



FELIPE RIBEIRO RESENDE

**VCU DE LINHAGENS DE SOJA EM CLIMA TROPICAL
DE ALTITUDE**

LAVRAS - MG

2022

FELIPE RIBEIRO RESENDE

VCU DE LINHAGENS DE SOJA EM CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE

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

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi

Orientador

LAVRAS - MG
2022

FELIPE RIBEIRO RESENDE

VCU DE LINHAGENS DE SOJA EM CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE

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

Aprovado em 22 de fevereiro de 2022.

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi UFLA

Ma. Elaine Cristina Batista UFLA

Me. Antonio Henrique Fonseca de Carvalho UFLA

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi

Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre me trilhar nos melhores caminhos.

A toda minha família, em especial minha mãe, Nalzira, pelos conselhos e motivação, e a quem devo toda minha educação como pessoa, meu amor e respeito.

A minha namorada Carolayne e sua família, em quem sempre pude encontrar apoio, palavras de motivação e conselhos sempre com muito amor e carinho.

À Universidade Federal de Lavras, que me deu a oportunidade de realizar um sonho e aos professores por todo conhecimento adquirido durante a graduação.

Ao Professor Dr. Adriano Bruzi pela amizade, orientação, dedicação e ensinamentos que foram essenciais para meu crescimento profissional.

À doutoranda Elaine Batista pela amizade, apoio, paciência e considerações na elaboração deste trabalho.

Ao amigo e irmão, Ewerton Resende, pelas contribuições no trabalho e auxílio nas análises estatísticas.

Ao Grupo Pesquisa Soja e todos os seus integrantes, pela maravilhosa convivência e amizade. A ajuda de cada um foi fundamental na realização deste trabalho.

Aos funcionários do setor de Grandes Culturas por toda ajuda na manipulação de equipamentos, manejo das parcelas em campo e pela boa convivência.

A todos os amigos de Lavras e aos que conheci durante a graduação, por sempre estarem me apoiando durante essa caminhada.

RESUMO

A soja destaca-se como um dos principais produtos agrícolas mundiais. Com a grande demanda do cultivo de soja no cenário atual, é necessário a obtenção de novas cultivares mais produtivas e com ampla adaptabilidade às regiões de cultivos. Os incrementos de produtividade na cultura da soja ao longo dos anos são resultado dos constantes esforços dos programas de melhoramento em disponibilizar cultivares mais produtivas e adaptadas aos produtores. Uma das etapas para obtenção de novas cultivares são os experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Entende-se como VCU o valor intrínseco de combinação dos caracteres agrônômicos da cultivar com a sua utilização. Diante do exposto, realizou-se o presente estudo com o objetivo de obter informações a respeito de linhagens de soja em clima tropical de altitude avaliadas em um ensaio de valor de cultivo e uso. O experimento foi conduzido em seis ambientes (municípios de Lavras, Nazareno e Ijaci; Safras 2018/2019 e 2019/2020). Utilizou-se o delineamento experimental Alfa-Látice com três repetições. Foram avaliadas dez linhagens selecionadas e seis cultivares comerciais de diferentes procedências como testemunhas. Avaliou-se os caracteres: dias para o florescimento, maturação absoluta, hábito de crescimento, altura de inserção da primeira vagem, altura da planta, índice de acamamento, produtividade de grãos, cor da vagem, cor da pubescência e cor da flor. Os dados obtidos foram submetidos à análise conjunta para os seis ambientes com auxílio do *software R*. Adotou-se a estimativa da acurácia e do coeficiente de variação para precisão experimental. Verificou-se efeito da interação genótipos x ambientes para todos os caracteres avaliados, exceto altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem. Todas as linhagens avaliadas apresentam bom desempenho agrônômico, aliando precocidade e desempenho produtivo. Destaca-se a linhagem 10 por apresentar potencial comercial para futuro registro e disponibilização para uso no sistema de produção na região Campos das Vertentes-MG, por combinar as características de elevado potencial produtivo, ciclo precoce, e bom desenvolvimento vegetativo.

Palavras chaves: *Glycine max* (L.) Merrill; Melhoramento vegetal; Ensaio de valor de cultivo e uso; Cultivares superiores

1. INTRODUÇÃO

A soja é o principal produto do agronegócio brasileiro. Na safra 2020/2021 o Brasil, teve uma produção de 252,3 milhões de toneladas. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2022) o valor bruto de produção (VPB) deve ser de 1,25 trilhão em 2022, crescimento de 4,2% em relação a 2021.

A soja é uma das culturas mais importantes do mundo. Devido as suas propriedades nutricionais, com teores médios de óleo e proteína que variam de 20% e 40%, respectivamente, essa leguminosa figura-se como a principal fonte de farelo proteico no mundo, assim como, importante fonte de óleo vegetal, produção de biodiesel e alimentação humana (PATIL et al., 2018).

Com o aumento da exploração da segunda safra no Brasil, fez-se necessário a atenção dos programas de melhoramento genético, a fim de desenvolver cultivares mais precoces, com ciclos reduzidos, com o objetivo de antecipar a colheita, e assim, viabilizar o sistema integrado de soja (primeira safra) e milho (segunda safra), além de diminuir a pressão de doenças recorrentes na fase final do ciclo. Contudo, a diminuição do ciclo pode influenciar direta ou indiretamente a expressão de outros caracteres, uma vez que a cultura terá menor tempo no campo, e conseqüentemente menor exposição à luz solar, diminuindo assim, seu acúmulo de foto assimilados. Com essa diminuição, tais características como: arquitetura, porte, resistência, e até mesmo a produtividade podem ser influenciadas (SEDIYAMA, 2015; GESTEIRA et al., 2018; SILVA, 2018).

Para orientar os obtentores de cultivares de soja, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil estabeleceu uma série de normas para determinar o valor de uma nova cultivar visando o seu registro, denominadas Valor de Cultivo e Uso (VCU). Trata-se de uma exigência básica para que uma cultivar obtenha o Registro Nacional de Cultivares (RNC) (BRASIL, 2001). Essas normas foram estabelecidas em função da vivência dos pesquisadores da comissão criada para a sua elaboração.

Entre as recomendações relata-se número de locais, um local em cada região edafoclimática de importância para a cultura, período mínimo de realização, cultivares essencialmente derivadas: 1 ano, desde que o parental recorrente esteja inscrito no Registro Nacional de Cultivares – RNC.

O delineamento experimental deve ser em blocos casualizados com, no mínimo, três repetições; as parcelas devem ser constituídas de, no mínimo, quatro fileiras de quatro

metros de comprimento sendo utilizadas apenas as duas centrais como útil. A norma também menciona que só serão aproveitados os experimentos cujo coeficiente de variação (CV) seja inferior a 20%. Com no mínimo duas testemunhas registradas no (RNC-2021). Das características a serem avaliadas, ciclo total, ciclo vegetativo, grau de acamamento, altura das plantas, altura de inserção das vagens inferiores, tipo de crescimento, densidade da pubescência, cor da flor, cor da vagem (com pubescência), avaliação da produtividade, grau de deiscência das vagens e tipo de crescimento.

O objetivo de qualquer programa de melhoramento é obter linhagens que substituam, com vantagem, as pré-existentes. Para que isso possa ser realizado com sucesso, é necessária uma intensa avaliação das linhagens obtidas. Essas avaliações são especialmente importantes no Brasil, devido à diversidade de condições ecológicas e de sistemas de plantio adotados pelos agricultores. Por isso, a etapa de avaliação é a que demanda mais tempo e recurso dos melhoristas.

Diante do exposto, realizou-se o presente estudo com o objetivo de obter informações a respeito de linhagens de soja em clima tropical de altitude avaliadas em um ensaio de valor de cultivo e uso (VCU).

2. Referencial Teórico

2.1 A cultura da soja

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é originária do leste da Ásia, na região da Manchúria, mais precisamente localizada no nordeste da China (HYMOWITZ, 1970). É considerada uma das culturas mais antigas do mundo, após seu surgimento permaneceu por dois milênios no oriente (HARLAN, 1975). Com o aumento do comércio e sua importância nutricional, essa leguminosa, chegou até o sul da China, Japão e sudeste da Ásia (SEDIYAMA, SILVA e BORÉM, 2015). No ocidente o grão surge na época das grandes navegações europeias, no final do século XV e início do século XVI, sendo plantada pela primeira vez na Europa em 1739 (SEDIYAMA et al., 1985), sua chegada às Américas se deu por meio dos EUA, na região da Pensilvânia no final do século XVII e início do século XVIII (PIPER; MORSE, 1923).

No ano de 1882 a soja chegou ao Brasil mediante ao então professor da Escola de Agronomia da Bahia, Gustavo Dutra. Vinda dos Estados Unidos com a finalidade de iniciar os primeiros trabalhos de adaptação de cultivares, há que se ressaltar que nesta época a soja era estudada com foco em forragicultura, e não como grão. Entretanto, somente em 1900 e 1901 ocorreram os primeiros cultivos comerciais, uma vez que o Instituto Agrônomo de Campinas promoveu a primeira distribuição de sementes para produtores paulistas. Nesta mesma data, têm-se registros de cultivos de soja no Rio Grande do Sul, estado que obteve melhor adaptabilidade em razão do seu clima assemelhar-se muito ao ecossistema de origem, sul dos EUA (EMBRAPA, 2004).

A produção de soja em escala comercial teve início por volta de 1935 no Rio Grande do Sul, em 1941 estimava-se 702 hectares de área cultivada. A partir de 1950, expandiu-se para o norte, nordeste e sudeste, contudo, foi a partir da década de 1960 que a soja se consolidou como cultura economicamente importante para o Brasil (SEDIYAMA et al., 2009). Vista como excelente alternativa na sucessão de culturas (gramínea/leguminosa), e impulsionada pela política de subsídios ao trigo, sua produção saltou de 206 mil toneladas, em 1960, para 1,056 milhão de toneladas em 1969. Com o aumento da área cultivada e devido às novas tecnologias disponibilizadas aos produtores, advindas das pesquisas brasileiras, na década de 70 a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio brasileiro, chegando a mais de 15 milhões de toneladas em 1979.

Entretanto, estima-se que desta quantia, mais de 80% encontravam-se concentrado nos três estados da Região sul do Brasil (EMBRAPA, 2004).

Com o avanço dos programas de melhoramento e desenvolvimento de cultivares adaptadas ao clima mais quente, nas décadas de 1980 e 1990, inicia-se o explosivo crescimento e expansão da soja para as regiões tropicais, onde atualmente lidera o *ranking* de produção nacional no centro-oeste brasileiro (APROSOJA MATO GROSSO, 2020). A região centro-oeste foi bastante afetada pela instabilidade do clima, particularmente no momento da colheita, sem, no entanto, comprometer o histórico desempenho regional. Houve incremento de 3,5% na área plantada, totalizando 17,2 milhões de hectares, com uma produção de 61.321,7 mil toneladas, representando aumento de 1% em relação ao exercício passado, estimativa esta que contribui com a esperada produção nacional de 135,9 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

Aponta-se como um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento e consolidação da soja no Brasil o melhoramento genético, permitindo a expansão nas regiões de baixas latitudes, antes consideradas inaptas ao cultivo desta cultura. Este sucesso provém da insensibilização ao fotoperíodo pelas cultivares com período juvenil longo (EMBRAPA, 2012). Posto isso, a expansão das fronteiras agrícolas tornou-se real, e ainda continuam se expandindo em novas fronteiras como MATOPIBA (Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia) e SEALBA (Sergipe, Alagoas e Bahia) no Norte e Nordeste do país (FREITAS, 2011).

No contexto mundial e nacional, a soja é o grão que mais cresceu com relação à área cultivada nos últimos anos, tornando-se o principal grão oleaginoso cultivado no mundo. Seu elevado teor de proteína, em torno de 40%, faz dela a principal fonte de farelo proteico utilizado na fabricação de rações animais e, no presente momento, sua inserção na alimentação humana tem sido crescente. Além disso, seu teor médio de óleo (cerca de 20%) faz da soja uma importante cultura na produção de óleo vegetal e biodiesel (EMBRAPA, 2007).

A inovação tecnológica e revolução socioeconômica trazida pela cultura da soja no Brasil é tão relevante que pode ser comparado ao ciclo da cana de açúcar e do café, que comandaram o comércio exterior dos séculos XVII a XX (EMBRAPA, 2007). Segundo Brum et al. (2005), pelo seu valor econômico gerado ao Brasil, além da importante responsabilidade pela formação e consolidação de todos os órgãos que tangem sua cadeia produtiva, a soja é a formadora do conceito de agronegócio no país.

Já em relação ao produto interno bruto (PIB) agropecuário, que representa 21,4% do PIB nacional, a soja é o principal produto agroindustrial na pauta de exportações, com previsão de crescimento de 3,6%, em decorrência da guerra comercial entre China e os Estados Unidos, e da consequente baixa nos estoques do grão no país asiático (IPEA, 2021).

Na região sudeste, estima-se que a produção para safra 2021/2021 chegará a 11,3 milhões de toneladas, ademais a área plantada com o grão deverá apresentar o maior aumento percentual do país, chegando a um incremento de 13% em relação ao ano anterior. Mais precisamente em Minas Gerais, áreas anteriormente destinadas ao feijão, cana e pastagem foram ocupadas pela oleaginosa, motivadas pelos bons preços e garantia de venda do produto, além disso, espera-se um aumento na produtividade destas áreas por consequência das condições climáticas (CONAB, 2021).

O campo das vertentes, situado na região Sul de Minas Gerais, é conhecido pela produção de café e leite, contudo a produção de grãos de soja vem ganhando espaço entre os produtores (CARVALHO et al., 2010; SOARES, 2018). A região encontrou na soja uma alternativa interessante para aumentar a rentabilidade dos produtores e ainda uma parceira perfeita na sucessão e rotação de culturas com o milho, sorgo, trigo ou aveia culturas já estabelecidas. De acordo com a Secretaria do Estado de Agricultura Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA, 2021), a produção para a região foi de 488,682 mil toneladas na safra 2020/2021, em uma área de 136,481 mil hectares.

2.2 Morfologia e fenologia da planta de soja

A soja é uma planta anual, pertencente à família das leguminosas, subfamília Fabaceae, suas características gerais são a germinação epígea da semente, caule herbáceo, e reprodução do tipo autógama. Contudo algumas características morfológicas apresentam certa variabilidade de acordo com o ambiente e a cultivar em questão, tendo como exemplo o ciclo, podendo variar de 70 (mais precoces) a 200 dias (mais tardias), porém a maioria dos cultivares adaptados às condições brasileiras apresentam ciclo em torno de 90 a 150 dias (MÜLLER, 1981; SEDIYAMA et al., 2009).

Atualmente, são considerados três tipos de crescimento (determinado, semideterminado e indeterminado) e quanto ao hábito de crescimento os cultivares são classificados como ereto, semiereto ou prostrado, além disso, a altura chega a variar de 30 a 200 centímetros, fato este que pode influenciar na quantidade de ramificações. A

altura de inserção da primeira vagem varia de 10 a 20 cm, suas hastes e vagens pubescentes apresentam cor cinza ou marrom (SEDIYAMA et al., 2009; SEDIYAMA et al., 2005).

Já as flores da soja podem conter duas tonalidades de cores, sendo brancas ou púrpuras, variando de acordo com a genética de cada cultivar, e se desenvolvem em racemos axilares ou terminais (VERNETTI; JUNIOR, 2009). As flores são consideradas completas por conter órgãos masculino e feminino na mesma estrutura, sendo protegidos pela corola e cálice (NOGUEIRA et al., 2009; SEDIYAMA et al., 2005; SEDIYAMA et al., 1986; SEDIYAMA et al., 1985; SEDIYAMA et al., 1981; MULLER, 1981).

Para a obtenção de um sistema de produção organizado e manejo adequado da lavoura, fez-se necessário à caracterização dos estádios de desenvolvimento da cultura (CAMARA, 1998). Compreendem-se duas principais fases no desenvolvimento da soja, sendo elas: vegetativa e reprodutiva, uma vez que a duração de cada uma delas é influenciada por fatores ambientais e controlada por fatores genéticos. A especificação dessas fases é feita através da observação das folhas, flores e no desenvolvimento da vagem e semente que são encontradas nos nós da haste principal da planta (NOGUEIRA et al., 2013).

Logo, foram criadas tabelas com o intuito de identificar e melhor explicar os estádios fenológicos da soja. Atualmente, a escala fenológica internacionalmente aceita para a classificação dos estádios de desenvolvimento são as tabelas de Fehr e Caviness, publicadas em 1977.

Visto isso, seguem as descrições dos estádios vegetativos e reprodutivos, segundo Fehr e Caviness (1977) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Descrição resumida dos estádios fenológicos vegetativos da soja.

Estádio	Descrição
V _E	Emergência: os cotilédones estão acima da superfície do solo
V _C	Cotilédone desenvolvido: Cotilédones totalmente abertos
V ₁	Primeiro nó: As folhas unifoliadas estão abertas
V ₂	Segundo nó: Primeira folha trifoliada aberta
V ₃	Terceiro nó: Segunda folha trifoliada aberta
V _(n)	“Enésimo” nó ao longo da haste principal com trifólio aberto

Fonte: Adaptado de Fehr e Caviness (1977)

Tabela 2. Descrição resumida dos estádios fenológicos reprodutivos da soja.

Estádio	Descrição
R ₁	Início da floração: Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal
R ₂	Floração plena: Flor aberta em um dos dois últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida
R ₃	Início da formação da vagem: Vagem com 5 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores com folha completamente desenvolvida, sobre a haste principal
R ₄	Vagem completamente desenvolvida: Vagem com 20 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores com folha completamente desenvolvida, sobre a haste principal
R ₅	Início da formação da semente: Semente com 3 mm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores com folha completamente desenvolvida sobre a haste principal
R ₆	Semente completamente desenvolvida: Vagem contendo semente verde, preenchendo a cavidade da vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores com folha completamente desenvolvida sobre a haste principal
R ₇	Início da maturação: Vagem normal sobre a haste principal que tenha atingido a cor da vagem madura
R ₈	Maturação plena: 95% de vagens que tenham atingido a cor da vagem madura. Após R ₈ , são necessários de 5 a 10 dias de tempo seco para que a semente de soja apresente menos de 15% de umidade

Fonte: Adaptado de Fehr e Caviness (1977).

2.3 Interação genótipos x ambientes

A produtividade de grãos representa o caráter de maior importância econômica no melhoramento genético da soja, sendo o principal critério para a seleção. Assim, melhorias em outros caracteres só se justificam quando estão associados a uma alta produtividade de grãos. De maneira geral os caracteres manipulados pelos melhoristas, como a produtividade de grãos, são denominados quantitativos ou poligênicos. Tais caracteres são controlados por vários genes, cada um com um pequeno efeito sobre o fenótipo, havendo participação de influências ambientais. Dessa forma, o fenótipo (F) a ser obtido será o resultado da ação do genótipo (G) e do ambiente (A), ou seja, $F = G + A$ (RAMALHO et al., 2012).

A expressão fenotípica de um indivíduo consiste na ação conjunta de três efeitos: o genotípico, caracterizado pela constituição genética do indivíduo; o ambiental, que consiste nas condições que interferem no crescimento e desenvolvimento do indivíduo; e a interação genótipo por ambiente, que resulta no comportamento diferenciado de genótipos submetidos a ambientes distintos (RAMALHO et al., 2012). Este último efeito, em outras palavras, pode ser caracterizado como sendo toda a variação da expressão fenotípica observada que não é explicada pelos efeitos do genótipo e nem do ambiente (CRUZ, REGAZZI & CARNEIRO, 2012).

Devido à influência dos fatores ambientais na expressão fenotípica, é esperado que o comportamento das diferentes linhagens e/ou cultivares não seja coincidente nos ambientes avaliados (RAMALHO et al., 2012), havendo sempre o efeito da interação genótipos por ambientes (GxA).

A caracterização da interação GxA na cultura da soja é de grande relevância, tendo em vista o grande número de ambientes distintos nos quais a soja é cultivada. Além de determinar a correlação entre o genótipo e o fenótipo dos indivíduos, a interação GxA é fundamental para a recomendação de cultivares de acordo com os tipos de ambientes existentes (PRADO et al., 2001).

A condução de experimentos em vários locais e anos agrícolas é necessária pois permite avaliar a magnitude e o tipo de interação GxA existente, o que implica em alterações no esquema básico de condução dos programas de melhoramento (SILVA & DUARTE, 2006). A magnitude da interação GxA pode impactar no processo de seleção, por alterar a herdabilidade e, conseqüentemente, o ganho de seleção. Já o tipo da interação pode alterar a estratégia de seleção e o padrão de recomendação das cultivares.

São possíveis três estratégias diante da presença de interação: identificar cultivares específicas para cada ambiente; promover a estratificação em regiões cujos efeitos da interação sejam minimizados; e identificar cultivares com maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica (PELUZIO et al., 2008).

A interação GxA pode ser definida de acordo com três classificações básicas: i) sem interação, que consiste na variação constante entre os genótipos, quando comparados em ambientes diferentes; ii) interação do tipo simples, que ocorre com respostas diferentes dos genótipos quando comparados em ambientes diferentes, porém sem alterar a classificação dos mesmos; e iii) interação do tipo complexa, onde é possível observar grande variação entre os genótipos quando comparados em ambientes diferentes,

ocorrendo alteração de classificação dos mesmos (ALLARD & BRADSHAW, 1964; CRUZ, REGAZZI & CARNEIRO, 2012).

Além de ser causadora de dificuldades nos programas de melhoramento, a interação do tipo complexa é também uma das responsáveis pela existência do zoneamento agrícola para recomendação de cultivares. Se a interação for inexistente ou do tipo simples, podem ser selecionados os mesmos genótipos para ambientes distintos. Já na interação do tipo complexa, os genótipos devem ser selecionados de acordo com seu desempenho em cada ambiente isoladamente, sendo necessário o estabelecimento de zonas agrícolas (MORAIS et al., 2010). Assim, o conhecimento da interação GxA permite melhorar a eficiência dos programas de melhoramento e indicação das cultivares.

Além da estimação da adaptabilidade, também torna-se necessário avaliar a estabilidade dos genótipos por meio da repetição dos ensaios em mais de um ano agrícola (ALMEIDA et al., 1999). O termo estabilidade é empregado para se referir à maior ou à menor habilidade de genótipos em se adaptarem às variações ambientais ao longo de anos agrícolas, dentro de um dado local (RAMALHO et al., 2012).

O termo estabilidade é empregado para se referir à maior ou à menor habilidade de genótipos em se adaptarem às variações ambientais ao longo de anos agrícolas, dentro de um dado local (RAMALHO et al., 2012). Diversos métodos podem ser utilizados na avaliação da estabilidade de cultivares (KANG & GAUCH, 1996; CRUZ, REGAZZI & CARNEIRO, 2012; RAMALHO et al., 2012).

Na cultura da soja, alguns trabalhos têm sido realizados com a finalidade de estudar a adaptabilidade, estabilidade e interação genótipos por ambientes, evidenciando que o comportamento dos genótipos não foi coincidente nos diferentes ambientes avaliados (CARVALHO et al., 2002; LIMA et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2010; MARQUES et al., 2011; BARROS et al., 2012; SILVA et al., 2016; SOARES et al., 2015; GESTEIRA et al., 2018).

2.4 Experimento de valor de cultivo e uso (VCU)

Para a inserção de novas cultivares pelos melhoristas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), segundo as normas do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC – MAPA), é necessário a condução de experimentos em diferentes ambientes (anos e locais), denominados ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2021), o Valor de Cultivo

e Uso refere-se ao valor intrínseco de combinação das características agrônômicas da cultivar com as suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais, comerciais e/ou de consumo in natura.

O objetivo de qualquer programa de melhoramento é obter linhagens que substituam, com vantagem, as pré-existentes. Para que isso possa ser realizado com sucesso, é necessária uma intensa avaliação das linhagens obtidas. Essas avaliações são especialmente importantes no Brasil, devido à diversidade de condições ecológicas e de sistemas de plantio adotados pelos agricultores. Por isso, a etapa de avaliação é a que demanda mais tempo e recurso dos melhoristas.

Com a promulgação da Lei de Proteção de Cultivares no Brasil (Lei 9456 de 25/04/97) e as consequentes portarias e regulamentações, em especial a Portaria 294 de 14/10/98, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para orientar os obtentores de cultivares, estabeleceu as normas para determinar o valor de uma nova cultivar visando o seu registro, denominado Valor de Cultivo e Uso (VCU). Trata-se de uma exigência básica para que uma cultivar obtenha o Registro Nacional de Cultivares (RNC). Para isso, a linhagem terá que participar de experimentos de avaliações durante um período mínimo de dois anos em, pelo menos, quatro locais por região edafoclimática de importância para a cultura. Existem cinco macrorregiões, são elas MRS 1 – Sul, MRS 2 - Centro-Sul, MRS 3 – Sudeste, MRS 4 - Centro-Oeste e MRS 5 - Nordeste / Norte, e dentro delas estão as regiões edafoclimáticas, onde são divididas para recomendar as melhores cultivares de soja para cada região devido a sensibilidade ao fotoperíodo.

Entre as recomendações o número de locais é de um local em cada região edafoclimática de importância para a cultura, como também, período mínimo de realização, no caso cultivares essencialmente derivadas é 1 ano, desde que o parental recorrente esteja inscrito no Registro Nacional de Cultivares – RNC (RNC, 2021).

O delineamento experimental deve ser em blocos casualizados com, no mínimo, três repetições; as parcelas devem ser constituídas de, no mínimo, quatro fileiras de quatro metros de comprimento sendo utilizadas apenas as duas centrais como útil. A norma também menciona que só serão aproveitados os experimentos cujo coeficiente de variação (CV) seja inferior a 20%. Com no mínimo duas testemunhas registradas no (RNC, 2021). Das características a serem avaliadas, ciclo total, ciclo vegetativo, grau de acamamento, altura das plantas, altura de inserção das vagens inferiores, tipo de

crescimento, densidade da pubescência, cor da flor, cor da vagem (com pubescência), avaliação da produtividade, grau de deiscência das vagens e tipo de crescimento.

O desenvolvimento de novas cultivares de soja adaptadas as diferentes condições edafoclimáticas do país, tem proporcionado aumento de produção e da fronteira agrícola brasileira (COMINETTI, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Instalação e condução dos experimentos

Foram utilizados dados fenotípicos de experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 2018/19 e 2019/20, em três cidades do estado de Minas Gerais.

No município de Lavras-MG no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária -Fazenda Muquém, situada à latitude de 21°14' S, longitude 45°00' W e altitude de 918 m com temperatura média de 25° C e solo latossolo vermelho, no município de Ijaci-MG, no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia em Agropecuária da UFLA– Fazenda Palmital, situada à latitude de 21°09' S, longitude 44°54' W e altitude de 920 m com temperatura média de 24° C e solo latossolo amarelo e no município de Nazareno-MG, na fazenda Grupo G7, situada à latitude de 21°12'59" S, longitude 44°36'41" W, e altitude de 935 m com temperatura média de 2° C e solo latossolo vermelho.) (Tabela 3).

Tabela 3 – Identificação dos locais de condução experimental, dos anos agrícolas e dos ambientes correspondentes.

Ano agrícola	Local	Ambiente
2018/19	Lavras	1
2018/19	Nazareno	2
2018/19	Ijaci	3
2019/20	Lavras	4
2019/20	Nazareno	5
2019/20	Ijaci	6

Nos anos agrícolas 2018/19 e 2019/20 foram avaliadas dez linhagens elites do programa de melhoramento genético de soja desenvolvido pelo grupo Pesquisa Soja (UFLA). Foram utilizadas como testemunhas seis cultivares comerciais (Tabela 4).

Tabela 4 – Identificação dos tratamentos e das linhagens correspondentes.

Tratamento	Linhagem
1	S0:3 Prec 1
2	S0:3 Prec 2
3	S0:3 Prec 4
4	S0:3 Prec 5
5	S0:3 Prec 6
6	F3:5 Prec 27
7	F3:5 Prec 28
8	F3:5 Prec 31
9	F3:5 Prec 33
10	F3:5 Prec 45
Testemunha	Cultivar
TMG ANTA 82 RR	TMG ANTA 82 RR
95R51 IPRO	95R51 IPRO
M 6410 IPRO	M 6410 IPRO
NS 7300 RR	NS 7300 RR
M 5917 IPRO	M 5917 IPRO
M 5947 IPRO	M 5947 IPRO

O delineamento experimental foi em Alfa- Látice com três repetições, sendo cada parcela constituída por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,5 m entre linhas. Foram colhidas as sementes das duas linhas centrais. O plantio foi realizado sob sistema de plantio direto (SPD), a abertura dos sulcos foi feita de forma mecânica realizada pela semeadora, com sulcos espaçados em 0,5m.

A semeadura foi realizada manualmente e logo após foi realizada a aplicação de *Bradyrhizobium japonicum*, por meio de inoculante líquido, em jato dirigido nos sulcos

de semeadura. Os demais tratos culturais foram realizados conforme procedimento apresentado por (SILVA, 2019).

Foram avaliados os seguintes caracteres:

- Dias para o florescimento: 50% das plantas da parcela apresentando florescimento pleno, estágio R2 segundo a escala FEHR & CAVINESS (1977);
- Maturação absoluta: 90% das plantas da parcela em estágio R8 (maturação absoluta) segundo a escala FEHR & CAVINESS (1977);
- Hábito de crescimento: será classificado como determinado, semideterminado ou indeterminado segundo Bernard (1972), utilizando escala visual;
- Altura de inserção da primeira vagem: distância do colo da planta até o nó de inserção da primeira vagem, em centímetros, de 5 plantas tomadas aleatoriamente;
- Altura da planta: distância do colo da planta até a extremidade da haste principal, em centímetros, medida em 5 plantas tomadas aleatoriamente;
- Índice de acamamento: avaliado segundo Bernard et al. (1965) com as seguintes notas: nota 1 para todas as plantas eretas, 2 para algumas plantas inclinadas ou ligeiramente acamadas, 3 para todas as plantas moderadamente inclinadas ou 25-50% acamadas, 4 para todas as plantas severamente inclinadas ou 50-80% acamadas e 5 para mais de 80% das plantas acamadas;
- Produtividade de grãos: valor em sacas.ha⁻¹ após conversão para 13% de umidade
- Cor da vagem: determinada pela cor de vagem predominante nas plantas (cinza clara, cinza escura, marrom clara, marrom média e marrom escura);
- Pubescência: determinada pela cor de pubescência predominante na haste das plantas (cinza, marrom clara ou marrom média);
- Cor da flor: determinada pela cor predominante das flores (roxa ou branca)

3.2. Análise estatística

Os dados foram analisados com o auxílio do software R Development Core Team (2016), via abordagem de modelos mistos (BERNARDO, 2010). Primeiramente, realizou-se a análise individual, para cada um dos ambientes, de acordo com o modelo apresentado abaixo:

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

em que:

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

μ : constante geral associada a todas as observações;

pi : efeito fixo da progênie i

rj : efeito aleatório da repetição j ;

$bk(j)$: efeito aleatório do bloco k dentro da repetição j ;

e_{ijk} : erro experimental aleatório associado à observação ijk .

Posteriormente, realizou-se a análise conjunta envolvendo os locais para cada ano agrícola e uma análise conjunta envolvendo os seis ambientes de avaliação, considerando o modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + pi + rj(l) + bk(jl) + al + (pa)il + eijkl$$

em que:

y_{ijkl} : observação referente a progênie i , na repetição j , no bloco k , no ambiente l ;

μ : constante geral associada a todas as observações;

pi : efeito fixo da progênie i ;

$rj(l)$: efeito aleatório da repetição j dentro do ambiente l ;

$bk(jl)$: efeito aleatório bloco k dentro da repetição j no ambiente l ;

al : efeito fixo do ambiente l ;

$(pa)il$: efeito aleatório da interação progênies x ambientes;

$eijkl$: erro experimental aleatório associado à observação $yijkl$.

Os componentes da variância foram estimados através do método da máxima verossimilhança residual (REML). Para aferir a qualidade experimental, foram estimados o coeficiente de variação e a acurácia seletiva. A acurácia seletiva foi determinada pelo seguinte estimador (GEZAN; MUNOZ, 2014):

$$r_{\hat{g}g} = \sqrt{1 - \left(\frac{PEV}{\sigma_G^2} \right)} \times 100$$

em que:

$r_{\hat{g}g}$: acurácia seletiva expressa em porcentagem;

PEV : variância do erro de predição dos BLUP;

σ_G^2 : variância genotípica.

As estimativas de coeficiente de variação foram obtidas por:

$$CV = \frac{\sqrt{\sigma_E^2}}{\bar{X}} \times 100$$

em que:

CV : coeficiente de variação experimental expresso em porcentagem;

σ_E^2 : variância ambiental;

\bar{X} : média fenotípica geral

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para todos os caracteres avaliados referentes a análise conjunta das linhagens e testemunhas, de todos os ambientes avaliados, está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Resumo da análise de variância conjunta, considerando os seis ambientes avaliados, para os caracteres produtividade (PROD) ($sc.ha^{-1}$), dias para a maturação absoluta (DPM) (dias), índice de acamamento (ACAM) (notas de 1-5), dias para o florescimento (DPF) (dias), altura de planta (ALT) (cm) e altura de inserção da primeira vagem (INS) (cm).

FV	GL	QM					
		PROD	DPM	ACAM	DPF	ALT	INS
AMB	5	1749,14**	376,63**	3,26**	198,15**	1913,24**	29,02**
TRAT	15	497,89**	446,51**	2,31**	107,37**	603,21**	42,65**
AMB:REP	12	68,68 ^{ns}	6,01 ^{ns}	0,42 ^{ns}	2,16 ^{ns}	53,66 ^{ns}	4,97 ^{ns}
AMB:TRAT	74	247,27**	36,01**	0,73**	9,66**	29,26 ^{ns}	4,74 ^{ns}
CV%		20,58	10,75	39,49	19,99	10,02	67,28
r \hat{g} g%		92,27	99,36	94,56	98,83	97,54	98,17
MÉDIA GERAL		60,09	120,88	1,40	45,03	91,44	13,46

** e * significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade ($p < .01$); ^{ns} não significativo ($p \geq .05$).

r \hat{g} g%- acurácia; CV%- coeficiente de variação

Com relação à variável acamamento (ACAM) o alto CV% (39,49%) pode ser consequência da grande variação de notas atribuídas aos tratamentos nos seis ambientes de avaliação, sendo estas dentro de um intervalo de 1 a 5 (Tabela 5).

Quando se avalia linhagens em etapas finais de um programa de melhoramento, isto é, experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU), é fundamental que os mesmos

sejam bem conduzidos e que se tenha alta precisão experimental (RIBEIRO, 2018). No presente estudo, como já foi comentado, adotou-se como ferramenta para inferir sobre a precisão experimental o coeficiente de variação (PIMENTEL-GOMES, 2009) e a acurácia (RESENDE; DUARTE, 2007).

O CV é considerado baixo ou de alta precisão, quando inferior a 10%, médio ou de boa precisão de 10% a 20%, alto ou de baixa precisão de 20% a 30% e muito alto ou de baixíssima precisão quando superior a 30% (PIMENTEL GOMES, 2009). Por seu turno, as estimativas de $r_{gg}^{\%}$ podem ser consideradas de alta precisão quando superiores a 70%, de média precisão de 30% a 70%, e de baixa precisão quando inferiores a 30% (RESENDE; DUARTE, 2007). A precisão experimental associada à análise de variância conjunta, para os diferentes caracteres, variou de baixa à alta precisão de acordo com as estimativas do coeficiente de variação ambiental (CV%) e da acurácia ($r_{gg}^{\%}$), como já comentado.

Em todos os ambientes avaliados foi possível observar diferenças na magnitude das estimativas de CV e acurácia. Neste trabalho, o caráter que apresentou maiores valores de CV% e um dos menores valores de acurácia foi acamamento. Na estimativa do coeficiente de variação, é esperado maiores valores para atributos com menores médias (SOARES et al., 2015), além disso esse caráter é muito influenciado por fatores ambientais, sendo estas as possíveis explicações para a baixa precisão denotada neste caráter (BIANCHI et al., 2020).

A fonte de variação Ambiente foi altamente significativa para todos os caracteres avaliados, fato este essencial para que se observe na manifestação fenotípica o efeito dos locais e safras (Tabela 5). Do ponto de vista do melhoramento genético de plantas é essencial obter estimativas que demonstrem a influência do ambiente sobre os caracteres de estudo, pois a variação fenotípica de cada tratamento genético depende, além do efeito genético em si, do efeito do ambiente e da interação genótipos x ambientes (G x A).

O efeito ambiental neste trabalho é devido à combinação de fatores previsíveis como também imprevisíveis (ALLARD; BRADSHAW, 1964). Ambos os fatores estão presentes, pois as diferentes linhagens foram testadas em locais distintos na região do Campo das Vertentes no estado de Minas Gerais, como também em dois anos agrícolas. Os fatores imprevisíveis são particularmente importantes para experimentos de VCU pois as linhagens devem ser testadas em pelo menos dois anos agrícolas para se quantificar este efeito e minimizar os erros na recomendação de cultivares (KASTER; FARIAS, 2012; RIBEIRO et al., 2020).

Os genitores utilizados na geração das linhagens do presente trabalho, além de serem genótipos de bom desempenho agrônômico, são contrastantes, ou seja, possuem *background* genético diferente, oriundos de diferentes empresas (Coodetec, Tropical Melhoramento Genético, Monsoy, Embrapa, Nidera, Brasmax e Dow Agrosience, Syngenta), o que explica o bom desempenho das linhagens observado no presente estudo. Os genitores destacam-se pelo elevado potencial produtivo, além de apresentarem resistência à importantes doenças que acometem a soja.

Os genótipos elite utilizadas para originar a população base, na qual foram selecionadas linhagens $S_{0:3}$ avaliadas nesse estudo são: CD250 RR, TMG7161 RR, CD237 RR, M7908 RR, CD2630 RR, CD215, 5G830, BRS FAVORITA RR, V-TOP RR, NK7074 RR, NA 5909 RG, BMX Força RR, 5D690RR (SOARES et al., 2020). Por seu turno, os genótipos elite utilizadas para originar a população base, onde foram selecionadas linhagens $F_{3:5}$ avaliadas nesse estudo foram: População 1: CD 2630 RR x CD 215 RR; População 2: V-TOP RR x NK 7074 RR; População 3: CD 250 RR x NA 5909 RG; População 4: BMX Força RR x 5D 690 RR (SILVA et al., 2021).

Observou-se diferença significativa entre linhagens para todos os caracteres avaliados (Tabela 5), este fato pode ser explicado pois as testemunhas e linhagens testadas possuem diferenças genéticas, ou seja, *background* genético diferente, como já comentados anteriormente.

A interação genótipos x ambientes (GxA) foi altamente significativa para todos os caracteres, exceto ALT e INS (Tabela 5). O caráter Altura de planta, em alguns trabalhos desenvolvidos na mesma região de estudo do presente trabalho, foi relatado como um caráter de alta herdabilidade (acima de 90%) (AMARAL et.al., 2019; SOARES et.al., 2020). O mesmo relato foi reportado para o caráter INS, que apresenta alta correlação com o caráter altura de plantas (BIANCHI et al., 2020), mostrando resultados de herdabilidade próximos a 70% (SOARES et al., 2020). A alta herdabilidade encontrada em outros trabalhos para ALT e INS pode explicar o motivo pelo qual esses caracteres tenham sido menos afetados pelo ambiente, já que são caracteres controlados por poucos genes. A variação ambiental associada à variabilidade existente entre as linhagens suscitou na significância da interação GxA na análise conjunta, o que permite inferir que as linhagens não apresentaram comportamento coincidente nos diferentes ambientes.

Assim como a altura de plantas, a inserção da primeira vagem influi diretamente na colheita mecanizada. Se a altura de inserção estiver abaixo de 10 cm, poderão ocorrer

perdas na operação, pelo fato de a colhedora operar muito próxima ao solo. Segundo Marcos Filho (1986), o valor de INS ideal seria por volta de 15 cm. Neste trabalho, a altura média de INS observada foi de 13,4 cm, valor que pode ser considerado

bom para a realização da colheita mecanizada de soja. Esses resultados corroboram com aqueles observados por Pereira et al. (2010), que afirmam que os padrões normais para altura de corte na colheita mecanizada de soja são de 15 cm, o que pode reduzir as perdas ocasionadas por vagens não colhidas.

A interação GxA tem sido considerada como um dos principais complicadores do trabalho dos melhoristas na recomendação de cultivares. A fim de minimizar o efeito da interação na seleção de cultivares para caracteres de interesse, principalmente os de natureza quantitativa, faz-se necessário a avaliação dos genótipos em uma grande quantidade de ambientes (RIBEIRO et al., 2020).

Obter informações a respeito da interação genótipos por ambientes é oportuno, uma vez que o melhorista de plantas isola o componente devido ao ambiente permitindo assim realizar tarefas importantes como a seleção de genótipos superiores, descarte e recomendação devido a efeitos genéticos e não a efeitos ambientais (SILVA, 2022; GESTEIRA et al., 2018; PEREIRA et al., 2017). Verifica-se que a variação fenotípica de cada tratamento genético depende do fator genético em si, do efeito do ambiente e da interação G x A. Portanto, do ponto de vista de melhoramento de plantas, é de crucial importância obter informações a respeito da influência do ambiente sobre o caráter em estudo. Esta informação propicia uma melhor decisão quanto ao descarte, avanço e recomendação de genótipos (GESTEIRA et al., 2018; PEREIRA et al., 2017). Com esta finalidade, a avaliação conjunta, envolvendo ambientes diversos, permite a estimação do componente da variação da interação Genótipos por Ambientes (G x A).

Relatos da ocorrência da interação genótipos por ambientes para a cultura da soja na região do Campo das Vertentes no estado de Minas Gerais têm sido reportados na literatura (CARVALHO et al., 2020; BIANCHI et al., 2020; GESTEIRA et al., 2018; ZAMBIAZZI et al., 2017).

As médias ajustadas das dez linhagens e seis testemunhas são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Média geral para os caracteres produtividade (PROD) (sc.ha⁻¹), dias para a maturação absoluta(DPM) (dias), índice de acamamento (ACAM) (notas de 1-5), dias para o florescimento (DPF) (dias), altura de planta (ALT) (cm) e altura de inserção da primeira vagem (INS) (cm) de dez linhagens e seis testemunhas de soja avaliadas em seis ambientes agrícolas.

Tratamento	Média Geral					
	PROD	DPM	ACAM	DPF	ALT	INS
1	58,27 C	116,28 B	1,36 B	43,00 D	93,27 C	12,00 B
2	58,58 C	116,39 B	1,60 B	42,67 D	88,92 C	11,78 B
3	62,55 B	118,72 B	1,87 C	43,11 D	94,48 C	12,11 B
4	55,92 C	118,00 B	1,41 B	43,11 D	89,43 C	11,33 B
5	56,92 C	115,61 B	1,32 B	42,78 D	88,24 C	11,33 B
6	59,95 B	120,06 B	1,21 B	45,67 C	93,32 C	13,56 B
7	61,48 B	120,67 B	1,15 B	44,78 D	94,20 C	13,56 B
8	62,95 B	119,39 B	1,03 B	44,00 D	90,44 C	12,33 B
9	63,25 B	121,94 C	1,32 B	45,33 C	94,63 C	14,67 A
10	68,75 A	123,17 C	1,35 B	47,00 B	96,63 C	14,89 A
TMGANTA82RR	63,38 B	129,22 D	1,99 C	47,71 B	107,65A	17,22 A
95R51 IPRO	46,40 D	110,10A	1,03 B	36,44 E	66,42 D	9,44 B
M 6410 IPRO	72,71 A	125,66D	1,34 B	51,33 A	98,65 B	16,89 A
NS 7300 RR	61,70 B	127,72D	2,36 C	50,46 A	90,51 C	15,67 A
M 5917 IPRO	55,17 C	125,99D	0,94 B	45,56 C	84,57 C	15,33 A
M 5947 IPRO	60,75 B	125,01D	1,20 B	47,56 B	91,64 C	13,22 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott (1974) ($P \leq 0,05$) na média dos ambientes.

Para PROD, as médias obtidas variaram de 46,40 sc.ha⁻¹ a 72,71 sc.ha⁻¹ para as testemunhas 95R51 IPRO e M 6410 IPRO, respectivamente, com média geral de 60,09 sc.ha⁻¹. Com relação às linhagens, o tratamento 10 se destacou como a mais produtiva (68,75 sc.ha⁻¹) enquanto a linhagem 4 obteve o menor rendimento quando comparada às demais (55,92 sc.ha⁻¹).

É importante ressaltar que, dos genótipos avaliados, sejam eles linhagens do programa de melhoramento de soja da Universidade Federal de Lavras (UFLA) ou testemunhas comerciais, apenas três apresentaram rendimento inferior à média nacional para a produção do grão na safra 20/21, que foi de 56,03 sc.ha⁻¹ (CONAB, 2021).

A maturação absoluta variou de 110 a 129 dias, sendo esses dois valores apresentados por testemunhas, 95R51 IPRO e TMG ANTA 82 RR, respectivamente. Já com relação às linhagens, os valores variaram pouco para o caráter, apresentando valores de 115 a 123 dias, correspondendo às linhagens 5 e 10, respectivamente. Essa baixa variação do caráter entre as linhagens pode ser explicada pelo fato da seleção prévia realizada no ensaio ter levado em conta o grupo de maturação das linhagens, agrupando no presente experimento linhagens consideradas precoces para a região Campos das Vertentes, MG. O objetivo da maioria dos programas de melhoramento de soja é obter cultivares mais produtivas e com menor maturação absoluta. A medida que diminui esse caráter, também há uma redução na produtividade de grãos. Pereira et al. (2017) ao selecionarem progênies/linhagens com menor número de dias a maturação absoluta observaram que é possível ocorrer incrementos na produtividade.

O fato que permite selecionar linhagens precoces e produtivas pode ser explicado pela seleção de cultivares de hábito de crescimento indeterminado ou semideterminado. Isto porque neste tipo de planta ocorre maior sobreposição dos períodos vegetativos e reprodutivos, conferindo um aumento do potencial produtivo dessas cultivares (ZANON et al., 2015). Tendo em vista que é muito importante para a região Sul de Minas e Campo das Vertentes, pois, tem latitudes inferiores as das regiões produtoras como o sul do Brasil onde surgiram os primeiros materiais comerciais, conseqüentemente, a região Sul de Minas e Campo das Vertentes precisa de cultivares mais precoces que vegetam menos e garantam a competitividade com as grandes regiões produtoras.

Entretanto, para que a segunda safra se torne viável, é imprescindível adequar o ciclo da cultura de verão, para que se propiciem boas condições de cultivo durante o ciclo da cultura utilizada na sucessão (GESTEIRA et al., 2015). Assim, a utilização de cultivares de ciclo precoce e semiprecoce viabiliza a adoção do sistema de

sucessão de culturas, sendo importante tanto do ponto de vista de conservação ambiental quanto do incremento da renda do produtor agrícola (SILVA et al., 2021).

Considerando que no Brasil é possível realizar mais de uma safra por ano agrícola, a adoção de cultivares precoces de soja possibilita que a semeadura da cultura sucessora no sistema de produção seja realizada mais antecipadamente em condições mais favoráveis, isto é, melhor disponibilidade hídrica, temperaturas médias mais adequadas ao desenvolvimento vegetal e por consonância uma melhor maximização do sistema de produção (MARTINS et al., 2020).

Os resultados para o caráter DPF foram de 36 a 51 dias, sendo os dois valores extremos apresentados por testemunhas, 95R51 IPRO e M 6410 IPRO, respectivamente. Já com relação às linhagens, os valores variaram pouco para o caráter, apresentando valores de 42 a 47 dias, correspondendo às linhagens 2 e 5, apresentando 42 dias e 10 apresentando 47 dias para o florescimento. Este parâmetro permite avaliar o comportamento das progênies, para os diferentes caracteres, considerando a seleção realizada visando à menor maturação absoluta (SILVA et al., 2021)

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

Com relação ao ACAM, a maior média obtida foi de 2,36 e a menor de 0,94, sendo esses dois valores apresentados por testemunhas, NS 7300 RR e M 5917 IPRO. Já com relação às linhagens, os valores variaram pouco para o caráter, apresentando uma média de notas de 1,03 a 1,87, correspondendo às linhagens 8 e 3, respectivamente.

Muito influenciado pela altura de plantas, o acamamento assume importante papel na seleção de cultivares, uma vez que plantas acamadas inviabilizam a colheita mecanizada. A nota média de acamamento obtida nos ensaios foi de 1,40. Esse valor é considerado totalmente apto à colheita mecanizada e não acarreta nenhum tipo de prejuízo à operação (SOARES et al., 2020).

Com relação à ALT, a maior média obtida foi de 107,65 cm e a menor de 66,42 cm sendo esses dois valores apresentados por testemunhas, TMG ANTA82RR e 95R51 IPRO. Já com relação às linhagens, os valores variaram pouco para o caráter, apresentando uma média de altura de 88 a 96 cm correspondendo as linhagens 5 e 10,

respectivamente. As alturas de plantas ideais estão entre 60 e 120 cm (SOARES et al., 2020). Os valores médios obtidos nos ensaios foram de 91,44 cm, estando assim de acordo com os achados mencionados anteriormente.

Em busca de maior rendimento operacional da colhedora, associado à minimização de perdas de colheita, Valadão Junior et al. (2008) e Sedyama; Teixeira e Reis (2005) recomendam que, em terrenos planos, as cultivares de soja devem apresentar altura de primeira vagem igual ou próximo de 10,0 cm.

Com relação à INS, a maior média obtida foi de 17,22 cm e a menor de 9,44 cm sendo esses dois valores apresentados por testemunhas, TMG ANTA 82 RR e 95R51 IPRO, o fato é devido as alturas de plantas serem diferentes, uma planta que cresce mais tem a INS maior e o contrário é observado também. Já com relação às linhagens, os valores variaram pouco para o caráter, apresentando uma média de notas de 11 a 14 cm correspondendo as linhagens 5 e 10, respectivamente. A escolha da cultivar, bem como das práticas de manejo, deve buscar atingir altura de INS de pelo menos 10 cm para evitar que perdas na colheita mecanizada sejam observadas (CARMO, 2018).

Assim como a ALT, a inserção da primeira vagem influi diretamente na colheita mecanizada. Se a INS estiver abaixo de 10 cm, podem ocorrer perdas na operação, pelo fato de a colhedora operar muito próxima ao solo. Segundo Marcos Filho (1986 o valor de INS ideal seria por volta de 15 cm. Neste trabalho, a altura média de inserção da primeira vagem observada foi de 13,46 cm.

Na Figura 1 são apresentados os resultados qualitativos referentes às dez linhagens e seis testemunhas avaliadas nesse estudo.

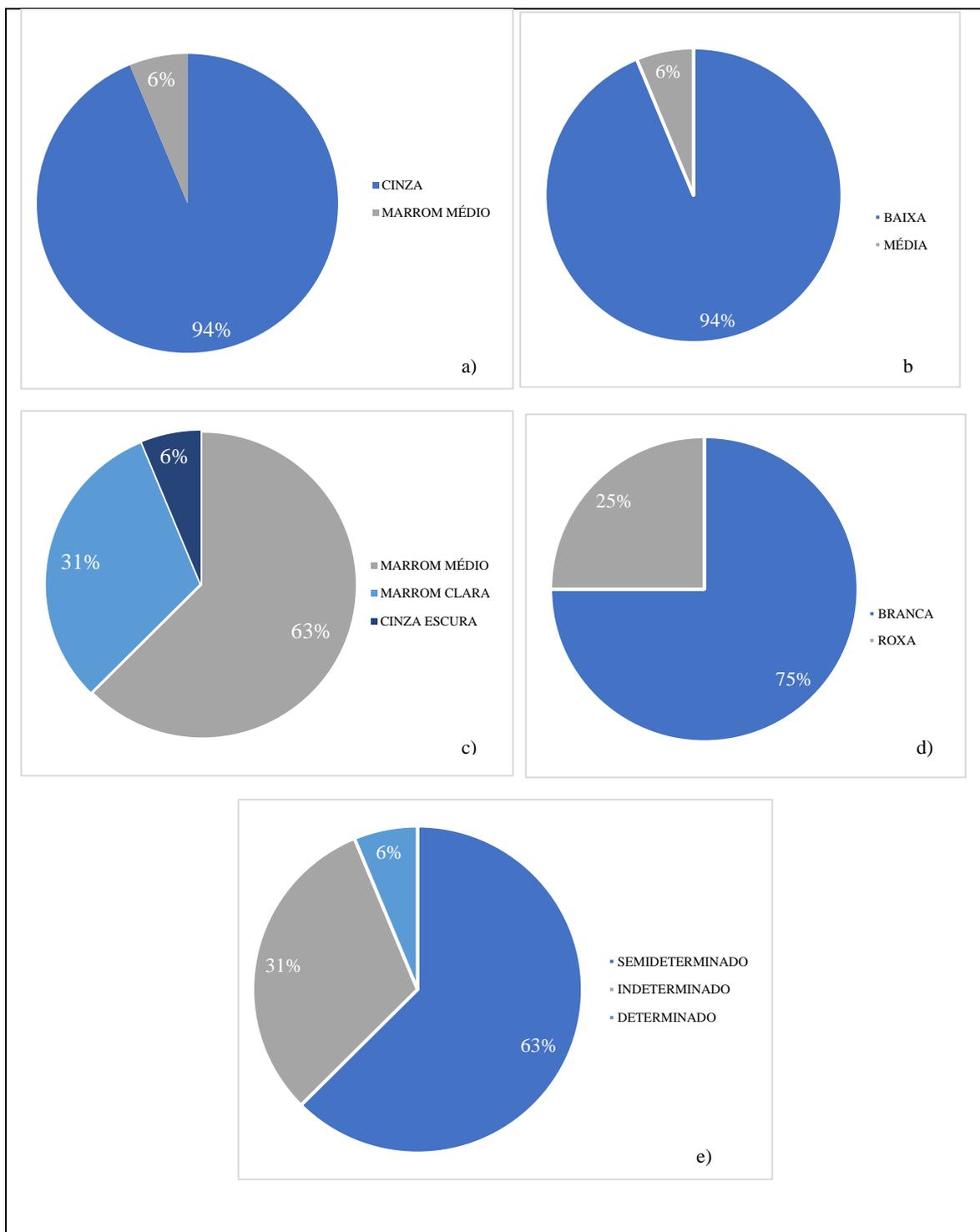


Figura 1. Representação gráfica do percentual de frequência das densidades dos caracteres **(a)** cor da pubescência, **(b)** densidade da pubescência, **(c)** cor da vagem, **(d)** cor da flor e **(e)** tipo de crescimento de dez linhagens e seis testemunhas de soja avaliadas em seis ambientes agrícolas.

Pode-se observar que aproximadamente 94% dos genótipos avaliados têm pubescência de cor cinza (Figura 1, a) e apresentam baixa densidade (Figura 1, b). Com relação ao caráter Cor da vagem, 63% dos genótipos apresentam vagens de coloração

marrom médio, 31% marrom claro e 6% cinza escuro (Figura 1, c). Para o caráter Cor da flor, 75% dos genótipos apresentam flores de cor branca, enquanto 25% dos genótipos possuem são de cor roxa. Segundo Destro et al. (1990), a cor da flor é uma característica condicionada por um par de alelos, em interação de dominância completa. A cor roxa da flor é condicionada pelo alelo *W* enquanto o recessivo *w* condiciona a cor branca, o que pode explicar a maior presença de genótipos de cor de flor roxa no presente estudo (Figura 1, d).

Mais de 90% dos genótipos avaliados são classificados como de tipo de crescimento semideterminados e indeterminados (Figura 1, e). No Brasil, tem-se observado que, nos últimos anos, os produtores têm preferido trabalhar com cultivares de soja de tipo de crescimento indeterminado ou semideterminado, principalmente em regiões que utilizam cultivares com grupo de maturação relativa inferior a 8.0, pois, ajuda a viabilizar o cultivo de segunda safra, seja com milho, algodão, girassol ou feijão, além de reduzir os riscos relacionados ao estresse hídrico na fase de florescimento/início de enchimento de grãos, já que a floração é escalonada. Além disso a utilização de cultivares com tipo de crescimento indeterminado flexibilizou a semeadura da soja, possibilitando a antecipação ou atraso da semeadura, principalmente no Sul do Brasil (ZANON et al., 2015).

Quando as progênies apresentam hábito de crescimento determinado o florescimento ocorre de forma simultânea e qualquer adversidade climática ou ambiental será mais expressiva na manifestação fenotípica. Por seu turno, progênies indeterminadas o florescimento ocorre em etapas permitindo o escape das adversidades que possam acometer a cultura no estágio fenológico do florescimento sendo mais resilientes e evitando possíveis prejuízos totais com relação as faltas de chuvas em períodos extremamente importantes para a cultura, são elas florescimento e enchimento de grãos, ajudando os produtores da região a tomar as melhores decisões (RIBEIRO et al., 2020; SILVA et al., 2017, PEREIRA et al.,2017).

5. CONCLUSÃO

Verificou-se efeito da interação genótipos x ambientes para todos os caracteres avaliados, exceto altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem. Todas as linhagens avaliadas apresentam bom desempenho agrônômico, aliando precocidade e desempenho produtivo.

Destaca-se a linhagem 10 por apresentar potencial comercial para futuro registro e disponibilização para uso no sistema de produção na região Campos das Vertentes-MG, por combinar as características de elevado potencial produtivo, ciclo precoce, e bom desenvolvimento vegetativo.

6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A. de S.; MIRANDA, M.A.C.; CAMPELO, G.J. de A. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro: melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. Londrina: EMBRAPA, 1999.

AMARAL, L. O.; BRUZI, A. T.; REZENDE, P.M.; SILVA, K.B. Pure line selection in a heterogeneous soybean cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 19, p. 277-284, 2019.

APROSOJA MATO GROSSO. A história da soja. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-da-soja/>>. Acesso em: 25 de janeiro 2020.

BERNARDO, R. *Breeding for quantitative traits in plants*. 2. ed. Woodbury: Stemma Press, 400 p. 2010.

BIANCHI, M. C. ; BRUZI, A. T. ; SOARES, IGOR OLIVERI ; RIBEIRO, F. de O. ; DE SIQUEIRA GESTEIRA, GABRIEL . Heritability and the genotype \times environment interaction in soybean. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, v. 3, p. 1-10, 2020.

BRUM, A. L., HECK, C. R., LEMES, C. L., & MÜLLER, P. (2005). A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. Anais dos Congressos. In XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto. São Paulo. 2005.

CÂMARA, G. M. S. Fenologia da soja. *Informações Agronômicas*. V. 82, p. 1-16, 1998.

CAMERA, M.L. Variabilidade dos caracteres agronômicos e produtividade da soja em sucessão a diferentes plantas de cobertura. Trabalho de conclusão de curso– Agronomia, Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2019

DO CARMO, E. L., BRAZ, G. B. P., SIMON, G. A., DA SILVA, A. G., & ROCHA, A. G. C. Desempenho agronômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. 2018. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. Universidade do Estado de Santa Catarina. 2018.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; OLIVEIRA, M. F.; VELLO, N. A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CARVALHO, E. R., REZENDE, P. M. D., OGOSHI, F. G. A., BOTREL, É. P., ALCANTARA, H. P. D., & SANTOS, J. P. Desempenho de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 892-899, 2010.

CARVALHO, J. P. S; Bruzi, A. T; SILVA, K. B; SOARES, I. O; BIANCHI, M. C; VILELA, N. J. D. . Classifying Soybean Cultivars Using an Univariate and Multivariate Approach. *Journal of Agricultural Science*, v. 12, p. 190, 2020.

CNABRASIL. CNA prevê alta do VBP e PIB, crescimento do financiamento privado e maior atuação internacional. cnabrazil.org, 2019. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/cna-preve-alta-do-vbp-e-pib-crescimento-do-financiamento-privado-e-maior-atuacao-internacional>. Acesso em: 21 de janeiro 2021.

COMINETTI, F. R. Desempenho agrônomo de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em sistemas de preparo do solo. 2004. 87 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu, 2004.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2021. Quarto levantamento, novembro 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>> Acesso em 30 de novembro 2021.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. 4º Ed., v.1, Viçosa: UFV, 514p., 2012.

DESTRO, D.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J.L.L. Genes qualitativos em soja: alguns comentários e listagem. Viçosa: UFV, 67p. 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Circular técnica nº48. Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja, Sistemas de produção. Setembro 2007.

SILVA, E. V. V. ; BRUZI, A. T. ; SILVA, F. D. ; MARQUES, F. S. . Genotypic and phenotypic parameters associated with early maturity in soybean. PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA (ONLINE), v. 56, p. 1-12, 2021.

FREITAS, M. C. M. 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-GO, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

DE SIQUEIRA GESTEIRA, G., BRUZI, A. T., ZITO, R. K., FRONZA, V., & ARANTES, N. E. Selection of early soybean inbred lines using multiple indices. *Crop Science*, v. 58, n. 6, p. 2494-2502, 2018.

GEZAN, S. A.; MUÑOZ, P. R. Analysis of experiments using ASReml with emphasis on breeding trials. Retrieved May, v. 15, p. 2019, 2014.

HARLAN, J. R. Crops and man. Madison, Winsconsin: ASA, CSS of Am. p. 295, 1975

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. *Economic botany*, v. 24, n. 4, p. 408-421, 1970.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Carta de Conjuntura | 45 | 4º trimestre de 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/191119_cc_45_economia_agricola.pdf> Acesso em 1 fevereiro 2020.

KASTER, M, FARIAS J. R. B. Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja: terceira aproximação. EMBRAPA: Londrina, Brazil. 2012.

LIMA, W. F.; PÍPOLO, A. E.; MOREIRA, J. U. V.; CARVALHO, C. G. P.; PRETE, C. E. C.; ARIAS, C. A. A.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA, G. E.; TOLEDO, J. F. F. Interação genótipo-ambiente da soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, p. 729-736, 2008.

MARCOS FILHO, J. Produção de sementes de soja. Campinas: Fundação Cargill, 86p. 1986.

MARTINS, I. A; MOREIRA, S. G; BRUZI, A. T; PIMENTEL, G. V; MARCHIORI, P. E. R. Lactofen and kinetin in soybean yield. *Pesquisa Agropecuaria Tropical (Online)*, v. 50, p. 1/e64906,-10, 2020.

MORAIS, E.; ZANATTO, A. C. S.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética, interação genótipo solo e ganhos na seleção em teste de progênies de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antônio, São Paulo. *Scientia Florestalis*, v.38, p.11-18, 2010.

MÜLLER, L. Taxionomia e morfologia. A soja no Brasil. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 65-104, 1981.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T. ; BARROS, H. B.; TEIXEIRA, R. de C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. *Tecnologias de produção e usos da soja*. 1ed.Mecenas: Mecenas, v. 1, p. 7-16. 2009.

PATIL, G., VUONG, T. D., KALE, S., VALLIYODAN, B., DESHMUKH, R., ZHU, C., NGUYEN, H. T. Dissecting genomic hotspots underlying seed protein, oil, and sucrose content in an interspecific mapping population of soybean using high-density linkage mapping. *Plant Biotechnology Journal* v. 16, n. 11, p. 1939-1953, 2018.

PELÚZIO, J. M., FIDELIS, R. R., GIONGO, P. R., da SILVA, J. C., CAPPELLARI, D., BARROS, H. B. Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. *Scientia Agrária*, v. 09, n. 04, p. 455-462, 2008.

DE CÁSSIA PEREIRA, F., BRUZI, A. T., de MATOS, J. W., REZENDE, B. A., PRADO, L. C., NUNES, J. A. R. Implications of the population effect in the selection of soybean progenies. *Plant Breeding*, v. 136, n. 5, p. 1-23, 2017

PEREIRA J., P.; REZENDE, P.M.; MALFITANO, S.C.; LIMA, R.K.; CORRÊA, L.V.T.; CARVALHO, E.R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.)]. *Ciência e Agrotecnologia* 34: 908-913. 2010.

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

PRADO, E. E. D., HIROMOTO, D. M., GODINHO, V. D. P. C., UTUMI, M. M., RAMALHO, A. R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no Cerrado de Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, 2001.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for statistical Computinh, Vienna, Austria. URL: <http://www.Rproject.org/>. 2016.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B.; NUNES, J. A. R. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. UFLA. V.1, p. 365, 2012.

RIBEIRO, FLAVIANE O.; BRUZI, ADRIANO T.; BIANCHI, MARIANE C.; SOARES, IGOR O.; SILVA, KARINA B.. Genotypic Selection for Soybean Earliness. Journal of Agricultural Science, v. 12, p. 169, 2020.

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

PIPER, C. V.; MORSE, W. J. The soybean. New York: McGraw Hill Book Company, Inc., p. 310, 1923.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E BASTECIMENTO DE MINAS GERAIS-SEAPA. Soja. Subsecretaria do agronegócio. Disponível em: < [http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/perfil_soja_dez_2019\[1\].pdf](http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/perfil_soja_dez_2019[1].pdf) >. Acesso em: 05 fevereiro 2021.

SEDIYAMA, T. Melhoramento genético da soja. Londrina: Ed. Mecenias, v.1, P. 352, 2015.

SEDIYAMA, T.; ALMEIDA, L. A.; MIYASAKA, S.; KIIHL, R. A. S. Genética e melhoramento. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.) A soja no Brasil. [S.1.]: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 209-226, 1981.

SEDIYAMA, T.; ALMEIDA, L. A.; MIYASAKA, S.; KIIHL, R. A. S. Genética e Melhoramento. In: A soja no Brasil Central. [S.1.]: Fundação Cargil, P. 21-74, 1986.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Exigências edafoclimáticas. In: Silva, A. F.; Sedyama, T.; Borém, A. Soja: do plantio à colheita. Ed. Viçosa UFV, p.9-23, 2015.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Exigências edafoclimáticas. In: Silva, A. F.; Sedyama, T.; Borém, A. Soja: do plantio à colheita. Ed. Viçosa UFV, p. 44-65, 2015.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A, (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. 2. Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, P. 551-603, 2005.

SEDIYAMA. T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. Cultura da soja- parte I. Viçosa, MG: Impr. Univer., UFV, p. 96, 1985.

SEIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). Tecnologias de produção e uso da soja. Londrina, PR: Mecenias, p. 1-5, 2009.

SILVA, E. V. V.; BRUZI, A. T.; SILVA, F. D.; MARQUES, F. S. Genotypic and phenotypic parameters associated with early maturity in soybean. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Online), v. 56, p. 1-12, 2021.

SILVA, F. D. S. Melhoramento da soja visando produtividade e teores de óleo e proteína nos grãos. 2019. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

SILVA, W.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 years. Genetics and Molecular Research, v. 14, p. 8995-9003, 2015.

SOARES, I. O., BIANCHI, M. C., BRUZI, A. T., GESTEIRA, G. D. S., SILVA, K. B., GUILHERME, S. R., & CIANZIO, S. R. Genetic and phenotypic parameters associated with soybean progenies in a recurrent selection program. Crop Breeding and Applied Biotechnology.2020.

JÚNIOR, D. D. V., BERGAMIN, A. C., DOS REIS VENTUROSO, L., SCHLINDWEIN, J. A., CARON, B. O., & SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. Scientia Agraria, Curitiba, v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008.

VERNETTI, F. J.; JUNIOR, F. J. V. Genética da soja: caracteres quantitativos e diversidade genética. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 221, 2009.

ZANON, A. J., WINCK, J. E. M., STRECK, N. A., ROCHA, T. S. M. D., CERA, J. C., RICHTER, G. L., ... & MARCHESAN, E. Development of soybean cultivars as a function of maturation group and growth type in high lands and in lowlands. Bragantia, n. AHEAD, p. 00-00, 2015.

ZAMBIAZZI, E. V., BRUZI, A. T., GUILHERME, S. R., PEREIRA, D. R., LIMA, J. G., ZUFFO, A. M., & CARVALHO, M. L. M. Estimates of genetics and phenotypics parameters for the yield and quality of soybean seeds. Genetics and Molecular Research, v. 16, n. 3, p. 1-12, 2017.