical Environment. **International Journal of Plant Production**, v. 13, p. 117-128, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42106-019-00040-0>. Acesso em: 20 março 2023.

USDA. **Major Factors Affecting Global Soybean and Products Trade Projections**. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2016/may/major-factors-affecting-global-soybean-and-products-trade-projections/>. Acesso em: 13 fev. 2023.

VELLO, N. A.; HIROMOTO, D. M.; AZEVEDO FILHO, A. J. B. V. Coefficient of parentage and breeding of Brazilian soybean germplasm. **Revista Brasileira de Genética** 11(1), pp. 679-97. 1988.

WYSMIERSKI, Philip Traldi. Contribuição genética dos ancestrais da soja às cultivares brasileiras. 2011. **Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

WYSMIERSKI, P. T.; VELLO, N. A. The genetic base of Brazilian soybean cultivars: evolution over time and breeding implications. **Genetics and Molecular Biology**, 36 (4), pp. 547-55. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3873187/pdf/gmb-36-547.pdf>. Acesso em: março. 2023.