

THAÍS FERREIRA BICALHO

**INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE SEMEADURA EM CARACTERES  
AGRONÔMICOS, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES  
DE SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Oliveira Nogueira

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

B583i

2018

Bicalho, Thaís Ferreira, 1991

Influência da época de semeadura em caracteres agronômicos, adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja / Thaís Ferreira Bicalho. - 2018.

70 f. : il.

Orientadora: Ana Paula Oliveira Nogueira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.722>

Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Soja - Cultivo - Teses. 3. Soja - Melhoramento genético - Teses. 4. Soja - Semeadura - Teses. I. Nogueira, Ana Paula Oliveira. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

---

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

THAÍS FERREIRA BICALHO

**INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE SEMEADURA EM CARACTERES  
AGRONÔMICOS, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES  
DE SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

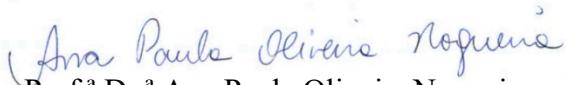
UFU

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Larissa Barbosa de Sousa

UFU

Dr. Paulo Henrique Nardon Felici

Monsanto



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Oliveira Nogueira  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2018

*À minha família e aos amigos*  
**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, por me conduzirem neste caminho, me fortalecendo diante das adversidades e renovando as esperanças.

Aos meus pais, Amilton Cardoso Bicalho e Simone Ferreira Cardoso, por acreditarem nos meus sonhos, apoiarem as minhas decisões e não medirem esforços para meu crescimento pessoal e profissional.

Às minhas irmãs, Silvana Ferreira Bicalho e Ana Clara Ferreira Bicalho, o incentivo e o companheirismo.

Aos meus queridos sobrinhos, Emanuel Amilton Rodrigues Bicalho e Mateus Rodrigues Bicalho, a alegria e a simplicidade.

Aos familiares e amigos, as orações e a torcida.

À Universidade Federal de Uberlândia, a oportunidade de realização do Mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, em especial aos amigos Augusto César de Oliveira Gonzaga, Alexandre Moisés Ericsson de Oliveira e Marlize Cristina Pinheiro Luiz, que estiveram comigo nas aulas e nos momentos de descontração.

À Profª. Drª. Ana Paula Oliveira Nogueira, a orientação, a confiança na realização deste projeto e incentivo para lidar com melhoramento genético de plantas.

Aos membros do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia, a colaboração na condução dos experimentos, desde a semeadura até as avaliações pós-colheita.

Ao Profº. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki, à Profª. Drª. Larissa Barbosa de Sousa e ao Dr. Paulo Henrique Nardon Felici por aceitarem o convite de participar da banca.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a concessão da bolsa de estudos.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse sonho.

A conquista é nossa.

Muito obrigada!!!

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

### **CAPÍTULO 1**

FIGURA 1. Precipitação acumulada a cada dez dias, temperatura máxima e mínima ocorridas durante realização dos ensaios, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG..... 23

### **CAPÍTULO 2**

FIGURA 1. Precipitação acumulada no mês, durante realização dos ensaios, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG..... 43

FIGURA 2. Plotagem dos escores dos dois primeiros componentes principais, quanto à associação entre épocas de semeadura e cultivares, ano agrícola 2016/2017, conforme o modelo AMMI, para a produtividade de grãos de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura (outubro, novembro, dezembro e janeiro)..... 54

FIGURA 3. Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais das quinze cultivares de soja, para a produtividade de grãos em quatro épocas de semeadura (outubro, novembro, dezembro e janeiro)..... 56

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

TABELA 1. Atributos químicos do solo, perfil de 0-0,2 m, ano agrícola 2016/2017, na Fazenda Capim Branco, da UFU, em Uberlândia-MG..... 24

TABELA 2. Caracterização das cultivares, quanto ao grupo de maturidade (GM), ao tipo de crescimento e às informações. .... 24

TABELA 3. Coeficientes de variação (CV) e determinação genotípica ( $H^2$ ) de caracteres agronômicos, componentes de produção e produtividade de grãos de 15 cultivares de soja, avaliados em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG ..... 27

TABELA 4. Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres agronômicos de soja, cultivados em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG ..... 29

TABELA 5. Número de dias entre a emergência e o florescimento (NDF) e a maturidade (NDM) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG ..... 30

TABELA 6. Altura de plantas no florescimento (APF) e na maturidade (APM) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG ..... 31

TABELA 7. Número de nós na haste principal no florescimento (NNF) e maturidade (NNM) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG ..... 32

TABELA 8. Número de sementes por vagem (NSV) e total (NTV) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG ..... 33

TABELA 9. Altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e produtividade de grãos (PROD.), em  $kg\ ha^{-1}$ , de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG. .... 34

## CAPÍTULO 2

TABELA 1. Estimativas de variância, coeficiente de variação e coeficiente de determinação genotípico para a produtividade de grãos, em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017..... 49

TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta para a produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, no ano agrícola 2016/2017 .....50

TABELA 3. Decomposição da interação cultivares por épocas de semeadura (CxE), para a produtividade de grãos, de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, proposto pelo método de Cruz e Castoldi (1991) .....50

TABELA 4. Classificação dos ambientes, de acordo com Eberhart e Russel (1966), para a produtividade de grãos de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017.....51

TABELA 5. Estimativa dos coeficientes  $\beta_{1i}$ ,  $\sigma_{di}^2$  e  $R^2$ , pelo método de Eberhart e Russel (1966), para o estudo de adaptabilidade e estabilidade de quinze cultivares de soja, quanto à produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017 .....52

TABELA 6. Estimativas  $P_i$  para ambiente geral, favorável e desfavorável, para produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 15 cultivares de soja, segundo o método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998). .....53

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	2
2.1 Aspectos botânicos, morfológicos e estádios de desenvolvimento da soja.....	2
2.2 Origem, usos, importância econômica e social da soja.....	3
2.3 Época de semeadura.....	6
2.4 Melhoramento genético e caracteres agronômicos .....	7
2.5 Interação Genótipos por Ambientes.....	9
2.6 Adaptabilidade e Estabilidade.....	10
2. 6. 1 Método Eberhart e Russell (1966) .....	11
2. 6. 2 Método Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998).....	12
2. 6. 3 Método AMMI.....	13
2. 6. 4 Método Centroide .....	14
REFERÊNCIAS.....	14
<b>CAPÍTULO 1: Desempenho produtivo das cultivares de soja em quatro épocas de semeadura, em Uberlândia-MG .....</b>	<b>19</b>
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
1 INTRODUÇÃO .....	22
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4 CONCLUSÃO .....	36
REFERÊNCIAS.....	36
<b>CAPÍTULO 2: Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura.....</b>	<b>39</b>
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
1 INTRODUÇÃO .....	42
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4 CONCLUSÃO .....	54
REFERÊNCIAS.....	57

## RESUMO

BICALHO, THAÍS FERREIRA. **Influência da época de semeadura em caracteres agronômicos, adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja**, 2018, 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

A identificação de cultivares que aliam elevado potencial produtivo, adaptação ampla e estabilidade, para diferentes ambientes, é de notável interesse para melhoristas e produtores. A existência da interação genótipos por ambientes (GxA) dificulta o processo de seleção e recomendação de cultivares. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de épocas de semeadura nos caracteres agronômicos, adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter produtividade de grãos de quinze cultivares de soja, no município de Uberlândia - MG. Os ensaios foram conduzidos na Fazenda Capim Branco (latitude 18°53'19"S, longitude 48°20'57"W), em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições. Foram avaliados dez caracteres agronômicos, sendo eles: número de dias para o florescimento e maturidade, altura de plantas no florescimento e maturidade, número de nós na haste principal no florescimento e na maturidade, altura de inserção da primeira vagem, número total de vagens por planta, número de sementes por vagem e produtividade de grãos, além da adaptabilidade e estabilidade, em quinze cultivares de soja. As avaliações dos caracteres agronômicos foram realizadas na parcela útil, sendo essa formada por duas linhas centrais de planta com 4 m de comprimento e espaçadas de 0,5 m entrelinhas. Os dados obtidos foram submetidos a análises individuais e conjunta, e quando observadas diferenças entre os tratamentos para as características avaliadas, pelo teste F, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott. Verificada interação cultivares por épocas de semeadura, foi realizada a decomposição em partes simples e complexa, proposta pelo método de Cruz e Castoldi (1991). Neste estudo, predominantemente, houve interação do tipo complexa, havendo, então, expressão fenotípica diferencial das cultivares diante das quatro épocas de semeadura. O comportamento foi pormenorizado pelos métodos de adaptabilidade e estabilidade, proposto Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), AMMI e Centroide. Para o estudo de desempenho produtivo, as cultivares que se destacaram foram: TMG 7062 IPRO, NS 6909 IPRO, CD 2737 RR, TMG 2158 IPRO e UFUS 7415, nas quatro épocas de semeadura. Quanto à adaptabilidade e à estabilidade produtiva, a cultivar CD 2737 RR apresentou elevada produtividade de grãos, ampla adaptação e previsibilidade de comportamento, nas quatro épocas de semeadura, nos métodos avaliados. Considerando os métodos de Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), a cultivar NS 6909 RR foi classificada para ambientes favoráveis, enquanto que, por Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) e Centroide, a cultivar que se destacou nessas condições de cultivo, foi UFUS 8301. Para o método AMMI, UFUS 7415, CD 2737 RR e UFUS Milionária são tidas como estáveis e de ampla adaptação.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Desempenho agronômico. Intereração GxA.

<sup>1</sup> Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Oliveira Nogueira – UFU

## ABSTRACT

BICALHO, THAÍS FERREIRA. **Influence of sowing season on agronomic traits, adaptability and stability of soybean cultivars**, 2018, 70 f. Dissertation (Master in Agronomy/ Phytotechnology) – University of Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil.<sup>2</sup>

The identification of cultivars that combine high productive potential, wide adaptation and stability for different environments is of notable interest to breeders and producers. The existence of the genotypes by environments interaction (GxA) hinders the process of selection and recommendation of cultivars. The objective of this research was to evaluate the effect of sowing times on the agronomic traits, adaptability and phenotypic stability for the grain yield character of fifteen soybean cultivars, in the city of Uberlândia - MG. The trials were conducted at Fazenda Capim Branco (latitude 18°53'19 "S, longitude 48°20'57"W), in a randomized complete block design with three replications. Ten agronomic characters were evaluated, being: number of days for flowering and maturity, height of plants at flowering and maturity, number of nodes at main stem at flowering and at maturity, height of first pod insertion, total number of pods per plant, number of seeds per pod and grain yield, besides adaptability and stability, in fifteen soybean cultivars. The evaluations of the agronomic characters were carried out in the useful plot, which was formed by two plant center lines, 4 m long and spaced 0.5 m between rows. The data obtained was submitted to individual and joint analyzes, and when differences between the treatments were observed for the characteristics evaluated by the F test, the means were grouped by the Scott-Knott test. The cultivar interaction was verified by sowing times, the decomposition in simple and complex parts was carried out, proposed by the method of Cruz and Castoldi (1991). In this study, predominantly, there was interaction of the complex type, and there was then differential phenotypic expression of the cultivars before the four sowing seasons. The behavior was detailed by the methods of adaptability and stability proposed by Eberhart and Russel (1966), Lin and Binns (1988), modified by Carneiro (1998), AMMI and Centroide. For the productive performance study, the cultivars that stood out were: TMG 7062 IPRO, NS 6909 IPRO, CD 2737 RR, TMG 2158 IPRO and UFUS 7415, in the four sowing seasons. Regarding the adaptability and productive stability, the cultivar CD 2737 RR presented high grain yield, wide adaptation and predictability of behavior, in the four sowing times, in the evaluated methods. Considering the methods of Eberhart and Russel (1966) and Lin and Binns (1988), modified by Carneiro (1998), the cultivar NS 6909 RR was classified for favorable environments, whereas, by Lin and Binns (1988), modified by Carneiro (1998), and Centroide, the cultivar that emerged under these cultivation conditions was UFUS 8301. For the AMMI method, UFUS 7415, CD 2737 RR and UFUS Millionaria are considered to be stable and widely adapted.

**Keywords:** *Glycine max*. Agronomic performance. GxA interaction.

---

<sup>2</sup>Adviser: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Oliveira Nogueira – UFU

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] tem como centro de origem a região nordeste da China, pertence à família das *Fabaceae*, é uma planta anual, herbácea e autógama. A parte aérea da planta pode ser utilizada como adubo verde, forragem, feno e pastagens; os grãos e o óleo, para alimentação humana, animal, além de ser matéria-prima para produção do biocombustível. Essa diversidade de usos deve-se à composição nutricional, a qual é rica em proteínas, em sais minerais, em óleo e em algumas vitaminas do complexo B (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial dessa leguminosa. A sua expressividade relaciona-se à importância social e econômica, pois a cultura é à base de muitos produtos, o que contribui para a geração de empregos em diferentes segmentos da economia e para a balança comercial favorável. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), na safra de 2016/2017, o complexo soja foi o principal produto exportado, representando 13,72% da exportação brasileira, o equivalente a cerca de US\$ 25,42 bilhões, ficando à frente de produtos, como minérios e combustíveis.

O sucesso da soja brasileira deve-se a diversos fatores, entre eles, o desenvolvimento de tecnologias de produção e o melhoramento genético. A seleção de genótipos de alta produtividade de grãos está entre os principais objetivos dos programas de melhoramento de soja. Diante disso, busca-se a seleção de linhagens e a obtenção de cultivares com resistência genética a pragas e doenças, tolerância a fatores abióticos, e também alto potencial produtivo associado à ampla adaptação e à alta estabilidade em diferentes condições edafoclimáticas (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 2016).

A ocorrência da interação genótipos por ambientes (GxA), isto é, comportamento diferencial dos genótipos diante das oscilações ambientais, dificulta a seleção e a recomendação de cultivares. Considerando a sua existência, são necessários os estudos de adaptabilidade e estabilidade, os quais permitem pormenorizar o comportamento produtivo de cada genótipo (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

Barros et al. (2010) ratificam a importância e a contribuição de estudos dessa natureza para o melhoramento genético de plantas, pois apesar de serem trabalhosos e onerosos para obter respostas, possibilitam exprimir o comportamento dos genótipos diante da diversidade de ambientes.

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de épocas de semeadura nos caracteres agronômicos, adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter produtividade de grãos de quinze cultivares de soja, no município de Uberlândia - MG.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos botânicos, morfológicos e estádios de desenvolvimento da soja

A soja pertence à classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae* (*Leguminosae*), gênero *Glycine* L. e espécie *Glycine max* (L.) Merrill. É uma planta anual, autógama, cleistogâmica (GAZZONI, 2016).

O sistema radicular é do tipo axial fasciculado, com raiz pivotante e raízes secundárias. Nas raízes secundárias, há formação de nódulos ligados à epiderme por filamentos, que são decorrentes da relação simbiótica entre as bactérias fixadoras de nitrogênio (*Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*) e essa leguminosa (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016).

O caule é ereto, herbáceo, pode apresentar pilosidades acinzentadas a marrom. Na sua extremidade, possui inflorescência racemosa axilar e/ou terminal, que, em função da presença e posição, determinam o tipo de crescimento das plantas, o qual é classificado em: determinado, semideterminado e indeterminado (NOGUEIRA et al., 2009).

Há três tipos de folhas, sendo elas: cotiledonares, também denominadas de folhas embrionárias, unifolioladas e trifolioladas, que podem apresentar formatos lanceolada, triangular, oval arredondada, estreita (NEPOMUCENO et al., 2008).

A presença da flor completa, totalmente expandida, em qualquer nó na haste principal, marca o início da fase reprodutiva. A sua coloração pode ser branca ou roxa, de acordo com a constituição genética, possuindo relação com a tonalidade do hipocótilo, caule e pecíolos, assim, caso a flor apresente coloração branca, essas partes da planta serão verdes (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016).

Quanto ao fruto, é do tipo vagem ou legume, apresenta pubescências que variam de cinza claro, cinza escuro, marrom clara, marrom média e marrom escura, de acordo com a presença ou ausência de caroteno ou xantofila e de pigmentos antociânicos (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016).

As sementes apresentam formatos variáveis, sendo esférica, esférica-achatada, alongada ou alongada-achatada. Estudo realizado por Mathias et al. (2017) evidencia que condições bióticas de cultivo das plantas, tais como: temperatura, precipitação, umidade e época de colheita, influenciam na qualidade fisiológica das sementes.

O conhecimento do estádio de desenvolvimento da cultura é de fundamental importância, à medida que permite a identificação das características morfológicas e fisiológicas, em condições favoráveis e adversas, possibilitando a expansão de estratégias, para um manejo mais eficaz (NOGUEIRA et al., 2013).

O ciclo dessa leguminosa é composto por duas fases, sendo o período vegetativo compreendido da emergência da plântula (VE) até o surgimento da primeira flor na haste principal (R1), e a fase reprodutiva de R1 até que 95% das vagens apresentem coloração madura, típica de cada cultivar (FEHR; CAVINESS, 1977).

A duração de cada fase do ciclo sofre influência do potencial genético inerente à cultivar e às condições ambientais, tais como: temperatura, índice pluviométrico, umidade relativa do ar, altitude e comprimento do dia. O principal fator dessa regulação, na soja, é o fotoperíodo, o qual consiste na quantidade de horas de luz incidentes sob a planta. A soja é classificada como sensível ao fotoperíodo, de dia curto, assim, para que ocorra a indução do florescimento, é necessário que o comprimento do dia seja inferior ou igual ao fotoperíodo crítico específico da cultivar (CÂMARA et al., 1997).

O ciclo da cultura, em média, é de 75 a 200 dias, para as cultivares mais precoces e mais tardias, respectivamente. No entanto as cultivares comerciais apresentam ciclo variando entre 100 a 154 dias. A maximização da produção deve-se ao balanço entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo (SEDIYAMA et al., 2015).

## **2.2 Origem, usos, importância econômica e social da soja**

Acredita-se que o provável centro de origem da soja seja a China, devido à diversidade genética encontrada dessa leguminosa. No Brasil, foi introduzida no ano de

1882, na Bahia (latitude 12°S), todavia essa experiência não obteve êxito, pois os genótipos possuíam adaptabilidade restrita às condições do Leste da Ásia (40°N de latitude). A expressividade de produção dessa cultura, no país, foi obtida durante a expansão para o Centro-Oeste. A produção nacional de soja, nessa região, em 1980 representava 14%, equivalente a 2,1 milhões de toneladas; já em 2015; foi de 57,9 milhões de toneladas (DALL'AGNOL, 2016).

Os fatores que contribuíram para o avanço, em poucas décadas, na região Centro-Oeste brasileira, foram as melhorias nas condições de cultivo, tais como: fertilidade do solo; topografia plana; regime pluviométrico, no qual as chuvas são bem distribuídas; desenvolvimento de maquinário agrícola; cultivares melhoradas e adaptadas à região; além dos incentivos fiscais (BEZERRA et al., 2015).

Observa-se versatilidade de produtos à base de soja, no setor alimentício, tanto humano quanto animal, além da produção de biocombustível. Isso se deve à composição nutricional do grão, em média, apresenta cerca de 35% a 40% de proteínas, 30% de carboidratos, 15% a 20% de lipídeos, 5% de minerais e 5% de fibras. Segundo a Conab (2017), em 2016, foram produzidos 30,95 milhões de toneladas de farelo de soja destinados à alimentação humana industrial, de aves, suínos e bovinos.

A sojicultura é atividade agrícola dinâmica, geradora de renda e emprego, e demandando investimentos em inovações constantemente. Isso se deve ao alto grau de competitividade existente no mercado no qual está inserida (FAGUNDES; SIQUEIRA, 2013).

Há estudos científicos que evidenciam o potencial benéfico desse alimento no controle de doenças na saúde humana, tais como: cardiovasculares, osteoporose, câncer, diabetes *mellitus*, obesidade (PEIXOTO et al., 2011). No entanto existem pesquisas que afirmam o aspecto negativo do seu consumo, como disfunções na tireoide (CUNHA et al., 2015).

Quanto à sua utilização nas formulações de rações, o óleo de soja apresenta maior coeficiente de digestibilidade, comparado a outras fontes nutricionais. Essa característica deve-se à proporção de ácidos graxos insaturados e ácido linoleico (BERTECHINI, 2012).

Estudos conduzidos por Martins et al. (2017) verificaram efeito semelhante de dietas de óleo de soja e sebo bovino no desempenho produtivo e qualidade de ovos de poedeiras semipesadas. O subproduto farelo de soja está na constituição das dietas de suínos, de bovinos e de avícolas. É válido ressaltar que, para a inclusão do farelo de soja

na alimentação de monogástricos, faz-se necessário o processamento térmico, a fim de neutralizar os fatores antinutricionais, fornecendo, assim, proteínas e valor energético em quantidade e em qualidade (COSTA et al., 2014).

A produção de biocombustível se refere ao processo de geração de energia por meio de culturas agroenergéticas, de modo a contribuir com a sustentabilidade ambiental, em função da substituição da matriz petrolífera (SANTOS et al., 2017). A exploração da energia renovável teve destaque após o acordo de mudanças climáticas, Protocolo de Kyoto (1997), que propõe o uso de uma matriz energética eficiente e menos poluente, isto é, que contribua para a redução da emissão de gases poluentes, como dióxido de carbono, liberado na queima de combustíveis fósseis.

Sá et al. (2013) avaliaram o balanço energético em sistemas especializados (pastagem contínua, pastagem consorciado à soja), e mistos (interação lavoura/pecuária), em sistema convencional e em plantio direto, nos anos de 1991 a 2010, em Planaltina-DF. De acordo com esses autores, o balanço energético gerado pela soja, produzido por meio da transesterificação industrial, apresenta resultados satisfatórios tanto para sistemas específicos como mistos, independentemente do sistema de preparo do solo.

O agronegócio brasileiro tem como um dos seus pilares o complexo agroindustrial da soja, principalmente, a partir da década de 2000, em que foi responsável por contribuir para balança comercial favorável, já que apresenta a capacidade de gerar empregos, dinamizar a economia, por meio do estímulo da indústria, do comércio e do turismo (CAMPOS; LAGO, 2016).

Estima-se que a área plantada dessa oleaginosa apresente crescimento entre 1470,7 mil e 1536,2 mil hectares. Essa perspectiva relaciona-se aos resultados satisfatórios alcançados na safra 2016/2017, possibilitando melhor competitividade e liquidez, comparada à cultura do milho (CONAB, 2017).

De acordo com as perspectivas agrícolas de 2015-2024 da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2015), a produção de soja no Brasil terá um incremento de 2,6% ao ano, já que, nesse país, é possível a exploração de novas terras, diferentemente da Argentina (2,1% ao ano) e Estados Unidos (1,0% ao ano). Além disso, existem projeções que afirmam que o Brasil irá se tornar o maior produtor e que, em 2026, o Brasil e os Estados Unidos serão responsáveis por cerca de 80% das exportações mundiais.

## 2.3 Época de semeadura

O período no qual é realizada a semeadura da soja torna-se importante para o sucesso da lavoura, pois há variações, tais como: temperatura, umidade, radiação solar, fotoperíodo, precipitação, que causam flutuações no rendimento dos grãos. Há estudos que afirmam que a semeadura tardia pode acarretar perdas na ordem de 30 a 50% na produtividade de grãos, já que as plantas são estimuladas ao florescimento, cessando, assim, o crescimento, além de contribuir para a baixa inserção das primeiras vagens, e, consequentemente, compromete o rendimento da cultura (JIANG et al., 2011).

A escolha da época de semeadura deve estar condicionada à maior probabilidade de condições de temperatura e umidade favoráveis, durante todo o ciclo da cultura. De maneira geral, para a maioria das regiões produtoras brasileiras, excetuando-se as regiões norte e nordeste do país, o período dessas melhores condições é compreendido entre outubro a março, assim os melhores desempenhos produtivos da cultura da soja são obtidos em semeaduras que ocorrem em meados de outubro e novembro, conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011). A época influencia no crescimento, no desenvolvimento da soja e pode comprometer a produtividade de grãos (ZHANG et al., 2010).

De acordo com o histórico das condições hídricas e possíveis impactos nas fases de desenvolvimento da cultura de soja no Brasil, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, há baixa restrição para semeaduras entre os meses de outubro e novembro. É válido ressaltar que a implantação da lavoura depende das condições locais, como também da cultivar escolhida, podendo, assim, ocorrer antes ou posteriormente ao período recomendado (CONAB, 2017).

Observa-se o uso de estratégias para tornar o ambiente mais favorável para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, como a antecipação de semeadura (início de outubro), a fim de obter maiores teores de umidade durante a fase reprodutiva, entretanto há ainda o comprometimento do porte das plantas. Em geral, aquelas realizadas mais tarde, colocam as plantas mais expostas à deficiência hídrica, ao ataque de percevejos, à incidência de ferrugem asiática, além da redução no ciclo e porte das plantas (EMBRAPA, 2011).

Segundo a Conab (2017), o estado de Minas Gerais é o sexto maior produtor de soja no país, merecendo destaque as sub-regiões do Noroeste e do Triângulo Mineiro.

Esse estado foi responsável por cerca de 4,71 milhões de toneladas, na safra 2015/2016, havendo uma expansão de 34,1%, comparada à safra anterior.

Em conformidade com Meotti et al. (2012), são necessários mais estudos regionalizados, a fim de investigar e identificar a influência da época de semeadura no desenvolvimento da cultura, frente às diferenças edafoclimáticas e à diversidade de cultivares no mercado.

## **2.4 Melhoramento genético e caracteres agronômicos**

A soja brasileira possui base genética estreita, ou seja, o germoplasma foi constituído de poucos ancestrais (PRIOLLI et al., 2013; WYSMIERSKI; VELLO, 2013). Entretanto Oda et al. (2015) ratificam que a diversidade genética, nos últimos 40 anos de melhoramento genético da espécie, no mundo, se manteve constante, e que as cultivares obtidas mais recentemente possuem potencial para exploração.

A expressão fenotípica é dada em função do potencial genético das plantas, do manejo e das condições ambientais de cultivo. Nesse contexto, a relação sinérgica entre os avanços do melhoramento genético e melhorias das condições de práticas agrícolas contribuiu para ganho genético no rendimento da cultura (SUHRE et al., 2014).

O incremento médio de produtividade de grãos no Brasil, nas últimas 40 safras, foi cerca de 42 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que na safra de 1976/1977, era na ordem de 1748 ,00 kg ha<sup>-1</sup> e em 2015/2016 de 2870,00 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017). Esses ganhos observados foram decorrentes da obtenção de genótipos adaptados, via melhoramento genético, para as condições edafoclimáticas (TORRES et al., 2014). Estudos científicos têm comprovado que o ganho genético para a produtividade de grãos em soja, no Brasil, é em torno de 2% ao ano (MAURO et al., 2000; TOLEDO et al., 1990).

O melhoramento genético clássico é realizado em etapas, que abrange desde a escolha dos genitores a ensaios de desempenho agronômico. O processo inicia-se com a busca de genitores geneticamente distintos e que possuam caracteres desejáveis, para a realização de hibridações artificiais, de modo a obter descendentes superiores. A população segregante formada é submetida a autofecundações, por várias gerações e, posteriormente, é realizada a seleção conforme o método adotado (NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015).

Os programas de melhoramento genético de plantas buscam selecionar genótipos que apresentem características desejáveis, tais como: resistência genética às pragas e

doenças limitantes, caracteres agronômicos favoráveis e tolerância a estresses abióticos. Assim, observa-se um processo contínuo na busca de genótipos que aliem esses caracteres e, em decorrência, apresentem altas produtividades e estabilidade produtiva, para as diferentes regiões produtoras (EMBRAPA, 2013).

A expansão de cultivo no território brasileiro, principalmente para regiões de baixas latitudes, foi possível devido aos avanços do melhoramento genético de plantas. A soja é uma planta de dia curto, logo, foram necessárias adaptações para semeaduras nessas regiões. Nesse sentido, houve a incorporação de genes responsáveis por tornar as linhagens e/ou cultivares disponíveis no mercado com período juvenil longo. O desenvolvimento dessa estratégia, não indução floral mesmo com estímulos do fotoperíodo, contribuiu para ganhos de altura de plantas, peso de matéria seca e, consequentemente, em produtividade de grãos (DALL'AGNOL, 2016).

Predominantemente, os caracteres agronômicos são de natureza quantitativa, isto é, a expressão fenotípica do caráter é condicionada por vários genes, e é altamente influenciada pelas condições do ambiente. O alto número de genes envolvidos possibilita maior número de combinações possíveis do genótipo, essa condição aliado ao efeito do ambiente dificultam a determinação de possíveis causas da variação (BALDISSERA et al., 2014).

Durante a fase final de desenvolvimento das linhagens, originadas de indivíduos selecionados, são avaliados os atributos agronômicos, como produtividade de grãos, características qualitativas e quantitativas, por meio de ensaios locais e/ou regionais, por vários anos agrícolas. Caso os genótipos sejam comprovadamente superiores, esses são lançados como cultivares (NOGUEIRA; SEDIYAMA; GOMES, 2015).

O Registro Nacional de Cultivares de soja, realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), assegura a produção e a comercialização de sementes de qualidade varietal e identidade genética, determinadas por ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), enquanto que a proteção das cultivares é dada por meio de testes que determinam que o genótipo seja distinto dos demais, até a data da proteção, estável e homogêneo. Esses três critérios para proteção são mensurados por meio da avaliação dos descritores morfológicos, que exprimem o comportamento das cultivares, nos ambientes de cultivo (SILVA et al., 2017).

A recomendação de cultivares para uma determinada região leva em consideração avaliações do desempenho produtivo. Há estudos que evidenciam relações entre os caracteres de soja, tais como: altura de plantas, número de nós na haste

principal, número de vagens, altura de inserção da primeira vagem, com o rendimento da cultura. Essa correlação existente possibilita ao melhorista informações úteis no processo de seleção indireta para o caráter desejado (NOGUEIRA et al., 2012).

## 2.5 Interação Genótipos por Ambientes

A expressão fenotípica é dada em função da constituição genética, do ambiente de cultivo e da relação existente entre ambos. Acredita-se que a interação GxA seja atribuída a aspectos fisiológicos e/ou biológicos de cada cultivar (KANG; GAUCH JÚNIOR, 1996).

Um dos grandes desafios do melhoramento genético de plantas é essa interação GxA, pois o intercâmbio de germoplasma, decorrente do processo de globalização e as mudanças climáticas podem contribuir para eminentes alterações do meio. Dessa forma, conhecer o comportamento de cada genótipo, a fim de identificar aqueles que são mais adaptados e apresentam estabilidade de comportamento a essas novas condições é necessário (LUDKE et al., 2017).

Há diferentes definições acerca da conceituação para “ambiente”. Há autores que defendem a relação com as condições edafoclimáticas de cultivo, nas quais a planta está exposta durante seu desenvolvimento (BORÉM; MIRANDA, 2013). No entanto existem aqueles que o tornam mais abrangente, como de Silva et al. (2011), em que o ambiente é o resultado de componentes biofísicos, como épocas de semeadura e práticas culturais, que são responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da cultura.

A interação GxA pode ser decomposta em partes simples e complexa. A primeira é caracterizada pelos genótipos, que mesmo em condições ambientais diferentes de cultivo, preservam a posição relativa, havendo, assim, apenas diferença na magnitude de resposta. Já a interação do tipo complexa refere-se àquela em que existe alteração na performance/classificação dos genótipos nos diferentes ambientes estudados, dificultando o processo de seleção e recomendação de cultivares (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

O estudo isolado da interação genótipos por ambientes é inconclusivo para recomendação de cultivares, assim, os estudos de adaptabilidade e estabilidade permitem pormenorizar o comportamento de cada genótipo, em diferentes condições, a fim de identificar genótipos de alta estabilidade e ampla adaptabilidade (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Diversos estudos têm sido realizados com intuito de caracterizar o tipo de interação GxA para caracteres agronômicos, e tem-se observado interação do tipo complexa para produtividade de grãos (CANTELLI et al., 2016; CARVALHO et al., 2013; SILVA et al., 2017).

Estudo conduzido por Meotti et al. (2012) avaliou seis cultivares de soja em quatro épocas de semeadura, quanto ao desempenho agronômico, à adaptabilidade e à estabilidade, em São Domingos-SC, anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010. De acordo com esses autores, as semeaduras realizadas em meados de outubro e novembro, para ambos anos, maximizaram o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, a estatura das plantas, o número de ramos, a massa de mil sementes e a produtividade de grãos. Nesse contexto, os autores admitem sobre a necessidade de estudos regionalizados, para avaliar o efeito da época de semeadura no crescimento, desenvolvimento das plantas, diante das condições edafoclimáticas específicas de cada local.

## **2.6 Adaptabilidade e Estabilidade**

A seleção e a recomendação de cultivares é um dos grandes desafios do melhoramento genético de plantas, pois a interação genótipos por ambientes dificulta esses processos. Nesse sentido, estudos de adaptabilidade e estabilidade buscam avaliar a influência dessa interação, empregando o uso de cultivares de alta estabilidade e ampla adaptabilidade (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

A adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos responderem vantajosamente ao estímulo do ambiente. A definição de estabilidade é caracterizada de forma distinta, podendo estar relacionada ao princípio de invariância ou de previsibilidade de comportamento mesmo com as variações ambientais (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

Há vários métodos de estudo de adaptabilidade e estabilidade que se diferenciam pelo princípio estatístico, número de parâmetros, facilidade de interpretação, de modo que todos eles apresentam vantagens e desvantagens.

De acordo com Borém e Miranda (2013), há consenso entre os melhoristas acerca da importância da alta produtividade de grãos e superioridade estável das cultivares, em diferentes condições de ambiente. Contudo existem divergências quanto à escolha dos métodos para quantificar a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica. Nesse sentido, a escolha do método depende do objetivo do pesquisador, da natureza dos dados, do interesse

de informações (ambiente favorável ou desfavorável).

Os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), *Additive Main Effects and Multiplicative Interaction* (AMMI) e Centróide foram referenciados.

## 2. 6. 1 Método Eberhart e Russell (1966)

Este método se baseia no ajuste de regressão linear simples, dado pela média de cada genótipo em cada ambiente em função de um índice ambiental, estimado pela diferença entre a média do ambiente e a média geral de todos os ambientes. Os coeficientes de regressão e os desvios de regressão proporcionam estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, respectivamente.

O genótipo ideal, por esse método, é aquele que possui média alta de produtividade de grãos, coeficiente de regressão igual a uma unidade (adaptabilidade ampla) e desvio de regressão não significativo (estável).

O modelo matemático é dado por:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \delta_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\beta_{0i}$ : média geral do genótipo  $i$ , considerando todos os ambientes;

$\beta_{1i}$ : coeficiente de regressão linear para o genótipo  $i$ ;

$I_j$ : índice ambiental  $j$ ;

$\delta_{ij}$ : desvio de regressão para o genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ : erro experimental médio.

## 2.6.2 Método Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998)

Define que, para classificar um genótipo como adaptável e estável, diante das oscilações do ambiente, é necessário considerar o valor de  $P_i$ . Esse parâmetro, se refere ao quadrado médio da distância entre a média em relação à resposta máxima obtida no ambiente, sendo desejáveis menores valores de  $P_i$ .

O modelo matemático é dado por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

Em que:

$P_i$ : estimativa do parâmetro da estabilidade e adaptabilidade do genótipo  $i$ ;

$X_{ij}$ : produtividade do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;

$M_j$ : resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente  $j$ ;

$n$ : número de ambientes.

O  $P_i$  para ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ):

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (X_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

Em que:

$f$ : é o número de ambientes favoráveis;

$X_{ij}$ : produtividade do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;

$M_j$ : resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente  $j$ .

E para ambientes desfavoráveis ( $P_{id}$ ):

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (X_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

Em que:

$d$ : é o número de ambientes desfavoráveis.

### 2.6.3 Método AMMI

O método AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*) combina efeitos principais (componentes aditivos dos genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para interação GxA. Zobel et al. (1988) ratificam que esse método permite uma análise mais detalhada da interação, estimativas com maior acurácia e facilidade de interpretação gráfica.

O modelo matemático é dado por:

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{c=1}^q \sqrt{\lambda_c} a_{ic} \gamma_{jc} + \delta_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

Em que:

$\bar{Y}_{ij}$ : resposta média da população  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\mu$ : média geral dos ensaios;

$g_i$ : efeito fixo da população  $i$ ;

$a_j$ : efeito fixo do ambiente  $j$ ;

$\lambda_c$ : autovalor do  $c$ -ésimo componente principal relacionado à interação GxA;

$a_{ic}$ : autovalor do  $c$ -ésimo componente principal relacionado ao genótipo  $i$ ;

$\gamma_{jc}$ : autovalor do  $c$ -ésimo componente principal relacionado ao ambiente  $j$ ;

$\delta_{ij}$ : resíduo ou ruído não explicado pelos componentes principais; e

$\bar{e}_{ij}$ : erro experimental médio.

A adaptabilidade e a estabilidade dos genótipos são obtidas por meio da interpretação gráfica, dos dois primeiros componentes principais. Assim, os genótipos e ambientes que se encontram mais próximos à origem do biplot são considerados como mais estáveis; e os genótipos que estão mais afastados da interceptação dos eixos são os que mais contribuem para a interação GxA, de acordo com esse método. Além disso, possibilita inferir que genótipos ou ambientes próximos entre si apresentam padrão de comportamento

similares para a interação GxA e que ambientes e genótipos no mesmo quadrante potencializam o efeito dessa interação.

#### **2.6.4 Método Centroide**

Trata-se de um método não paramétrico, o qual descreve a distância cartesiana da performance dos genótipos em função de ideótipos preestabelecidos, levando em consideração os componentes principais.

As referências estabelecidas são: I- adaptabilidade geral alta (Maxf, Maxd); II- adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Mind); III- adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Minf, Maxd); IV- Pouco adaptado (Minf, Mind); V- adaptabilidade geral alta (Medf, Medd); VI- adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Medd); VII - adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Medf, Maxd).

Esse método permite a classificação dos genótipos em função da variação ambiental, sem depender de vários parâmetros, como os métodos baseados em regressão, além de não ter duplicidade de interpretação, como o método de Lin e Binns (1988).

### **REFERÊNCIAS**

BALDISSERA, J. N. C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Genetics factors related with the inheritance in autogamous plant populations. **Journal of Agroveterinary Sciences**, Lages, v. 13, n. 2, p. 181-189, 2014.

BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max* L.) em Mato Grosso. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 75-88, 2010.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2012.

BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M. M. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 9-26.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Interação genótipo x ambiente. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013, p.131-144.

CÂMARA, G. M. S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO NETO, D.; BERNARDES, M. S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, p. 149-154, 1997.

<https://doi.org/10.1590/S0103-90161997000300017>

CAMPOS, L. F.; LAGO, S. M. S. As ações coletivas sob a forma de cooperativas e a relevância na cadeia produtiva da soja no Paraná. **Revista Economia & Religião**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 61-84, 2016.

CANTELLI, D. A. V.; 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, 2016.

CARVALHO, E. V.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; AFFÉRRI, F. S.; DOTTO, M. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 162-169, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - safra 2016/17** - quarto levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento, v. 4, n. 4, p. 1-160, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**. Companhia Nacional de Abastecimento, v. 5, n. 5, p. 1-111, 2017.

COSTA, E. M. S.; FIGUEIREDO, A. V.; MOREIRA FILHO, M. A.; OST, J. C. Processamento da soja integral na alimentação de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 11, n. 1, 2014.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2014, v. 2, 668p.

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

CUNHA, D. S.; VIANA, J. S.; SILVA, W. M.; SILVA, J. M. Soja para consumo humano: breve abordagem. **Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 2, n. 3, p. 101-113, 2015.

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

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, p. 36-40, 1966.

<https://doi.org/10.2135/cropscl966.0011183X000600010011x>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja: região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2011. 261 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014.** Londrina: EMBRAPA, 2013, p. 266.

FAGUNDES, M. B. B.; SIQUEIRA, R. P. Caracterização do sistema agroindustrial da soja em Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, n. 3, 2013.

*FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. Perspectivas agrícolas 2015- 2024.* [S.I]. 2015, n. 2, p. 54. Disponível em: <[www.agri-outlook.org](http://www.agri-outlook.org)>. Acesso em: 10 out. 2017.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development.** Ames: Iowa State University. 1977.

GAZZONI, D. L. **Soybean and bees.** Londrina: Embrapa Soja, 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153168/1/livro-SOYBEAN- AND-BEES-baixa.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017.

JIANG, Y.; WU, C.; ZHANG, L.; HU, P.; HOU, W.; ZU, W.; HAN, T. Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [Glycine max (L.) Merr] variety. **Plant Science**, v. 180, p. 504-510, 2011.  
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.11.006>

KANG, M. S.; GAUCH JÚNIOR, H.G. Genotype by environment interaction. CRC Press, New York, 1996.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal Plant Science**, v. 68, p.193-198, 1988.  
<https://doi.org/10.4141/cjps88-018>

LUDKE, W. L.; ANDRADE, A. C. B.; VOLPATO, L.; ALMEIDA, D. P.; OLIVIERA, I. C. M.; PAIVA, J. T.; SILVA, M. J.; DEL CONTE, M. V.; SILVA, T. C.; ALMEIDA, V. C.; PINTO, V. B. **Desafios biométricos no melhoramento genético.** Viçosa: GenMelhor, 2017.

MARTINS, R. A.; ASSUNÇÃO, A. S. A.; LIMA, H. J. D.; MARTINS, A. C. S.; SOUZA, L. A. Z. Óleo de soja e sebo bovino na ração de poedeiras semipesadas criadas em regiões de clima quente. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 74, n. 1, p. 51-57, 2017.

MATHIAS, V.; PEREIRA, T.; MANTOVANI, A.; ZÍLIO, M.; MIOTTO, P.; CILEIDE; COELHO, M. M. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 11, n. 3, p. 223- 231, 2017.

MAURO, A. O. D.; OLIVEIRA, R. C.; MARCONDES, A. F.; SEDIYAMA, T. Ganho genético por seleção em linhagens de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 135-144, 2000.

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agronômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100003>

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja**. Embrapa, 2008. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soia>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

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.; (Ed). **Doenças da soja: melhoramento genético e técnica de manejo**. Campinas: Millennium, 2015, p. 159-178.

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

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T. ; OLIVEIRA, R. C. T. ; DESTRO, D. Estádios de desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.) **Tecnologias de Produção de Sementes de Soja**. Londrina: Mecenas, 2013, p. 15-44.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

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**, Londrina, v.1, p. 1-9, 2015.

PEIXOTO, J. C.; FEIJÓ, A. P.; SANTANA, A. B. Benefícios da soja no controle da obesidade. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 12, p. 47-67, 2011.

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.

<https://doi.org/10.1590/S1415-47572013005000034>

SÁ, J. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; MARCHÃO, R. L.; VILELA, L. Balanço energético da produção de grãos, carne e biocombustíveis em sistemas especializados e mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1323-1331, 2013.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X201300100003>

SANTOS, J. J.; GONÇALVES, C. F.; CÔRREA, S. R. S.; ESTIVAL, K. G. S. Parcerias entre Brasil e Estados Unidos na promoção dos biocombustíveis para o desenvolvimento sustentável. **Espacios Publicos**, Quito, n. 49, p.43-62, 2017.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. (Ed.) **Produtividade da soja**. Londrina: Ed. Mecenas, 2016. 310p.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 333p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: **Produtividade da soja**. Viçosa: Editora UFV, 2016. 309p.

SILVA, R. R.; BENIN, G.; SILVA, G. O.; MARCHIORO, V. S.; ALMEIDA, J. L.; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, 2011.

SILVA, F. L.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; LUDKE, W. H. **Soybean Breeding**. Ed. Springer, 2017. 458p.

SILVA, K. B.; BRUZI, A.T.; ZAMBIAZZI, E.V.; SOARES, I.O.; PEREIRA, J. L. A. R.; CARVALHO, M. L. M. Adaptability and stability of soybean cultivars for grain yield and seed quality. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, 2017.

SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; ROWNTREE, S. C.; WILSON, E. W.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P.; CASTEEL, S. N.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; SPECHT, J. E.; DAVIS, V. M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, Gainesville, v. 106, n. 5, p. 1631–1642, 2014.

<https://doi.org/10.2134/agronj14.0003>

TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; MENOSSO, M. G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, p.89-94, 1990.

TORRES, F. E.; SILVA, E. C. E TEODORO, P. E. Desempenho de genótipos de soja nas condições edafoclimáticas do ecótono Cerrado-Pantanal. **Interações**, Campo Grande, v. 15, n. 1, p. 71-78, 2014.

<https://doi.org/10.1590/S1518-70122014000100007>

WYSMIERSKI, P. T.; VELLO, N. A. The genetic base of Brazilian soybean cultivars: evolution over time and breeding implications. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 36, n. 4, p. 547-55, 2013.

<https://doi.org/10.1590/S1415-47572013005000041>

ZHANG, Q. Y.; GAO, Q. L.; HERBERT, S. J.; LI, Y. S.; HASHEMI, A. M. Influence of sowing date on phenological stages, seed growth and marketable yield of four vegetable soybean cultivars in North-eastern USA. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, p. 2556-2562, 2010.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 388-393, 1988.

<https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000030002x>

## **CAPÍTULO 1**

### **DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM QUATRO ÉPOCAS DE SEMEADURA, EM UBERLÂNDIA-MG**

## DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM QUATRO ÉPOCAS DE SEMEADURA, EM UBERLÂNDIA-MG

### RESUMO

No cenário agrícola brasileiro, verificou-se crescimento de produção e exportação de grãos de soja, nas últimas décadas. Há constante busca de informações que possibilitem ganhos de produtividade, aliando redução de custos. A época de semeadura é um fator cultural que influencia no desempenho produtivo das lavouras. A determinação do comportamento agronômico das cultivares, em diferentes épocas de cultivo, é fundamental para recomendação de períodos mais favoráveis, levando em consideração as condições edafoclimáticas locais. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho agronômico e os componentes da produção de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, visando a identificar genótipos mais produtivos e a época de semeadura mais adequada para as condições de Uberlândia-MG. Os ensaios foram conduzidos na Fazenda Experimental Capim Branco (latitude 18°53'19"S, longitude 48° 20'57"W e 843 m de altitude), em Uberlândia-MG. O clima, de acordo com Köppen (1948), é tropical e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. Foram avaliadas 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura (23 de outubro de 2016, 19 de novembro de 2016, 10 de dezembro de 2016 e 14 de janeiro de 2017), quanto ao desempenho agronômico e aos componentes de produção. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, com três repetições, em cada época. Os dados obtidos foram submetidos a análises individuais e conjunta. Por meio da análise de variância conjunta observou-se a existência da interação cultivar por épocas de semeadura (CxE), ao nível de 1 ou 5% de probabilidade pelo teste F, para as características avaliadas. Os melhores desempenhos produtivos das cultivares avaliadas ocorreram na semeadura realizada em outubro/2016. As cultivares TMG 7062 IPRO, NS 6909 IPRO, CD 2737 RR, TMG 2158 IPRO e UFUS 7415 se destacaram quanto ao desempenho agronômico e aos componentes de produção, nas quatro épocas de semeadura.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Componentes de produção. Produtividade de grãos.

## ABSTRACT

In the Brazilian agricultural scenario, soybean production and export growth has been verified in the last decades. There is a constant search for information that enables productivity gains, combining cost reduction. The sowing season is a cultural factor that influences the productive performance of the crops. The determination of the agronomic behavior of the cultivars at different growing seasons is fundamental for recommending more favorable periods, taking into account the local edaphoclimatic conditions. Therefore, the objective of this research was to evaluate the agronomic performance and the components of the production of 15 soybean cultivars, in four sowing seasons, in order to identify more productive genotypes and the sowing season more adequate for the conditions of Uberlândia-MG. The tests were conducted at the Experimental Farm Capim Branco (latitude 18°53'19 "S, longitude 48°20'57"W and 843 m altitude), in Uberlândia-MG. The climate, according to Köppen (1948), is tropical and the soil has been classified as Red Latosol Distrophic. Fifteen soybean cultivars were evaluated in four sowing dates (October 23, 2016, November 19, 2016, December 10, 2016, and January 14, 2017) for agronomic performance and production components. The experimental design was of randomized complete blocks, with three replications, in each season. Data were submitted to individual and joint analyzes. By means of the analysis of joint variance, we observed the existence of the interaction between cultivars by sowing times (CxE), at the level of 1 or 5% of probability by the F test, for the evaluated characteristics. The best productive performance of the cultivars evaluated occurred at the sowing in October / 2016. The cultivars TMG 7062 IPRO, NS 6909 IPRO, CD 2737 RR, TMG 2158 IPRO and UFUS 7415 stood out as regards the agronomic performance and the production components, in the four sowing seasons.

**Keywords:** *Glycine max*. Cultivars production components. Grain yield.

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão da cultura da soja pelo território brasileiro, principalmente para baixas latitudes, deve-se ao avanço nas pesquisas científicas. De acordo com o USDA (2012), o complexo soja brasileiro, no contexto agroindustrial, é responsável por 27,90% da produção mundial e há 40 anos está entre as principais culturas agrícolas exportadas nesse setor.

No Brasil, o crescimento observado de produção e exportação remete a busca de informações que possibilitem ganhos de produtividade, aliada à redução de custos. Diante disso, para que a cultura tenha pleno desenvolvimento, é necessário considerar alguns fatores, tais como: fotoperíodo, temperatura, precipitação e outros. A época de semeadura é um fator cultural que também pode influenciar no desempenho produtivo das lavouras. Assim, a determinação do comportamento agronômico das cultivares, em diferentes épocas de cultivo, é fundamental para a recomendação de períodos mais favoráveis, levando em consideração as condições edafoclimáticas locais (BARBOSA et al., 2013).

A expressão do desempenho produtivo da cultura é influenciada pelo ambiente de cultivo. Há diferentes definições para “ambiente”. De acordo com Borém e Miranda (2013), trata-se das condições edafoclimáticas de cultivo, nas quais a planta está exposta durante o seu desenvolvimento, enquanto que Silva et al. (2011) consideram que é o resultado de componentes biofísicos, tais como: épocas de semeadura e práticas culturais, responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da cultura.

Uma determinada cultivar apresenta altos rendimentos quando possui adequados tratos culturais, requeridos ao longo do ciclo da cultura, características desejáveis e adaptação ao ambiente (FREITAS et al., 2010).

A época de semeadura para a cultura da soja com menor restrição de condições hídricas e impactos nos estádios de desenvolvimento, considerando estudos históricos, para a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, encontra-se, para a maioria das cultivares, entre os meses de outubro e novembro. No entanto há cultivares que são responsivas anteriormente ou depois do período recomendado (CONAB, 2017).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho agronômico e os componentes da produção de quinze cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, visando a identificar genótipos mais produtivos e a época de semeadura mais adequada para as condições de Uberlândia-MG.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na Fazenda Experimental Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia – UFU, localizada no município de Uberlândia - MG (latitude 18°53'19"S, longitude 48°20'57"W, e 843 m de altitude), no ano agrícola 2016/17, em quatro épocas de semeadura.

O clima, segundo a classificação de Köppen (1948), é tropical, com estação seca (*Aw*). Os dados climatológicos locais, durante o período de realização dos experimentos, foram obtidos no Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental da UFU (Figura 1).

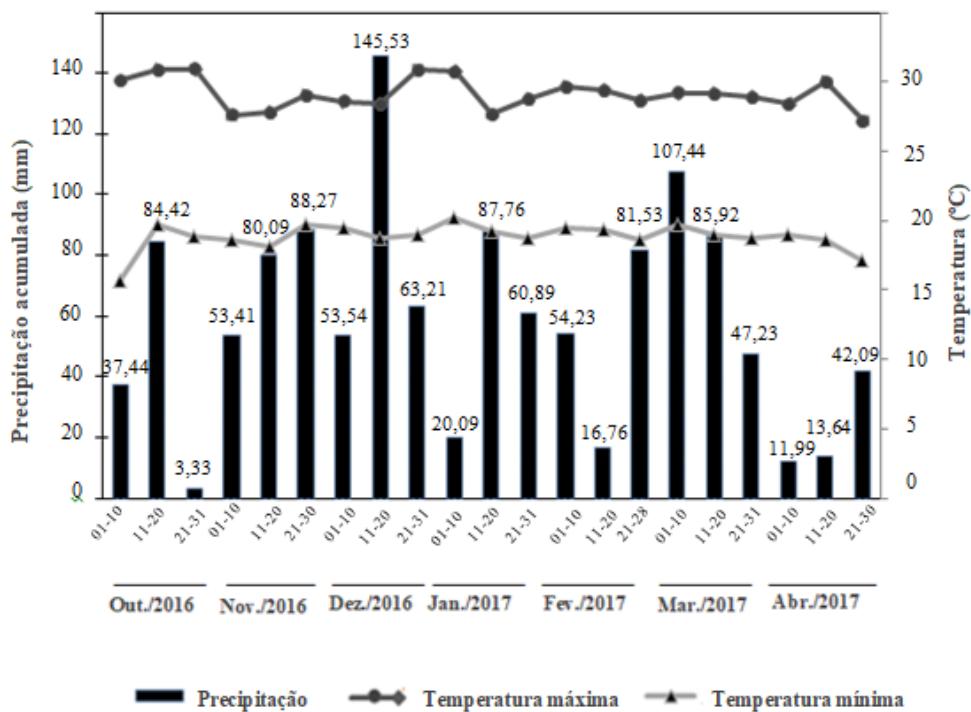


FIGURA 1. Precipitação acumulada a cada dez dias, temperatura máxima e mínima ocorridas durante realização dos ensaios, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG. Fonte: Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental da UFU.

O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, de textura argilosa, sendo que esse foi preparado de maneira convencional, por meio de uma aração e duas gradagens. A adubação foi realizada com o formulado NPK 2-28-18 e sulfato

de zinco, nas doses de 400 kg ha<sup>-1</sup> e 1,2 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, atendendo a interpretação da análise química do solo e à necessidade da cultura (Tabela 1).

TABELA 1. Atributos químicos do solo, perfil de 0-0,2 m, ano agrícola 2016/2017, na Fazenda Capim Branco, da UFU, em Uberlândia-MG

Camada (m)	pH (H <sub>2</sub> O)	P mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>+</sup>	H+Al cmol dm <sup>-3</sup>	SB	t	T	V (%)	M (dag kg <sup>-1</sup> )	MO
0-0,2	5,3	5,0	169	1,4	0,5	0	1,70	2,33	2,33	4,03	58	0	1,5

**P**, **K**= KCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>; **P** disponível (extrator Mehlich<sup>-1</sup>); **Ca**, **Mg**, **Al** (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); **H+Al** (solução tampão – SMP a pH 7,5); **SB** = Soma de Bases; **t** = CTC efetiva; **T** = CTC a pH 7,0; **V** = Saturação por Base.

Foram avaliadas 15 cultivares de soja (Tabela 2), em quatro épocas de semeadura (23 de outubro de 2016, 19 de novembro de 2016, 10 de dezembro de 2016 e 14 de janeiro de 2017), sendo que nove delas foram desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Soja da UFU.

TABELA 2. Caracterização das cultivares, quanto ao grupo de maturidade (GM), ao tipo de crescimento e às informações

Cultivares	GM	Crescimento	Informações
UFUS 6901	7.0	Indeterminado	Superprecoce, resistência a <i>Pratylenchus</i>
UFUS 7415	7.2	Determinado	Resistência parcial a <i>Phakopsora pachyrhizi</i>
UFUS 7401	7.2	Semideterminado	Precocidade, resistência a <i>Pratylenchus</i>
UFUS Xavante	8.2	Determinado	Tolerância à umidade na maturação
UFUS 7910	8.4	Determinado	Estabilidade, tolerância veranicos
TMG 7062 IPRO	6.2	Semideterminado	Resistência a <i>Phakopsora pachyrhizi</i>
CD 2737 RR	7.3	Indeterminado	Resistência nematoide cisto (raças 3 e 14)
BRS 7270 IPRO	7.2	Indeterminado	Precoce, estabilidade produtiva
TMG 2158 IPRO	5.8	Indeterminado	Moderada resistência a <i>Erysiphe difusa</i>
NA 5909 RG	6.9	Indeterminado	Estabilidade produtiva
NS 6909 IPRO	6.3	Indeterminado	Superprecoce, alta produtividade de grãos
UFUS 8301	8.3	Determinado	Resistência a <i>Pratylenchus</i>
UFUS Milionária	8.7	Determinado	Tolerância a veranicos, sanidade
UFUS Impacta	8.7	Determinado	Tolerância a <i>Phakopsora pachyrhizi</i>
UFUS 7801	8.0	Determinado	Resistência a nematoides de galhas

\* Informações retiradas do portfólio de cultivares das empresas obtentoras do material genético.

Em cada experimento, foi adotado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas consistiram em 4 linhas de plantas de soja com 5 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m nas entrelinhas, tendo como área útil as 2 fileiras centrais, com a eliminação de 0,5 m das extremidades.

Anterior às semeaduras, as sementes foram tratadas com fungicida à base de Methylbenzimidazol-2-ylcarbamate e Tetramethylthiuram disulfide e, posteriormente, inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, segundo a recomendação do fabricante. Os tratos culturais necessários foram realizados de acordo com a demanda da cultura e recomendações do Sistema de Produção de Soja para o Brasil Central (EMBRAPA, 2013).

Foi realizado o controle de plantas daninhas por meio de capinas manuais e aplicação dos herbicidas S-Metolacloro na semeadura, e Haloxifope-P-Metílico, após 20 dias da semeadura. Foram intercalados os fungicidas Trifloxistrobina, Protiocoazole; e Fluxapiroxade, Piraclostrobina, na dosagem 0,4 L ha<sup>-1</sup>, para o controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e oídio (*Erysiphe difusa*), os inseticidas com princípio ativo Tiametoxam e Lambda-cialotrina (30 mL em 20 L), Acefato (0,5 kg ha<sup>-1</sup>) Acetamiprido e Alfa-Cipermetrina (0,4 L ha<sup>-1</sup>) para lagarta falsa medideira (*Pseudoplusia includen*), percevejo verde pequeno (*Piezodorus guildinii*) e marrom (*Euschistus heros*).

Na parcela útil foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

- a) Número de dias para o florescimento (NDF): número de dias decorridos da emergência das plântulas até a floração, considerando que mais de 50% da parcela útil possuía pelo menos uma flor aberta na haste principal (R1).
- b) Número de dias para maturidade (NDM): número de dias decorridos da emergência das plântulas até que mais de 50% das plantas da parcela útil estivessem com mais de 95% das vagens com coloração madura, típica de cada cultivar (R8).
- c) Altura da planta no florescimento (APF) e maturidade (APM): distância da superfície do solo até a extremidade da haste principal, dada em centímetros, de cinco plantas aleatórias da parcela para a obtenção de um valor médio, quando as plantas se encontravam no estádio reprodutivo R1 e R8, respectivamente, com o auxílio de régua graduada.
- d) Número de nós no florescimento (NNF) e maturidade (NNM): contagem do número de nós, na haste principal, em cinco plantas aleatórias para a obtenção de um valor médio, quando as plantas se encontravam no estádio reprodutivo R1 e R8, respectivamente.

- e) Altura de inserção da primeira vagem (AIPV): distância entre a superfície do solo até a primeira vagem na haste principal, determinada em cinco plantas aleatórias para obtenção de um valor médio, realizado com o auxílio de régua graduada.
- f) Número total de vagens por planta (NTV): após a colheita, foi obtida a partir da contagem do número de vagens com um, dois e três grãos.
- g) Número de sementes por vagem (NSV): dado pela contagem de sementes cheias nas vargens de soja.
- h) Produtividade de grãos (PROD.): determinada mediante peso dos grãos da parcela útil, obtidos em gramas e extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$ , sendo a umidade corrigida para 13%, de acordo com a equação:

$$\text{PF} = \text{PI} \times \frac{100 - \text{UI}}{100 - \text{UF}}$$

Em que:

PF: Peso final corrigido da amostra;

PI: Peso inicial da amostra;

UI: Umidade inicial da amostra;

UF: Umidade final da amostra (13%).

Os estádios de desenvolvimento da soja foram identificados de acordo com a escala de Fehr; Caviness (1997).

A colheita da área útil foi realizada manualmente e beneficiada por meio de uma trilhadeira de soja. Para a realização das análises individuais, os dados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições, sendo que a casualização foi obtida durante a implantação dos experimentos a campo, a homogeneidade das variâncias foi testada pelo teste de Levene a 5% de probabilidade e a normalidade dos resíduos, pelo teste de Komogorov, a mesma probabilidade. Como se tratava de quatro épocas de semeadura, realizou-se a análise de variância conjunta, atendendo ao princípio da homogeneidade das variâncias residuais. Existindo diferença de pelo menos dois tratamentos, para os caracteres avaliados, pelo teste F, foi realizado o agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$  e  $p<0,01$ ). As análises foram processadas com o auxílio do *software* Genes (CRUZ, 2016).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação (CV), expresso em porcentagem, indica o desvio padrão dos dados em função da média aritmética. Assim, há autores que afirmam se tratar de uma medida de precisão experimental. Nesta pesquisa, os CV oscilaram entre 3,33% para número de dias decorridos da emergência até a maturidade (NDM) a 29,70% para número total de vagens (NTV), nas semeaduras realizadas em outubro/2016. Estudo realizado por Cantelli et al. (2016), com 51 gerações de linhas puras de soja F5 e F6, em Uberlândia-MG, identificou CV de 3,76% para número de dias para a maturidade.

As estimativas de CV mais elevadas neste estudo referem-se aos componentes de produção. Cabe ressaltar que há relatos na literatura de estudos de comportamento de genótipos de soja a campo que se assemelham aos valores encontrados para os mesmos caracteres, como o de Leite et al. (2015), que verificou CV de 74% para número total de vagens (NTV), e Oliveira et al. (2017), de 24,99% para produtividade de grãos (PROD.) (Tabela 3).

TABELA 3. Coeficientes de variação (CV) e determinação genotípica ( $H^2$ ) de caracteres agronômicos, componentes de produção e produtividade de grãos de 15 cultivares de soja, avaliados em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG

Caracteres	Épocas de semeadura							
	23/10/16		19/11/16		10/12/16		14/01/17	
	CV (%)	H <sup>2</sup> (%)	CV (%)	H <sup>2</sup> (%)	CV (%)	H <sup>2</sup> (%)	CV (%)	H <sup>2</sup> (%)
NDF	8,76	97,54	6,02	98,07	6,47	97,43	3,37	99,08
NDM	3,33	98,34	11,85	79,46	8,17	82,62	6,54	88,56
APF	13,77	97,39	13,08	96,31	12,18	96,93	9,43	9,40
APM	10,92	78,71	11,13	93,04	5,65	97,19	11,68	83,75
NNF	9,37	96,17	7,85	94,98	8,52	96,38	7,82	9,00
NNM	5,84	93,71	9,41	86,77	6,27	94,02	9,43	73,98
AIPV	22,21	88,34	20,10	7,26	22,81	6,51	15,54	75,79
NTV	29,70	55,58	26,19	0,0	26,95	61,55	17,09	45,44
NSV	4,76	89,41	3,59	94,41	6,91	88,42	4,82	0,0
PROD.	21,23	59,86	17,66	62,76	22,24	80,57	26,13	80,03

NDF e NDM: número de dias para o florescimento e maturidade, respectivamente; APF e APM: altura da planta no florescimento e maturidade, respectivamente; NNF e NNM: número de nós no florescimento e maturidade, respectivamente; AIPV: altura de inserção da primeira vagem; NTV: número total de vagens; NSV: número de sementes por vagem; PROD.: produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). CV: coeficiente de variação;  $H^2$ : coeficiente de determinação genotípico.

O parâmetro  $H^2$ , denominado coeficiente de determinação genotípico, expressa a proporção da variabilidade fenotípica atribuída a causas genéticas, admitindo-se efeitos fixos de genótipos. É considerada elevada quando maior ou igual a 70% (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Nesse sentido, elevadas estimativas para  $H^2$  foram observadas para número de dias no florescimento (NDF), número de dias para maturidade (NDM), altura de plantas na maturidade (APM), nas quatro épocas avaliadas (Tabela 3). Esses resultados corroboram o estudo de Teixeira et al. (2017), que avaliou doze caracteres agronômicos das cultivares MSOY 6101 e UFUS 7910, em Uberlândia- MG.

Observou-se a existência de variabilidade genética e interação cultivares por épocas de semeadura (CxE), ao nível de 1 ou 5% de probabilidade pelo teste F, evidenciando o comportamento distinto das cultivares, nas quatro épocas de semeadura (Tabela 4). Foram verificados altos  $H^2$  e baixos CV, os quais indicaram variabilidade genética de grande magnitude e precisão dos dados, respectivamente. Silva et al. (2017) também observaram a existência dessa interação, em experimento realizado com 17 cultivares comerciais de soja, nos municípios mineiros de Inconfidentes, Lavras e Patos de Minas.

TABELA 4. Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres agronômicos de soja, cultivados em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG

Fonte de variação	GL	Quadrados médios									
		NDF <sup>+</sup>	NDM <sup>+</sup>	APF <sup>+</sup>	APM	NNF	NNM	AIPV	NTV	NSV	PROD <sup>+</sup>
Bloco/Ambiente	08	4,73	139,42	57,25	221,65	0,87	2,42	11,89	507,26	0,01	2050728,08
Cultivar (C)	14	1280,21 <sup>**</sup>	1848,45 <sup>**</sup>	3463,30 <sup>**</sup>	1248,15 <sup>**</sup>	65,20 <sup>**</sup>	43,98 <sup>**</sup>	65,65 <sup>**</sup>	266,46 <sup>*</sup>	0,25 <sup>**</sup>	2653193,96 <sup>**</sup>
Época de semeadura (E)	03	237,13 <sup>**</sup>	2245,42 <sup>**</sup>	7500,84 <sup>**</sup>	14841,03 <sup>**</sup>	28,88 <sup>**</sup>	106,98 <sup>**</sup>	285,11 <sup>**</sup>	5778,70 <sup>**</sup>	0,95 <sup>**</sup>	100738670,62 <sup>**</sup>
C X E	35	74,54 <sup>**</sup>	160,36 <sup>*</sup>	520,96 <sup>**</sup>	125,77 <sup>**</sup>	3,95 <sup>**</sup>	2,28 <sup>*</sup>	16,48 <sup>**</sup>	194,65 <sup>*</sup>	0,04 <sup>**</sup>	1165293,54 <sup>*</sup>
Resíduo	112	10,36	98,39	47,99	39,88	0,87	1,35	5,68	128,77	0,01	638074,82
CV (%)		7,50	9,79	15,20	10,14	8,45	7,81	21,42	26,98	5,03	27,50
H <sup>2</sup> (%)		99,19	94,68	98,61	96,80	98,67	96,93	91,34	51,67	95,42	75,95

NDF e NDM: número de dias para o florescimento e maturidade, respectivamente; APF e APM: altura da planta no florescimento e maturidade, respectivamente; NNF e NNM: número de nós no florescimento e maturidade, respectivamente; AIPV: altura de inserção da primeira vagem; NTV: número total de vagens; NSV: número de sementes por vagem; PROD.: produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup>: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F; <sup>+</sup> GL resíduo corrigido: NDF: 85; NDM: 74; APF: 84; PROD.: 74. CV: coeficiente de variação. H<sup>2</sup>: coeficiente de determinação genotípico.

O número de dias decorridos da emergência até o florescimento e maturidade das plantas possibilita inferir acerca do ciclo da cultivar. Assim, as cultivares TMG 2158 IPRO, CD 2737 RR, BRS 7270 IPRO, TMG 7062 IPRO, NA 5909 RG, NS 6909 IPRO e UFUS 6901 foram mais precoces, cujos ciclos foram inferiores a 100 dias (Tabela 5). De acordo com Meotti et al. (2012), as cultivares que ficam menos expostas à pressão de fatores abióticos tendem a apresentar menor incidência de doenças foliares e de final de ciclo da cultura. Além disso, a colheita mais cedo, disponibiliza o solo e, por conseguinte, permite sucessão de culturas mais eficiente.

TABELA 5. Número de dias entre a emergência o florescimento (NDF) e a maturidade (NDM) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG

Cultivares	NDF <sup>1</sup>				NDM <sup>1</sup>			
	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17
UFUS 6901	35,67Be	38,33Bb	48,33Ab	32,33Bb	100,33Ab	96,33Ac	100,67Ac	93,67Ab
UFUS 7415	41,00Bd	39,00Bb	51,67Ab	35,67Bb	103,00Ab	94,33Ac	102,67Ac	89,67Ab
UFUS 7401	41,33Bd	37,33Bb	49,00Ab	33,00Cb	105,33Ab	95,33Ac	100,00Ac	88,67Ab
UFUS Xavante	50,67Bc	59,67Aa	53,00Ba	50,33Ba	121,00Aa	126,00Aa	114,00Ab	104,67Aa
UFUS 7910	57,67Ab	57,67Aa	54,00Aa	49,33Ba	126,00Aa	124,33Aa	112,00Bb	100,33Ba
TMG 7062 IPRO	31,33Ae	31,33Ac	34,00Ac	33,33Ab	91,67Ab	83,00Ad	97,00Ac	84,33Ab
CD 2737 RR	30,00Be	38,33Ab	32,67Bc	33,33Bb	97,33Ab	94,33Ac	97,33Ac	92,67Ab
BRS 7270 IPRO	30,00Ae	34,67Ac	30,00Ac	33,00Ab	91,00Ab	82,67Ad	91,00Ac	80,00Ab
TMG 2158 IPRO	27,00Be	34,00Ac	29,00Bc	32,67Ab	90,33Ab	83,67Ad	89,33Ac	74,67Ab
NA 5909 RG	31,33Ae	33,00Ac	33,67Ac	32,67Ab	93,00Ab	79,67Bd	98,00Ac	80,00Bb
NS 6909 IPRO	32,33Ae	38,00Ab	36,67Ac	34,67Ab	99,33Ab	90,00Ac	99,00Ac	89,00Ab
UFUS 8301	65,33Aa	55,33Ba	55,00Ba	49,33Ca	132,67Aa	98,00Bc	129,67Aa	108,67Ba
UFUS Milionária	55,33Ab	58,33Aa	54,00Aa	51,33Aa	130,00Aa	105,67Bd	111,67Bb	104,67Ba
UFUS Impacta	69,67Aa	58,67Ba	57,00Ba	47,33Ca	132,00Aa	116,33Ab	127,00Aa	98,00Ba
UFUS 7801	46,00Bd	55,67Aa	48,67Ba	46,67Ba	121,50Aa	109,67Ab	102,67Ac	103,67Aa

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

A variação na temperatura influencia na duração dos estádios de desenvolvimento das cultivares de soja. Para que haja indução do florescimento das plantas, são necessárias temperaturas superiores a 13°C. Além disso, sabe-se que a faixa ideal de temperatura, para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, situa entre 20°C a 30°C (NOGUEIRA et al., 2013; SEDIYAMA et al., 1996). Nesse sentido, nesta pesquisa, a temperatura teve valores médios entre 19,92°C a 24,62°C, no mês de novembro, período no qual ocorreu o florescimento das plantas de soja, semeadas em outubro/2016 (Figura 1).

Quanto ao número de dias decorridos da emergência até a floração, as cultivares TMG 7062 IPRO, BRS 7270 IPRO, NA 5909 RG, NS 6909 IPRO e UFUS Milionária apresentaram o mesmo comportamento nas quatro épocas de semeadura. Na maturidade, isso também ocorreu, com exceção das cultivares NA 5909 RG e UFUS Milionária. De

maneira geral, notou-se uma tendência de redução do ciclo vegetativo e total das cultivares, nas quatro épocas de semeadura. Meotti et al. (2012) verificaram que as plantas quando semeadas tardeamente estão expostas a temperaturas mais amenas, alteração na quantidade de radiação solar (fotoperíodo) e, por consequência, possuem expressão dos caracteres agronômicos comprometida.

De acordo com Sedyiyama et al. (2016), as plantas de soja devem apresentar altura média na maturidade entre 60 a 120 cm, pois plantas com maior porte favorecem o acamamento e, consequentemente, perdas na colheita mecanizada. Porém Bezerra et al. (2015) afirmam que as cultivares comerciais brasileiras variam de 50 a 90 cm. Diante disso, todas as cultivares semeadas em outubro/2016 apresentaram altura ideal na maturidade, já que, durante o ciclo da cultura, houve condições ideais de temperatura, precipitação total e fotoperíodo (Tabela 6). Silva et al. (2017), em Inconfidentes-MG, verificaram média de altura de plantas na maturidade de 63,30 cm para NA 5909 RG.

TABELA 6. Altura de plantas no florescimento (APF) e na maturidade (APM) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG

Cultivares	APF <sup>1</sup>				APM <sup>1</sup>			
	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17
UFUS 6901	43,19Bd	31,70Cb	67,03Ab	24,93Cb	92,00Aa	63,93Bb	75,67Ba	38,93Cb
UFUS 7415	59,23Ac	37,50Bb	70,00Aa	27,60Bb	85,57Aa	46,27Bc	75,93Aa	38,40Bb
UFUS 7401	54,45Ac	30,78Bb	62,40Ab	23,87Bb	99,67Aa	51,48Cc	71,35Ba	40,13Cb
UFUS Xavante	83,93Ab	59,40Ba	74,43Aa	35,03Ca	89,80Aa	61,20Bb	78,87Aa	37,6Cb
UFUS 7910	95,57Aa	64,87Ba	65,10Bb	34,02Ca	92,80Aa	66,47Bb	76,53Ba	42,33Cb
TMG 7062 IPRO	32,73Ad	23,37Ab	26,95Ac	25,83Ab	75,47Ab	41,93Cc	58,53Bb	41,07Cb
CD 2737 RR	35,67Ad	31,86Ab	30,77Ac	28,00Ab	89,07Aa	55,85Cc	73,80Ba	41,33Db
BRS 7270 IPRO	23,69Ae	27,31Ab	22,69Ac	22,23Ab	67,00Ab	41,40Bc	47,82Bb	32,90Bd
TMG 2158 IPRO	26,03Ae	25,63Ab	25,30Ac	24,51Ab	63,43Ab	38,73Bc	46,07Bb	31,93Bb
NA 5909 RG	32,61Ad	28,15Ab	27,90Ac	26,47Ab	67,97Ab	42,60Bc	49,47Bb	33,93Bb
NS 6909 IPRO	37,38Ad	30,10Ab	35,43Ac	26,03Ab	84,87Aa	47,87Cc	58,53Bb	40,00Cb
UFUS 8301	103,50Aa	62,33Ba	69,97Ba	36,74Ca	95,27Aa	69,60Bb	86,47Aa	55,13Ca
UFUS Milionária	95,47Aa	67,53Ba	79,53Ba	36,84Ca	89,27Aa	75,33Aa	85,93Aa	48,13Ba
UFUS Impacta	97,13Aa	60,73Ba	60,40Bb	35,97Ca	87,13Aa	83,20Aa	76,27Aa	54,00Ba
UFUS 7801	62,70Ac	51,00Aa	63,27Ab	29,59Bb	71,10Ab	51,47Bc	74,53Aa	37,53Cb

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

O número de nós na haste principal apresenta forte correlação positiva com produtividade de grãos, assim, trata-se de importante caráter no melhoramento genético de soja (NOGUEIRA et al., 2012). Existem relatos de que uma planta de soja apresenta alto potencial produtivo quando possui 17 a 18 nós na haste principal (SEDIYAMA et al., 2016). Dessa maneira, as cultivares avaliadas, de maneira geral, apresentaram resultados satisfatórios, quanto a esse caráter, merecendo destaque UFUS Impacta, UFUS 8301 e CD 2737 RR. As cultivares TMG 7062 IPRO, BRS 7270 IPRO, TMG 2158 IPRO, NA 5909 RG, NS 6909 IPRO, levando em consideração apenas o caráter número de nós na haste principal, apresentam restrição, para as épocas de semeadura de novembro, dezembro e janeiro (Tabela 7).

TABELA 7. Número de nós na haste principal no florescimento (NNF) e maturidade (NNM) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG

Cultivares	NDF <sup>1</sup>				NDM <sup>1</sup>			
	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17
UFUS 6901	35,67Be	38,33Bb	48,33Ab	32,33Bb	100,33Ab	96,33Ac	100,67Ac	93,67Ab
UFUS 7415	41,00Bd	39,00Bb	51,67Ab	35,67Bb	103,00Ab	94,33Ac	102,67Ac	89,67Ab
UFUS 7401	41,33Bd	37,33Bb	49,00Ab	33,00Cb	105,33Ab	95,33Ac	100,00Ac	88,67Ab
UFUS Xavante	50,67Bc	59,67Aa	53,00Ba	50,33Ba	121,00Aa	126,00Aa	114,00Ab	104,67Aa
UFUS 7910	57,67Ab	57,67Aa	54,00Aa	49,33Ba	126,00Aa	124,33Aa	112,00Bb	100,33Ba
TMG 7062 IPRO	31,33Ae	31,33Ac	34,00Ac	33,33Ab	91,67Ab	83,00Ad	97,00Ac	84,33Ab
CD 2737 RR	30,00Be	38,33Ab	32,67Bc	33,33Bb	97,33Ab	94,33Ac	97,33Ac	92,67Ab
BRS 7270 IPRO	30,00Ae	34,67Ac	30,00Ac	33,00Ab	91,00Ab	82,67Ad	91,00Ac	80,00Ab
TMG 2158 IPRO	27,00Be	34,00Ac	29,00Bc	32,67Ab	90,33Ab	83,67Ad	89,33Ac	74,67Ab
NA 5909 RG	31,33Ae	33,00Ac	33,67Ac	32,67Ab	93,00Ab	79,67Bd	98,00Ac	80,00Bb
NS 6909 IPRO	32,33Ae	38,00Ab	36,67Ac	34,67Ab	99,33Ab	90,00Ac	99,00Ac	89,00Ab
UFUS 8301	65,33Aa	55,33Ba	55,00Ba	49,33Ca	132,67Aa	98,00Bc	129,67Aa	108,67Ba
UFUS Milionária	55,33Ab	58,33Aa	54,00Aa	51,33Aa	130,00Aa	105,67Bd	111,67Bb	104,67Ba
UFUS Impacta	69,67Aa	58,67Ba	57,00Ba	47,33Ca	132,00Aa	116,33Ab	127,00Aa	98,00Ba
UFUS 7801	46,00Bd	55,67Aa	48,67Bb	46,67Ba	121,5Aa	109,67Ab	102,67Ac	103,67Aa

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

As cultivares UFUS 6901, UFUS 7415 e UFUS 7401, quando cultivadas em dezembro, obtiveram acréscimo de cerca de 10 dias no florescimento das plantas em relação às semeaduras realizadas em outubro/2016 e em novembro/2016 (Tabela 5). Esse retardamento da percepção do fotoperíodo ideal favoreceu maior período vegetativo, contribuindo para ganhos de estaturas das plantas (Tabela 6) e, consequentemente, aumento no número de nós na haste principal dessa leguminosa (Tabela 7). Esse comportamento pode ser decorrente de fatores desconhecidos do ambiente, devido à complexidade da

interação cultivares por épocas de semeadura observada (BORÉM et al., 2017).

O número de vagens produzidas por uma planta de soja é um importante indicativo de produção, já que existem estudos que demonstram correlações de alta magnitude desse caráter com a produtividade de grãos (LEITE et al., 2016; VIANNA et al., 2013). Conforme Sediya (2016), as cultivares nacionais de soja possuem de 30 a 80 vagens por planta, em média. Esse valor de referência também foi constatado nesta pesquisa para a maioria das cultivares (Tabela 8). Torres et al. (2015), avaliando o desempenho agronômico de seis cultivares no Mato Grosso do Sul, no bioma Cerrado, verificaram valores entre 40,9 a 89,65 para número total de vagens por planta.

TABELA 8. Número de sementes por vagem (NSV) e total (NTV) de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG

Cultivares	NSV <sup>1</sup>				NTV <sup>1</sup>			
	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17
UFUS 6901	2,37Aa	2,30Ab	2,20Aa	2,15Aa	47,27Ab	54,32Aa	33,07Aa	31,62Aa
UFUS 7415	2,01Ab	2,11Ac	2,01Ab	2,12Aa	39,93Bb	60,08Aa	29,87Ba	30,88Ba
UFUS 7401	2,20Ab	2,29Ab	2,09Aa	2,11Aa	25,48Ab	44,15Aa	31,97Aa	34,78Aa
UFUS Xavante	2,00Ab	2,15Ac	1,68Bc	2,12Aa	45,93Ab	55,20Aa	35,47Aa	34,81Aa
UFUS 7910	2,27Aa	2,16Ac	1,89Bb	2,14Aa	52,47Aa	48,00Aa	33,47Aa	38,31Aa
TMG 7062 IPRO	2,37Aa	2,16Bc	2,04Bb	2,10Ba	62,53Aa	44,33Aa	43,73Aa	35,82Aa
CD 2737 RR	2,54Aa	2,40Ab	2,03Bb	2,11Ba	62,07Aa	47,70Aa	30,47Ba	34,44Ba
BRS 7270 IPRO	2,46Aa	2,58Aa	2,18Ba	2,11Ba	36,22Bb	56,63Aa	17,67Ba	32,23Ba
TMG 2158 IPRO	2,33Aa	2,37Ab	2,13Aa	2,21Aa	42,38Ab	54,30Aa	23,20Ba	26,32Ba
NA 5909 RG	2,18Ab	2,31Ab	1,91Bb	2,15Aa	39,20Bb	65,40Aa	20,20Ba	28,64Ba
NS 6909 IPRO	2,06Ab	2,01Ad	1,68Bc	2,04Aa	49,60Ab	60,10Aa	32,93Aa	37,03Aa
UFUS 8301	2,09Ab	2,18Ac	1,65Bc	2,11Aa	65,83Aa	56,17Aa	25,87Ba	45,26Aa
UFUS Milionária	2,38Aa	2,29Ab	1,92Bb	2,14Ba	42,50Ab	60,60Aa	35,20Aa	39,29Aa
UFUS Impacta	2,11Ab	1,84Bd	1,56Cc	2,19Aa	57,80Aa	45,30Aa	18,80Ba	37,30Aa
UFUS 7801	1,90Ab	1,90Ad	1,55Bc	2,04Aa	72,40Aa	53,93Ba	38,93Ba	38,01Ba

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

O déficit hídrico em fevereiro/2017, período no qual ocorreu a floração das cultivares semeadas em janeiro, contribuiu para a redução do número de vagens por planta. De acordo com Radin et al. (2017), o escalonamento de épocas de semeadura e/ ou utilização de cultivares com diferentes ciclos são estratégias utilizadas para reduzir esses riscos de estiagem.

Por meio do agrupamento do caráter número de sementes por vagem (NSV), observou-se que, nas épocas novembro/2016 e dezembro/2016, houve a formação de quatro e três grupos, respectivamente. A maior amplitude dos dados foi observada em novembro/2016, período em que teve oscilação de 1,84 a 2,58 sementes por vagem. As cultivares UFUS 6901, UFUS 7415, UFUS 7401 e TMG 2158 IPRO foram responsivas, nas quatro épocas de semeadura, isto é, independentemente do período em que ocorreu a semeadura, apresentaram valores semelhantes.

Segundo Sedyiyama et al. (2016), a distância entre a superfície do solo até a inserção da primeira vagem na haste principal deve situar-se entre 10 a 15 cm, a fim de propiciar melhor regulação da barra de corte da colhedora. As médias desse caráter oscilaram entre 4,93 a 22,17 cm, para NS 6909 IPRO em novembro e UFUS 7401 em outubro/2016, respectivamente (Tabela 9). Apesar da cultivar UFUS 7401 não estar no limite recomendado para AIPV, por esses autores, há ensaios conduzidos por Almeida; Pelúzio e Afférri (2011), em Formoso de Araguaia-TO, em que se verificou média de 17,41 cm para esse caráter.

TABELA 9. Altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e produtividade de grãos (PROD.), em kg ha<sup>-1</sup>, de quinze cultivares de soja, cultivadas em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017, em Uberlândia-MG

Cultivares	AIPV <sup>1</sup>				PROD. <sup>1 +</sup>			
	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17	23/10/16	19/11/16	10/12/16	14/01/17
UFUS 6901	10,73Ac	5,93Ba	14,33Ab	10,47Aa	3918,28Ac	4130,50Aa	3135,00Aa	1188,00Ba
UFUS 7415	12,60Ac	7,87Ba	15,67Ab	9,20Ba	4806,15Ab	3693,32Ba	2736,00Ca	1080,00Da
UFUS 7401	22,17Aa	8,03Ca	14,52Bb	10,80Ca	4748,77Ab	3122,25Bb	2707,50Ba	1104,00Ca
UFUS Xavante	14,07Ab	8,13Ba	12,27Ab	7,67Ba	2988,00Ac	3626,09Aa	1909,50Bb	828,00Ca
UFUS 7910	16,80Ab	11,60Ba	20,53Aa	11,67Ba	3107,13Ac	2754,24Ab	2166,00Ab	1128,00Ba
TMG 7062 IPRO	8,00Ac	7,80Aa	9,73Ab	9,13Aa	5783,53Aa	4017,08Ba	4018,50Ba	1938,00Ca
CD 2737 RR	8,11Ac	6,93Aa	12,33Ab	9,33Aa	5049,89Ab	3943,16Ba	2964,00Ba	876,00Ca
BRS 7270 IPRO	7,96Ac	8,07Aa	12,28Ab	9,30Aa	3526,85Ac	3901,20Aa	1510,50Bb	744,00Ba
TMG 2158 IPRO	8,21Ac	7,47Aa	11,87Ab	11,00Aa	4908,47 Ab	3927,86Aa	2166,00Bb	414,00Ca
NA 5909 RG	8,79Ac	9,80Aa	11,00Ab	8,87Aa	4635,17Ab	4373,66Aa	1966,50Bb	1164,00Ba
NS 6909 IPRO	8,37Ac	4,93Aa	9,93Ab	9,20Aa	5872,72Aa	3829,89Ba	2451,00Ca	1080,00Da
UFUS 8301	14,33Ab	7,13Ba	14,13Ab	13,27Aa	5031,90Ab	4833,05Aa	1624,50Bb	960,00Ba
UFUS Milionária	20,80Aa	8,73Ba	19,33Aa	13,00Ba	4337,62Ab	3526,22Aa	2508,00Ba	1056,00Ca
UFUS Impacta	16,27Ab	11,53Aa	13,27Ab	11,87Aa	3815,37Ac	2375,79Bb	1368,00Cb	750,00Ca
UFUS 7801	11,80Ac	7,60Ba	14,40Ab	6,80Ba	4453,76Ab	3346,97Bb	2793,00Ca	1584,00Da

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 1% e <sup>+</sup> 5% de probabilidade.

Em relação à produtividade de grãos, as cultivares que expressaram o seu potencial na semeadura realizada em outubro foram: NS 6909 IPRO, TMG 7062 IPRO e CD 2737 RR; para novembro, foram: UFUS 8301, NA 5909 RG e UFUS 6901 e dezembro; TMG 7062 IPRO, UFUS 6901 e CD 2737 RR (Tabela 9). As cultivares, quando semeadas em janeiro/2017, apresentaram produtividade de grãos abaixo da média nacional brasileira, que foi 3361,90 kg ha<sup>-1</sup>, para safra 2016/2017 (CONAB, 2017).

A maioria das cultivares, quando semeadas tarde, possui estímulo de indução floral precoce, encurtamento do ciclo vegetativo, redução do porte e, consequentemente, queda de rendimento (SEDIYAMA et al., 2016). Exemplo disso foi a cultivar TMG 7062 IPRO, a qual produziu 5783,53 kg ha<sup>-1</sup>, em outubro/2016 e em janeiro/2017, foi de 1938,00 kg ha<sup>-1</sup>.

A precipitação total, durante o ciclo da cultura, influencia na produtividade agrícola, sendo que dias consecutivos sem chuva podem comprometer o desenvolvimento da cultura. A necessidade de água na cultura da soja varia em torno de 450 a 800 mm por ciclo, a fim de obter a máxima expressão do potencial (EMBRAPA, 2013). As épocas de cultivo desta pesquisa obtiveram precipitação acumulada satisfatória, sendo que a maior disponibilidade desse recurso foi de 652,79 mm de chuva para o ciclo das cultivares semeadas em novembro/2016 (meses de novembro, dezembro e janeiro) e a menor foi em janeiro/2017, de 461,85 mm (meses de janeiro, fevereiro e março).

Embora a precipitação total foi em quantidade suficiente para a cultura da soja, nas quatro épocas de semeadura, notou-se que houve distribuição irregular de chuva, especialmente na semeadura de janeiro, ocorrendo período de estiagem no florescimento e no enchimento de grãos, o que impactou a produtividade de grãos.

Matei et al. (2017) avaliaram o potencial de produção da cultivar NS 6909 IPRO. De acordo com seus estudos, na safra de 2014/2015, em oito localidades, essa cultivar teve altos rendimentos, sendo na ordem de 4654,00 kg ha<sup>-1</sup> em Corbélia-PR e 4665,00 kg ha<sup>-1</sup> em Realeza-PR. O potencial dessa cultivar foi expresso também nesta pesquisa, nas condições edafoclimáticas de Uberlândia-MG, nas quais produziram 5872,72 kg ha<sup>-1</sup>, em outubro/2016 e 3829,89 kg ha<sup>-1</sup>, em novembro/2016.

## 4 CONCLUSÃO

A época de semeadura influenciou na expressão fenotípica dos caracteres agronômicos avaliados, sendo que os melhores desempenhos produtivos das cultivares ocorreram na semeadura realizada em outubro/2016, a qual teve condições propícias, de precipitação, temperatura e fotoperíodo, para o desenvolvimento das plantas de soja, em Uberlândia-MG.

As cultivares TMG 7062 IPRO, NS 6909 IPRO, CD 2737 RR, TMG 2158 IPRO e UFUS 7415 se destacaram quanto ao desempenho agronômico e aos componentes de produção, nas quatro épocas de semeadura. Para semeaduras realizadas em outubro, as cultivares NS 6909 IPRO, TMG 7062 IPRO e CD 2737 RR, para novembro UFUS 8301, NA 5909 RG e UFUS 6901 e dezembro TMG 7062 IPRO, UFUS 6901 e CD 2737 RR foram as que mais se destacaram.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. D. ; PELUZIO, J. M.; AFFÉRRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.  
<https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100014>

BALDISSERA, J. N. DA C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Genetics factors related with the inheritance in autogamous plant populations. **Journal of Agroveterinary Sciences**, Lages, v. 13, n. 2, p. 181-189, 2014.

BARBOSA, M. C.; BRACCINI, A. C.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; PICCININ, G. G.; ZUCARELI, C. Desempenho agronômico e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito caiuá. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 945-960, 2013.

<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p945>

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, G.V. Interação genótipo x ambiente. **Melhoramento de Plantas**. 6. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2013, p.131-144.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHE-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 7. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2017, 543 p.

CANTELLI, D. A. V.; 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, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - safra 2016/17 - quarto levantamento.** Companhia Nacional de Abastecimento, v. 4, n. 4, p. 1-160, 2017.

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.  
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.32629>

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, 2012. 585 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de Produção de Soja:** Região Central do Brasil 2014. Londrina: EMBRAPA, 2013, p. 266.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development.** Ames: Iowa State University. Special Report, 80, Iowa Cooperative Extensive Service, Iowa, 12 p, 1977.

FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T.; BUENO, M. R.; MARQUES, M. C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010.

LEITE, W.S.; PAVAN, B. E.; MATOS FILHO, C. H. A.; FEITOSA, F. S.; OLIVEIRA, C. B. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agronômicos em genótipos de soja. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 4, p. 241-245, 2015.

LEITE, W. S.; PAVAN, B. E.; MATOS FILHO, C. H. A.; ALCANTARA NETO, F.; OLIVEIRA, C. B.; FEITOSA, F. C. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agronômicos em linhagens F8 de soja. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 3, p. 302-310, 2016.

MACHIKOWA, T.; LAOSUWAN, P.; Path coefficient analysis for yield of early maturing soybean. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, Hat Yai, v. 33, p. 365-368, 2011.

MATEI, G.; BENIN, G.; WOYANN, L. G.; DALLÓ, S. C.; MILIOLI, A. S.; ZDZIARSKI, A. D. Agronomic performance of modern soybean cultivars in multi- environment trials. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 7, p.500-511, 2017.  
<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000700004>

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agronômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100003>

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; DESTRO, D. Estadios de desenvolvimento. In: **Tecnologias de Produção de Sementes de Soja.** Londrina: Mecenas, 2013, p. 15-44.

OLIVEIRA, M.M. OLIVEIRA, SOUSA, L.B.; REIS, M.C.; SILVA JUNIOR, E.G.; CARDOSO, D.B.O.; HAMAWAKI, O.T. ; NOGUEIRA, A.P.O. Evaluation of genetic diversity among soybean (*Glycine max*) genotypes using univariate and multivariate analysis. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 16, 2017.

RADIN, B.; SCHÖNHOFEN, A.; TAZZO, I. F. Impacto da quantidade e frequência de chuva no rendimento da soja. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n.1, p.19-26, 2017.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja: I Parte**. Viçosa: UFV, 1996, 96p.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. (Ed.) **Produtividade da soja**. Londrina: Ed. Mecenas, 2016. 310p.

SILVA, R. R.; BENIN, G.; SILVA, G. O.; MARCHIORO, V. S.; ALMEIDA, J. L.; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, 2011.

SILVA, K. B.; BRUZI, A.T.; ZAMBIAZZI, E.V.; SOARES, I.O.; PEREIRA, J. L. A. R.; CARVALHO, M. L. M. Adaptability and stability of soybean cultivars for grain yield and seed quality. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, 2017.

TEIXEIRA, F. G.; HAMAWAKI, O. T.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, R. L. JORGE, G. L.; HAMAWAKI, C. L.; MACHADO, B. Q. V.; SANTANA, A. J. O. Genetic parameters and selection of soybean lines based on selection indexes. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, 2017.

TORRES, F. E.; DAVID, G. V.; TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; CORREA, C. G.; LUZ JÚNIOR, R. A. Desempenho agronómico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 111-117, 2015.

USDA – Foreign Agricultural Services. **Commodities and products: oilseeds**. 2012. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

VIANNA, V. F., et al. The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 30, p. 4162-4169, 2013.

## **CAPÍTULO 2**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM  
QUATRO ÉPOCAS DE SEMEADURA**

## ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM QUATRO ÉPOCAS DE SEMEADURA

### RESUMO

Nas últimas décadas, observou-se a expansão da produção agrícola de soja no Brasil. Esse avanço foi motivado pela busca de ambientes com melhores condições de cultivo, bem como o desenvolvimento de genótipos com ampla adaptação. A diversidade de “ambientes” dificulta o processo de seleção e recomendação de cultivares, pois o potencial produtivo de uma cultivar é dado em função da somatória do efeito genotípico, do ambiente e da interação entre ambos (GxA). Caso haja essa interação GxA, tornam-se necessários estudos regionalizados a fim de pormenorizar o comportamento diferencial das cultivares. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a interação genótipos por ambientes, adaptabilidade e estabilidade fenotípica para produtividade de grãos, de quinze cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, de modo a identificar cultivares que aliam alto potencial produtivo, previsibilidade de comportamento e adaptação às condições edafoclimáticas de Uberlândia-MG. Os ensaios foram conduzidos na Fazenda Experimental Capim Branco (latitude 18°53'19"S, longitude 48° 20'57"W e 843 m de altitude), em Uberlândia-MG. Foram avaliadas 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura (23 de outubro de 2016, 19 de novembro de 2016, 10 de dezembro de 2016 e 14 de janeiro de 2017), quanto à produtividade de grãos. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, com três repetições, em cada época. Os dados obtidos foram submetidos a análises individuais e conjunta. A interação GxA foi decomposta pelo método proposto por Cruz e Castoldi (1991). O comportamento diferencial dos genótipos foi pormenorizado pela adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos métodos de Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), AMMI e Centroide. Por meio da análise de variância conjunta, observou-se a existência da interação cultivares por épocas de semeadura (CxE), para o caráter produtividade de grãos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Quanto à natureza CxE foi predominante complexa. A cultivar CD 2737 RR apresentou resultados satisfatórios para as quatro épocas de semeadura em Uberlândia-MG, com alta produtividade de grãos e previsibilidade de comportamento, pelos métodos avaliados. A cultivar NS 6909 IPRO foi classificada para ambientes favoráveis, pelos métodos de Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998). Considerando Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), e Centroide a cultivar que é classificada também para essa condição de cultivo é UFUS 8301. Já pelo o método de AMMI, UFUS 7415, CD 2737 RR e UFUS Milionária são consideradas como estáveis e de ampla adaptação.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Intereração cultivares x épocas de semeadura. Adaptação e previsibilidade de comportamento.

## ABSTRACT

In recent decades, the expansion of soybean production in Brazil has been observed. This advance was motivated by the search of environments with better cultivation conditions, as well as the development of genotypes with wide adaptation. The diversity of "environments" hinders the process of selection and recommendation of cultivars, since the productive potential of a cultivar is given as a function of the sum of the genotype effect, the environment and the interaction between the latter two ( $G \times E$ ). In the case of this  $G \times E$  interaction, regional studies are necessary in order to detail the differential behavior of the cultivars. Thus, the objective of this research was to evaluate the genotype interaction by environments, adaptability and phenotypic stability for grain yield, of fifteen soybean cultivars, in four sowing seasons, in order to identify cultivars that combine high productive potential, predictability of behavior and adaptation to the edaphoclimatic conditions of Uberlândia-MG. The trials were conducted at the Experimental Farm Capim Branco, in Uberlândia-MG. Fifteen soybean cultivars were evaluated in four sowing seasons (October 23, 2016, November 19, 2016, December 10, 2016 and January 14, 2017), in relation to grain yield. The experimental design was of randomized complete blocks, with three replications, in each season. Data were submitted to individual and joint analyzes. The  $G \times E$  interaction was decomposed by the method proposed by Cruz and Castoldi (1991). The differential behavior of the genotypes was detailed by the adaptability and phenotypic stability by the methods of Eberhart and Russel (1966), Lin and Binns (1988), modified by Carneiro (1998), AMMI and Centroid. By the analysis of joint variance, it was observed the existence of the cultivar interaction by sowing times ( $C \times E$ ), for the grain yield trait, at the 5% probability level by the F test. The  $C \times E$  was predominantly complex in nature. The cultivar CD 2737 RR presented satisfactory results for the four sowing seasons in Uberlândia-MG, with high grain yield and predictability of behavior, by the evaluated methods. The cultivar NS 6909 IPRO was classified into favorable environments by the methods of Eberhart and Russel (1966) and Lin and Binns (1988), modified by Carneiro (1998). Considering Lin and Binns (1988), modified by Carneiro (1998), and Centroid the cultivar that is also classified for this cultivation condition is UFUS 8301. By AMMI, UFUS 7415, CD 2737 RR and UFUS Milionaria are considered stable and adaptation.

**Keywords:** *Glycine max*. Interaction cultivars x sowing times. Grain yield. Adaptation and predictability of behavior.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observou-se, no Brasil, a expansão agrícola de soja, perpassando desde os estados do Rio Grande do Sul a Roraima. Esse avanço foi motivado pelo melhoramento genético de plantas e pela busca de ambientes com melhores condições de cultivo, tais como: fertilidade do solo, regime pluviométrico, topografia (BEZERRA et al., 2015).

O estado de Minas Gerais é proeminente na produção de grãos dessa leguminosa na região Sudeste, merecendo destaque o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Considerando essa mesorregião, o período no qual há baixa restrição, de acordo com o histórico das condições hídricas e possíveis impactos nas fases de desenvolvimento da soja, ocorre entre os meses de outubro e novembro. Todavia, essa recomendação de semeadura pode ser antecipada ou prorrogada, conforme a constituição genética da cultivar (CONAB, 2017).

A expressão do fenótipo de uma dada cultivar é resultado do efeito do genótipo, do ambiente e da interação entre ambos. A interação genótipos por ambientes refere-se ao comportamento diferencial dos genótipos, em relação ao fenótipo com a oscilação ambiental. Assim, fazem-se necessários estudos regionalizados para determinação do desempenho agronômico, a fim de orientar a escolha do período de semeadura adequado e identificar genótipos estáveis e adaptados às condições específicas de cultivo (PACHECO et al., 2017).

Estudos de adaptabilidade e estabilidade permitem pormenorizar o comportamento inconstante em virtude da variação ambiental. A adaptabilidade se refere à capacidade dos genótipos responderem vantajosamente ao estímulo do ambiente, enquanto que a estabilidade pode estar relacionada ao princípio de invariância ou de previsibilidade de comportamento (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014).

Há diferentes definições para o conceito de “ambiente”. Há autores que defendem a relação com as condições edafoclimáticas de cultivo (BORÉM; MIRANDA, 2013) e outros defendem que se trata do resultado de componentes biofísicos, como épocas de semeadura e práticas culturais, responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2011). A época de semeadura da soja influí no sucesso da lavoura, pois existem variações, tais como: temperatura, umidade, radiação solar, fotoperíodo, precipitação, que causam flutuações na produtividade de grãos (JIANG et al., 2011).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a interação genótipos por ambientes, adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter produtividade de grãos, de quinze cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, de modo a identificar cultivares que aliam alto potencial produtivo, previsibilidade de comportamento e adaptação às condições edafoclimáticas de Uberlândia-MG.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na Fazenda Experimental Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia – UFU, localizada no município de Uberlândia - MG (latitude 18° 53'19" S, longitude 48° 20'57" W e 843 m de altitude). O clima, segundo a classificação de Köppen (1948), é tropical, com estação seca (*Aw*). Os dados climatológicos locais, durante o período de realização dos experimentos, foram obtidos no Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental da UFU (Figura 1).

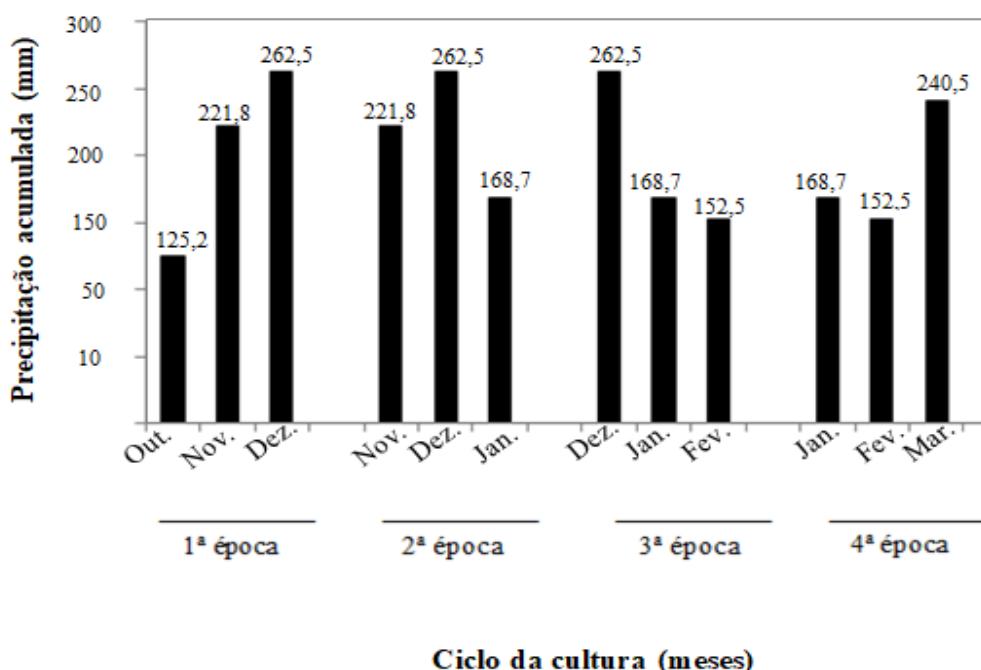


FIGURA 1. Precipitação acumulada no mês, durante realização dos ensaios, ano agrícola 2016/2017, em quatro épocas de semeadura, em Uberlândia-MG. Fonte: Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental da UFU.

As cultivares de soja avaliadas nesta pesquisa foram: UFUS Xavante, UFUS 7910, UFUS 7801, UFUS Impacta, UFUS 8301, UFUS 6901, UFUS 7401, UFUS Milionária, UFUS 7415, BRS 7270 IPRO, TMG 2158 IPRO, TMG 7062 IPRO, CD 2737 RR, NA 5909 RG e NS 6909 IPRO, semeadas manualmente em 23 de outubro de 2016, 19 de novembro de 2016, 10 de dezembro de 2016 e 14 de janeiro de 2017.

O delineamento experimental adotado foi de blocos completos casualizados, com três repetições, em cada época. A unidade experimental foi constituída de quatro linhas de plantas de soja com 5,0 m de comprimento, espaçadas entre si em 0,5 m.

O solo foi preparado por meio de uma aração e duas gradagens, sendo que a última foi efetuada às vésperas do sulcamento e adubação de semeadura. Essa foi realizada utilizando-se o formulado NPK 2-28-18 e sulfato de zinco, nas doses de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

Procedeu-se, anterior às semeaduras, ao tratamento das sementes com o fungicida Methylbenzimidazol-2-ylcarbamate e Tetramethylthiuram disulfide e, posteriormente, essas foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, na proporção de  $7 \times 10^8$  células mL $^{-1}$ . O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação de herbicida S-Metolacloro na semeadura, e Haloxifope-P-Metílico após 20 dias da semeadura, e quando necessário, capinas manuais até o fechamento da cultura.

Foram intercalados os fungicidas Trifloxistrobina, Protoconazole; e Fluxapiroxade, Piraclostrobina, na dosagem  $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ , para controle de ferrugem asiática e oídio, os inseticidas com princípio ativo Tiametoxam e Lambda-cialotrina (30 mL em 20 L), Acefato ( $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) Acetamiprido e Alfa-Cipermetrina ( $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ ), para lagarta falsa medideira (*Pseudoplusia includen*), percevejo verde pequeno (*Piezodorus guildinii*) e marrom (*Euschistus heros*).

A colheita das plantas foi feita manualmente e beneficiada por uma trilhadeira de soja. A produtividade de grãos foi determinada na parcela útil, mediante o peso de grãos beneficiados, o qual teve correção de umidade para 13% e extração para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Realizou-se a análise de variância individual, admitindo-se o efeito fixo de cultivares e épocas de semeadura. Posteriormente, avaliou-se a homogeneidade das variâncias residuais, dada pela razão entre o maior quadrado médio do resíduo e o menor quadrado médio do resíduo, considerando-se o valor limite de 7 (RAMALHO et al., 2012). Como essa razão foi superior a 7, foi realizada a correção dos graus de liberdade.

Para análise conjunta adotou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B/A_{jk} + G_i + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

$\mu$ : média geral;

$G_i$ : efeito do genótipo  $i$ ;

$A_j$ : efeito do ambiente  $j$ ;

$GA_{ij}$ : efeito da interação genótipo por ambiente;

$B/A_{jk}$ : efeito do bloco  $k$  dentro do ambiente  $j$ ;

$\varepsilon_{ijk}$ : erro aleatório.

Uma vez detectada a interação cultivares por épocas de semeadura (CxE), realizou-se a sua decomposição por Cruz e Castoldi (1991), de acordo com o estimador, para parte complexa:

$$C = \sqrt{(1-r)^3} \sqrt{Q_1 Q_2}$$

Em que:

$Q_1$  e  $Q_2$ : Quadrados médios dos genótipos nos ambientes 1 e 2, respectivamente;

$r$ : correlação entre as médias dos genótipos nos dois ambientes.

O comportamento diferencial das cultivares, nas quatro épocas de semeadura, foi pormenorizado pelos métodos de adaptabilidade e estabilidade das cultivares, proposto por Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*) e Centroide.

O método de Eberhart e Russel (1966) baseia-se na regressão linear simples, por meio da qual os eixos são formados pela média de cada genótipo em cada ambiente em função de um índice ambiental. O coeficiente linear de regressão e o desvio de regressão proporcionam estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, respectivamente.

O genótipo ideal, por esse método, é aquele que possui média alta de produtividade de grãos, coeficiente de regressão igual a uma unidade (adaptabilidade ampla) e desvio de regressão não significativo (estável).

O modelo matemático é dado por:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \delta_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\beta_{0i}$ : média geral do genótipo  $i$ , considerando todos os ambientes;

$\beta_{1i}$ : coeficiente de regressão linear para o genótipo  $i$ ;

$I_j$ : índice ambiental  $j$ ;

$\delta_{ij}$ : desvio de regressão para o genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ : erro experimental médio.

O método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), tendo como estimador o valor de  $P_i$ , sendo desejáveis menores valores desse parâmetro.

O modelo matemático é dado por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

Em que:

$P_i$ : estimativa do parâmetro da estabilidade e adaptabilidade do genótipo  $i$ ;

$X_j$ : produtividade do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;

$M_j$ : resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente  $j$ ;

$n$ : número de ambientes.

O  $P_i$  para ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ):

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (X_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

Em que:

$f$ : é o número de ambientes favoráveis;

$X_{ij}$ : produtividade do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;

$M_j$ : resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente  $j$ .

E para ambientes desfavoráveis ( $P_{id}$ ):

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (X_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

Em que:

$d$ : é o número de ambientes desfavoráveis.

O AMMI combina efeitos principais (componentes aditivos dos genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para interação GxA. Por meio da interpretação gráfica, os genótipos e ambientes que se encontram mais próximos à origem do biplot são considerados como mais estáveis; e aqueles que estão mais afastados da interceptação dos eixos contribuem para a interação GxA. Além disso, genótipos ou ambientes próximos entre si apresentam padrão de comportamento similares para a interação GxA e que ambientes e genótipos no mesmo quadrante potencializam o efeito dessa interação.

O modelo matemático é dado por:

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{c=1}^q \sqrt{\lambda_c} \alpha_{ic} \gamma_{jc} + \delta_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

Em que:

$\bar{Y}_{ij}$ : resposta média da população  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\mu$ : média geral dos ensaios;

$g_i$ : efeito fixo da população  $i$ ;

$a_j$ : efeito fixo do ambiente  $j$ ;

$\lambda_c$ : autovalor do  $c$ -ésimo componente principal relacionado à interação GxA;

$\alpha_{ic}$ : autovalor do  $c$ -ésimo componente principal relacionado ao genótipo  $i$ ;

$\gamma_{jc}$ : autovalor do  $c$ -ésimo componente principal relacionado ao ambiente  $j$ ;

$\delta_{ij}$ : resíduo ou ruído não explicado pelos componentes principais; e

$\bar{e}_{ij}$ : erro experimental médio.

O método de Centroide exprime a distância cartesiana da performance dos genótipos em relação aos ideótipos preestabelecidos, em função dos componentes principais. O interessante desse método é que permite a classificação dos genótipos em função da variação ambiental, sem depender de vários parâmetros, como os métodos baseados em regressão, e não há duplicidade de interpretação, como o método de Lin e Binns (1988).

As referências estabelecidas foram: I- adaptabilidade geral alta (Maxf, Maxd); II- adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Mind); III- adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Minf, Maxd); IV- Pouco adaptado (Minf, Mind); V- adaptabilidade geral alta (Medf, Medd); VI- adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Medd); VII - adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Medf, Maxd).

As análises estatísticas e biométricas foram realizadas com o auxílio do Programa Genes (CRUZ, 2016) e o método AMMI, por meio do Programa Estabilidade (FERREIRA, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação (CV) das análises individuais oscilaram de 17,66% a 26,13% para o caráter produtividade de grãos em soja, nas quatro épocas de semeadura (Tabela 1). De acordo com Carvalho et al. (2003), o limite aceitável do CV para essa característica é de até 16%. Todavia os valores encontrados assemelham-se aos verificados por vários estudos conduzidos a campo, com essa leguminosa, os quais apresentaram CV superior a 20% (BATISTA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017; SOUZA et al., 2013; TORRES et al., 2015). É valido ressaltar também, que se trata de uma característica que possui alta influência ambiental e manifestação fenotípica governada por vários genes (BALDISSERA et al., 2014; LEITE et al., 2015).

TABELA 1. Estimativas de variância, coeficiente de variação e coeficiente de determinação genotípico para a produtividade de grãos, em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017

Épocas de semeadura	QMC	QMR	CV(%)	H <sup>2</sup> (%)
Outubro	2239060,19*	898829,14	21,23	59,86
Novembro	1142861,81*	425631,84	17,66	62,76
Dezembro	1467782,16**	285227,39	22,24	80,57
Janeiro	383782,63**	76652,23	26,13	80,03

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste de F; QMC: quadrado médio das cultivares; QMR: quadrado médio do resíduo; CV: coeficiente de variação e H<sup>2</sup>: coeficiente de determinação genotípico.

Por meio da análise de variância conjunta, observou-se a existência da interação cultivares por épocas de semeadura (CxE), para o caráter produtividade de grãos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2). Há relatos dessa interação em vários estudos (RAMOS JÚNIOR et al., 2017; ROMANATO et al., 2016; TESSELE et al., 2016). Verificou-se existência de variabilidade genética para o caráter produtividade de grãos, e também estimativas de H<sup>2</sup> médias a altas (Tabela 2). Esses resultados assemelham-se aos obtidos em outros estudos (SOARES et al., 2017; YOKOMIZO et al., 2013).

TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta para a produtividade de grãos de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, no ano agrícola 2016/2017

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio
Bloco/Ambiente	08	2050728,08
Cultivar (C)	14	2653193,96 <sup>**</sup>
Época de semeadura (E)	03	100738670,62 <sup>**</sup>
Cultivar x Época semeadura (CxE)	31	1165293,54 <sup>*</sup>
Resíduo	74	638074,82
CV (%)	27,50	
H <sup>2</sup> (%)	75,95	

<sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup>: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F; CV: coeficiente de variação; H<sup>2</sup>: coeficiente de determinação genotípico.

Diante da interação significativa, há comportamento diferencial das cultivares frente às épocas de semeadura. Assim, procedeu-se à decomposição da interação CxE em partes simples e complexa, conforme Cruz e Castoldi (1991). A natureza dessa interação foi classificada, predominantemente, como complexa, pois as estimativas de parte complexa foram superiores a 50% (Tabela 3). Diversos estudos têm sido realizados com intuito de caracterizar o tipo de interação GxA para caracteres agronômicos, e tem-se observado interação do tipo complexa para a produtividade de grãos (CANTELLI et al., 2016; CARVALHO et al., 2013; SILVA et al., 2017).

TABELA 3. Decomposição da interação cultivares por épocas de semeadura (CxE), para a produtividade de grãos, de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, proposto pelo método de Cruz e Castoldi (1991)

Épocas de semeadura	C (%)	Classificação
Outubro/2016	Novembro/2016	67,85
Outubro/2016	Dezembro/2016	67,53
Outubro/2016	Janeiro/2017	50,29
Novembro/2016	Dezembro/2016	91,80
Novembro/2016	Janeiro/2017	83,32
Dezembro/2016	Janeiro/2017	28,89

C (%): Parte complexa da decomposição GxA.

O método de Eberhart e Russel (1966) permitiu classificar os ambientes, em favoráveis ou desfavoráveis, por meio da estimativa dos índices ambientais, determinado pela diferença entre a média dos genótipos em cada local com relação à média geral. Índices positivos indicam ambientes favoráveis, e negativos, desfavoráveis.

Nesse sentido, as épocas de semeadura outubro e novembro foram consideradas ambientes que possuem condições favoráveis de cultivo (Tabela 3), corroborando as recomendações da Conab (2017), para a obtenção de altos rendimentos, no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

A semeadura realizada em janeiro foi considerada desfavorável (Tabela 4), pois, apesar de possuir precipitação total recomendada para a cultura da soja, isto é, entre 450 a 800 mm por ciclo (EMBRAPA, 2013), ocorreu distribuição irregular de chuva, principalmente na floração e enchimento dos grãos.

TABELA 4. Classificação dos ambientes, de acordo com Eberhart e Russel (1966), para a produtividade de grãos de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017

Épocas de semeadura	Médias	Índice ( $I_j$ )	Classificação
Outubro	4465,57	1560,53	Favorável
Novembro	3693,42	788,37	Favorável
Dezembro	2401,60	-503,45	Desfavorável
Janeiro	1059,60	-1845,45	Desfavorável

$I_j$ : Índice ambiental.

O estudo de adaptabilidade e estabilidade proposto por Eberhart e Russel (1966) é baseado em regressão linear, cujo parâmetro de adaptabilidade é o  $\beta_{1i}$  e o de estabilidade é  $\sigma^2_{di}$ . De acordo com esse método, o genótipo ideal deve aliar alta produtividade de grãos, estabilidade produtiva ( $\sigma^2_{di}$  não significativo) e ampla adaptação ( $\beta_{1i}=1$ ), frente às variações ambientais. Além disso, cabe ressaltar que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) deve ser superior a 70%, pois essa medida descritiva demonstra quanto o modelo foi capaz de explicar os dados coletados (BANZATTO, KRONKA, 2013).

As cultivares estáveis e com adaptação ampla foram: UFUS 6901, UFUS 7415, UFUS 7401, UFUS Xavante, CD 2737, BRS 7270 IPRO, NA 5909 RG, UFUS Milionária, UFUS Impacta e UFUS 7801, merecendo destaque CD 2737 RR, UFUS 6901 e UFUS 7415 pois apresentaram altas produtividades médias de grãos, sendo na ordem de 3208,26 kg ha<sup>-1</sup>, 3092,94 kg ha<sup>-1</sup> e 3078,87 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 5). Essa classificação para as cultivares UFUS Xavante e UFUS Milionária foi verificada também por Romanato et al. (2016), em estudo com 25 linhas puras de soja, em Campo Alegre-GO.

TABELA 5. Estimativa dos coeficientes  $\beta_{li}$ ,  $\sigma^2_{di}$  e  $R^2$ , pelo método de Eberhart e Russel (1966), para o estudo de adaptabilidade e estabilidade de quinze cultivares de soja, quanto à produtividade de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ), em quatro épocas de semeadura, ano agrícola 2016/2017

Cultivares	Produtividade	$\beta_{li}$	$\sigma^2_{di}$	$R^2$ (%)
UFUS 6901	3092,94	0,83 <sup>ns</sup>	8,44 <sup>ns</sup>	86,67
UFUS 7415	3078,87	1,05 <sup>ns</sup>	100,00 <sup>ns</sup>	98,77
UFUS 7401	2920,63	0,96 <sup>ns</sup>	18,07 <sup>ns</sup>	92,68
UFUS Xavante	2337,90	0,75 <sup>ns</sup>	7,00 <sup>ns</sup>	82,95
UFUS 7910	2288,84	0,57 <sup>**</sup>	100,00 <sup>ns</sup>	98,04
TMG 7062 IPRO	3939,28	0,98 <sup>ns</sup>	3,98 <sup>*</sup>	87,23
CD 2737 RR	3208,26	1,17 <sup>ns</sup>	100,00 <sup>ns</sup>	98,05
BRS 7270 IPRO	2420,64	0,96 <sup>ns</sup>	5,14 <sup>ns</sup>	87,69
TMG 2158 IPRO	2854,08	1,32 <sup>*</sup>	100,00 <sup>ns</sup>	99,99
NA 5909 RG	3034,83	1,12 <sup>ns</sup>	16,31 <sup>ns</sup>	94,19
NS 6909 IPRO	3308,40	1,33 <sup>*</sup>	12,42 <sup>ns</sup>	95,19
UFUS 8301	3112,36	1,35 <sup>**</sup>	1,58 <sup>*</sup>	90,85
UFUS Milionária	2856,96	0,94 <sup>ns</sup>	100,00 <sup>ns</sup>	99,58
UFUS Impacta	2077,29	0,86 <sup>ns</sup>	21,24 <sup>ns</sup>	91,73
UFUS 7801	3044,43	0,78 <sup>ns</sup>	100,00 <sup>ns</sup>	96,38

<sup>ns</sup> Não significativo, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste t; <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.  $\beta_{li}$  – Coeficiente linear de regressão;  $\sigma^2_{di}$  – desvio de regressão;  $R^2$  – coeficiente de determinação.

As cultivares TMG 2158 IPRO e NS 6909 IPRO foram classificadas para condições de cultivo favoráveis, já que apresentaram estabilidade (desvio de regressão não significativo) e coeficiente linear maior que uma unidade ( $\beta_{li}>1$ ). Enquanto que a cultivar UFUS 7910 é responsiva apenas em condição de cultivo desfavorável ( $\beta_{li}<1$ ).

O método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), estima a adaptabilidade e estabilidade por meio do parâmetro  $P_i$ , no qual é determinado pela relação existente do quadrado médio da distância entre a média em função da resposta média máxima obtida no ambiente, sendo desejável menores valores de  $P_i$ .

A cultivar TMG 7062 IPRO apresentou baixos valores de  $P_i$  para ambientes de condições gerais, sendo uma cultivar responsiva também em condições restritas favoráveis e, ou desfavoráveis (Tabela 6). Tessele et al. (2016), em Palotina-PR, utilizando esse mesmo método, também verificou adaptação geral e previsibilidade de comportamento, para essa cultivar, apesar da diversidade ambiental existente entre essas regiões sojicultoras.

TABELA 6. Estimativas  $P_i$  para ambiente geral, favorável e desfavorável, para produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 15 cultivares de soja, segundo o método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998)

Cultivares	Produtividade	Ambientes		
		Geral	Favorável	Desfavorável
UFUS 6901	3092,94	707059,97	1078351,88	335768,06
UFUS 7415	3078,87	602189,90	609137,23	595242,56
UFUS 7401	2920,63	825545,73	1047522,21	603569,25
UFUS Xavante	2337,90	1932290,85	2444586,46	1419995,25
UFUS 7910	2288,84	2007222,68	2992481,30	1021964,06
TMG 7062 IPRO	3939,28	84219,48	168438,96	0,00
CD 2737 RR	3208,26	463596,64	367239,73	559953,56
BRS 7270 IPRO	2420,64	1760891,08	1592857,16	1928925,00
TMG 2158 IPRO	2854,08	937934,10	437285,14	1438583,06
NA 5909 RG	3034,83	819041,85	435638,70	1202445,00
NS 6909 IPRO	3308,40	524942,11	251579,15	798305,06
UFUS 8301	3112,36	924336,58	176743,17	1671930,00
UFUS Milionária	2856,96	890482,58	1016081,61	764883,56
UFUS Impacta	2077,29	2338411,37	2567699,17	2109123,56
UFUS 7801	3044,43	731129,75	1055467,95	406791,56

Ainda pelo método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), as cultivares TMG 7062 IPRO, UFUS 8301, NS 6909 IPRO, CD 2737 RR se destacaram para condições favoráveis. A classificação de NS 6909 IPRO reforça o resultado já apresentado pelo método de Eberhart e Russel (1966), neste estudo. Segundo Polizel et al. (2013), métodos concordantes e complementares aumentam a confiabilidade da recomendação de cultivares de soja, pois obtiveram resultados semelhantes, apesar de considerarem parâmetros de natureza biométrica diferentes.

O ambiente classificado como “desfavorável” é aquele que pode apresentar fatores que comprometam o desenvolvimento fenológico das plantas, tais como: incidência de doenças, pragas, distribuição pluviométrica irregular (BORÉM, 2005). As cultivares TMG 7062 IPRO, UFUS 6901 e UFUS 7801, quando cultivadas sob essas situações, apresentam estabilidade produtiva, ou seja, são produtivas até mesmo nessas condições adversas.

O método AMMI em estudos de adaptabilidade e estabilidade tem sido empregado em diversos estudos (MEOTTI et al., 2012; YOKOMIZO et al., 2013) e apresenta como vantagem a fácil interpretação. No entanto seu uso requer que exista retida, nos primeiros componentes, alta proporção da variabilidade fenotípica. Nesta

pesquisa, os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por 94,89% da variância total das variáveis originais. Os escores obtidos na análise discriminante dos componentes principais estão representados na Figura 2. Estudo realizado por Meotti et al. (2012), com seis cultivares de soja semeadas em quatro épocas, em São Domingos- SC, obteve 85% e 94% para os dois primeiros componentes principais, nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010, respectivamente.

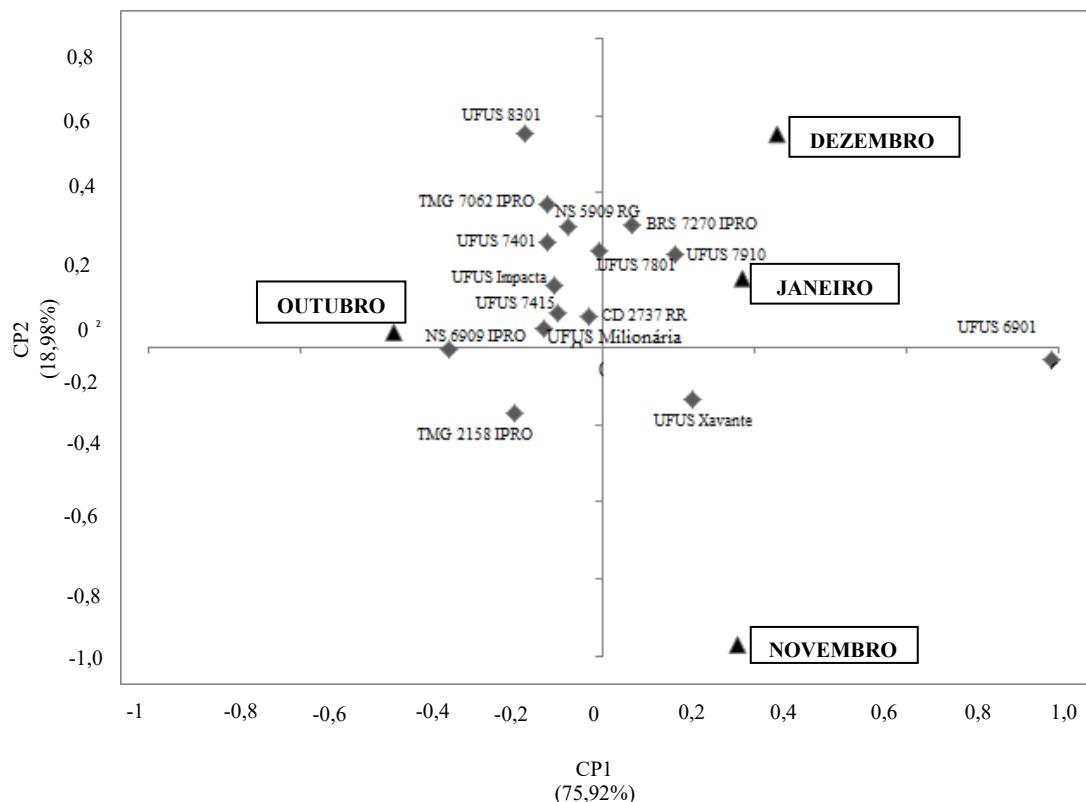


FIGURA 2. Plotagem dos escores dos dois primeiros componentes principais, quanto à associação entre épocas de semeadura e cultivares, ano agrícola 2016/2017, conforme o modelo AMMI, para a produtividade de grãos de 15 cultivares de soja, em quatro épocas de semeadura (outubro, novembro, dezembro e janeiro). CP1: componente principal 1; CP2: componente principal 2.

A interpretação do AMMI possibilita identificar a magnitude e o sinal dos escores de genótipos e ambientes para o eixo da interação GxA, sendo que escores mais próximos à origem possuem menor contribuição para essa interação, isto é, são genótipos mais estáveis. Além disso, para fins de recomendação, é necessário considerar também a performance desejável, principalmente, a produtividade de grãos

(DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Assim, as cultivares que se destacaram, aliando a produtividade de grãos e a estabilidade foram: CD 2737 RR, UFUS Milionária, UFUS 7415.

De acordo com Ramalho et al. (2012), ambientes que apresentam escores mais próximos entre si, na dispersão gráfica, pertencem ao mesmo grupo. Essa semelhança de condições de cultivo pode ser observada em dezembro/2016 e janeiro/2017. Verificou-se que a maioria das cultivares apresentou estabilidade de produção, quando semeadas em outubro/2017.

A precipitação total foi em quantidade suficiente para a cultura da soja, isto é, entre 450 a 800 mm (EMBRAPA, 2013). No entanto houve má distribuição da chuva nos meses de fevereiro e março (Figura 1), período no qual ocorreu o florescimento e o enchimento de grãos, por conseguinte, comprometeu a produtividade de grãos para a semeadura realizada em janeiro.

O Centroide consiste na projeção da performance das cultivares em relação a padrões ideais (ideótipos), no plano cartesiano. Por essa metodologia, constatou-se que 60% dos genótipos apresentaram adaptabilidade geral alta, sendo assim, as cultivares UFUS 6901, UFUS 7415, CD 2737 RR, BRS 7270 IPRO, TMG 2158 IPRO, NA 5909 RG, UFUS Milionária, UFUS 7801 e UFUS 7401 pertencentes à classe V (Medf, Medd) e TMG 7062 IPRO, com essa mesma classificação, mas projetado na classe I (Maxf, Maxd) (Figura 2). Essa predominância de genótipos com essa classificação também foi observada por Barros et al. (2010).

Esse método de estudo de adaptabilidade e estabilidade considerou que as cultivares UFUS Xavante, UFUS 7910 e UFUS Milionária são pouco adaptadas às quatro épocas de semeadura, na cidade de Uberlândia-MG. A proporção de 20% também foi observada em experimento realizado no estado de Tocantins, por Pelúzio et al. (2010).

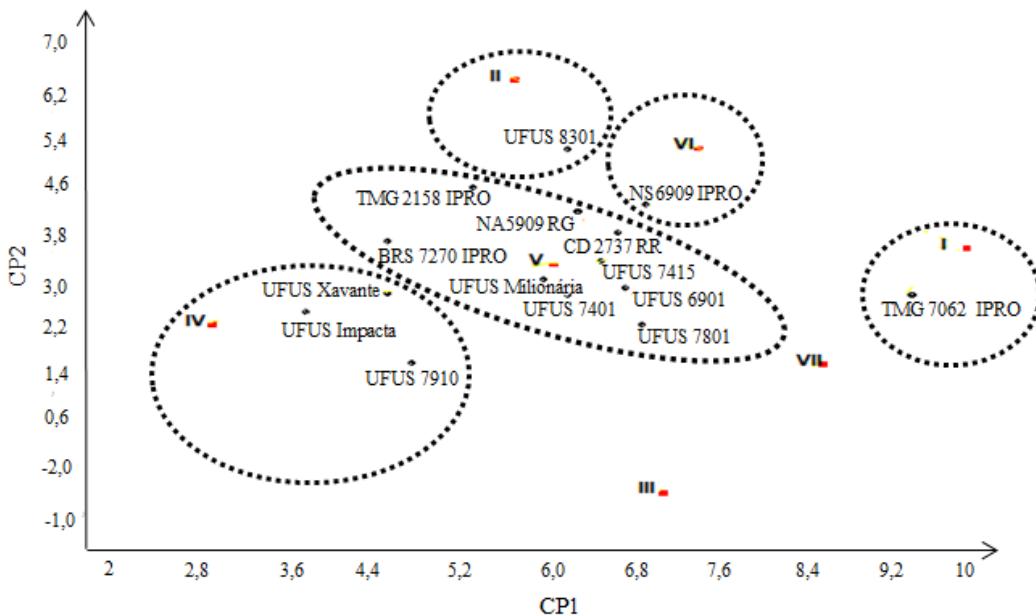


FIGURA 3. Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais das quinze cultivares de soja, para a produtividade de grãos em quatro épocas de semeadura (outubro, novembro, dezembro e janeiro). Os pontos numerados com algarismos romanos representam os ideótipos, sendo I: adaptabilidade geral alta (Maxf, Maxd); II: adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Mind); III: adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Minf, Maxd); IV: pouco adaptado (Minf, Mind); V: adaptabilidade geral alta (Medf, Medd); VI: adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Medd); VII: Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Medf, Maxd). CP1: componente principal 1; CP2: componente principal 2.

Ao realizar a análise concomitante de todos os métodos, é possível inferir, com maior confiabilidade, que a cultivar CD 2737 RR apresentou alta produtividade de grãos, ampla adaptação, isto é, foi responsiva nas quatro épocas de semeadura, e teve previsibilidade de comportamento produtivo. Pelo método de Eberhart e Russel (1966) e o método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), a cultivar NS 6909 IPRO foi classificada para ambientes favoráveis. Considerando Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) e Centroide, UFUS 8301 também foi considerada para condições favoráveis de cultivo. Já pelo método AMMI, as cultivares que se destacaram com ampla adaptação foram CD 2737 RR, UFUS Milionária e UFUS 7415.

## 4 CONCLUSÃO

A interação cultivares por épocas de semeadura foi predominantemente complexa, isto é, as cultivares possuíram comportamento diferencial nas diferentes épocas.

A cultivar CD 2737 RR apresentou resultados satisfatórios para as quatro épocas de semeadura em Uberlândia-MG, com altas produtividades de grãos e previsibilidade de comportamento, pelos métodos avaliados. Para ambientes favoráveis, considerando os métodos de Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), a cultivar NS 6909 IPRO foi assim classificada, enquanto que, para essas condições de cultivo, por Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), e Centroide, foi UFUS 8301. Para o AMMI, UFUS 7415, CD 2737 RR e UFUS Milionária são consideradas como estáveis e de ampla adaptação.

## REFERÊNCIAS

BALDISSERA, J. N. DA C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Genetics factors related with the inheritance in autogamous plant populations. **Journal of Agroveterinary Sciences**, Lages, v. 13, n. 2, p. 181-189, 2014.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep. 2013. 237p.

BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; TEXEIRA, R.C.; FIDELIS, R.R.; CRUZ, CD.; REIS, M.S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 359-366, 2010.

BATISTA, R. O.; HAMAWAKI, R. L.; SOUSA, L. B.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, O. T. Adaptability and stability of soybean genotypes in off-season cultivation. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 14, 2015.

BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M. M. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 9-26.

BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 553-604.

CANTELLI, D. A. V.; 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, 2016.

CARVALHO, C.G.P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F.; HIROMOTO, D. M.; TAKEDA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 187-193, 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000200004>

CARVALHO, E. V.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; AFFÉRRI, F. S.; DOTTO, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 162-169, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - safra 2016/17 - quarto levantamento**. Companhia Nacional de Abastecimento, v. 4, n. 4, p. 1-160, 2017.

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.  
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.32629>

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, v. 2, 2014, 668p.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, p. 422-430, 1991.

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução à análise “AMMI”. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999, 60p.

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, p. 36-40, 1966.

<https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>

FERREIRA, D. F. **Programa Estabilidade**. 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufba.br/~danielff/programas/estabilidade.html>>. Acesso em: 02 de nov. de 2017.

JIANG, Y.; WU, C.; ZHANG, L.; HU, P.; HOU, W.; ZU, W.; HAN, T. Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [Glycine max (L.) Merr.] variety. **Plant Science**, v. 180, p. 504-510, 2011.  
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.11.006>

LEITE, W.S.; PAVAN, B. E.; MATOS FILHO, C. H. A.; FEITOSA, F. S.; OLIVEIRA, C. B. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agronômicos em genótipos de soja. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 4, p. 241-245, 2015.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal Plant Science**, v. 68, p.193-198, 1988.  
<https://doi.org/10.4141/cjps88-018>

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agronômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100003>

OLIVEIRA, M.M. OLIVEIRA, SOUSA, L.B.; REIS, M.C.; SILVA JUNIOR, E.G.; CARDOSO, D.B.O.; HAMAWAKI, O.T. ; NOGUEIRA, A.P.O. Evaluation of genetic diversity among soybean (*Glycine max*) genotypes using univariate and multivariate analysis. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 16, 2017.

PACHECO, R. M.; DUARTE, J. B.; BRANQUINHO, R. G.; SOUZA, P. I. D. M. Environmental stratifications for soybean cultivar recommendation and its consistency over time. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 16, 2017.

PELUZIO, J. M.; AFFÉRRRI, F.; MONTEIRO, F. J. F.; MELO, A. V.; PIMENTA, R. S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em várzea irrigada no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 41, p. 427-434, 2010.

<https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300015>

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 910-920, 2013.

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

RAMOS JUNIOR, E.U.; Brogin, R.L.; Godinho, V.P.C.; Botelho, F.J.E.; Tardin, F.D.; Teodoro, P.E. Identification of soybean genotypes with high stability for the Brazilian macro-region 402 via biplot analysis. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 16, 2017.

ROMANATO, F. N.; HAMAWAKI, O. T; SOUSA, L. B.; NOGUEIRA, A. P. O; CARVALHO NETO, P.; BORGES, C. C R.; HAMAWAKI, C. D. L; HAMAWAKI, R. L. Parametric and non-parametric analysis for determining the adaptability and stability of soybean genotypes in three sowing periods. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 3, p. 574-580, 2016.

<https://doi.org/10.14393/BJ-v32n3a2016-26078>

SILVA, R. R.; BENIN, G.; SILVA, G. O.; MARCHIORO, V. S.; ALMEIDA, J. L.; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, 2011.

SILVA, K. B.; BRUZI, A.T.; ZAMBIAZZI, E.V.; SOARES, I.O.; PEREIRA, J. L. A. R.; CARVALHO, M. L. M. Adaptability and stability of soybean cultivars for grain yield and seed quality. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, 2017.

SOARES, I. O.; BRUZI, A. T.; ZAMBIAZZI, E. V.; GUILHERME S. R.; BIANCHI, C.; SILVA, FRONZA, V.; TEIXEIRA, C. M. Stability and adaptability of soybean cultivars in Minas Gerais. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 16, 2017.

SOUZA, C.A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

TESSELE, A.; MISSIO, R. F.; LORENZETTI, J. B.; TRENTINI, J. C. B.; FURTADO, R. C. N.; MORENO, G. Adaptability and stability of soybean cultivars under different times of sowing in southern Brazil. **Journal of Plant Sciences**, v. 4, n. 2, 2016.

TORRES, F. E.; DAVID, G. V.; TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; CORREA, C. G.; LUZ JÚNIOR, R. A. Desempenho agronómico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 111-117, 2015.

YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A.; UNFRIED, J. R. Análise AMMI da produtividade de grãos em linhagens de soja selecionadas para resistência à ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p.1376-1384, 2013.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000009>