

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ**

MARCOS EDUARDO RODRIGUES DUTRA

**PERFORMANCE DE GENÓTIPOS DE SOJA EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

**URUTAÍ - GOIÁS
2025**

MARCOS EDUARDO RODRIGUES DUTRA

**PERFORMANCE DE GENÓTIPOS DE SOJA EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano
Campus Urutaí como parte das exigências do
Curso de Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de
Azevedo Pereira.

URUTAÍ - GOIÁS
2025

MARCOS EDUARDO RODRIGUES DUTRA

**PERFORMANCE DE GENÓTIPOS DE SOJA EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

Monografia apresentada ao IF
Goiano Campus Urutaí como parte
das exigências do Curso de
Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Aprovada em 22 de dezembro de 2025



Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Orientador e Presidente da Banca Examinadora)
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.



Prof.ª Dr.ª Carmen Rosa da Silva Curvêlo
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Dr. João Batista Coelho Sobrinho
Bolsista Pós-Doc
Centro de Excelência em Bioinsumos
CEBIO

URUTAÍ - GOIÁS
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

R696 Rodrigues Dutra, Marcos Eduardo
 PERFORMANCE DE GENÓTIPOS DE SOJA EM FUNÇÃO
 DA DENSIDADE DE SEMEADURA / Marcos Eduardo
 Rodrigues Dutra. Urutai 2025.

 28f. il.

 Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira.
 Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0120024 -
 Bacharelado em Agronomia - Urutai (Campus Urutai).
 I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

MARCOS EDUARDO RODRIGUES DUTRA

Matrícula:

2018201200240069

Título do trabalho:

PERFORMANCE DE GENÓTIPOS DE SOJA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE SEMEADURA

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 31 / 01 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, Goiás

Local

13 / 01 / 2026

Data

Marcos Eduardo R. Dutra

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura

Assinatura do(a) orientador(a)

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO**

Campus Urutai - Código INEP: 52063909

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, CEP 75790-000, Urutai (GO)

CNPJ: 10.651.417/0002-59 - Telefone: (64) 3465-1900

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **Performance de genótipos de soja em função da densidade de semeadura**, sob orientação de Alexandre Igor de Azevedo Pereira, apresentada pelo aluno **Marcos Eduardo Rodrigues Dutra (2018201200240069)** do Curso **Bacharelado em Agronomia (Campus Urutai)**. Os trabalhos foram iniciados às 11:00 pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Alexandre Igor de Azevedo Pereira** (Presidente)
- **Carmen Rosa da Silva Curvelo** (Examinadora Interna)
- **João Batista Coelho Sobrinho** (Examinador Externo)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[x] Aprovado

[] Reprovado

Nota (quando exigido): 9,0

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Alexandre Igor de Azevedo Pereira** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Carmen Rosa da Silva Curvelo

URUTAI / GO, 22 de dezembro de 2025.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

João Batista Coelho Sobrinho

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e família, que me apoiaram e me deram suporte no decorrer do curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder saúde e força para superar os desafios enfrentados. Meu reconhecimento vai também para meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, pelo apoio nas correções e pelos incentivos recebidos. Ao IF Goiano pelo suporte institucional e acadêmico que foi crucial durante o meu percurso. A todos professores pelos valiosos ensinamentos compartilhados. A minha família pelo amor, apoio e encorajamento incondicional; sem vocês, esta conquista não teria sido possível. Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

PERFORMANCE DE GENÓTIPOS DE SOJA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE SEMEADURA

Marcos Eduardo Rodrigues Dutra¹

⁽¹⁾ Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: marcos.dutra@estudante.ifgoiano.edu.br

RESUMO - O rendimento da soja é alcançado diante da interação de variados elementos produtivos, entre eles o arranjo populacional. Objetivou-se com o trabalho analisar o agrupamento e correlações entre genótipos de soja em função da densidade de semeadura. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 3x5, correspondente a 3 genótipos de soja (NA5909, NA7337 e TMG1180) em 5 densidades de semeadura (80, 90, 100, 110 e 120% da densidade de semeadura recomendada), onde cada parcela foi dimensionada com quatro fileiras espaçada a 0.5 e 5 m de comprimento. As variáveis foram analisadas após a colheita. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Após, realizou-se a análise de variância e posteriormente as variáveis foram descritas em análises multivariadas. Há elevadas e múltiplas correlações entre genótipos e densidade de semeadura em *Glycine max*, onde o número de grãos por planta e legumes com dois grãos são os principais componentes que potencializam o rendimento da cultura de soja. Demais estudos devem ser realizados afim de definir o melhor ajuste de plantas em campo, minimizando os efeitos negativos na interação genótipos x ambiente e potencializando os níveis de rendimento da cultura.

Palavras-chave: Genótipos de soja; população de plantas; produtividade.

PERFORMANCE OF SOYBEAN GENOTYPES AS A FUNCTION OF SEEDING DENSITY

Marcos Eduardo Rodrigues Dutra¹

⁽¹⁾ Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: marcos.dutra@estudante.ifgoiano.edu.br

ABSTRACT - Soybean yield results from the interaction of multiple productive factors, including plant population arrangement. This study aimed to analyze clustering patterns and correlations among soybean genotypes as a function of seeding density. The experiment was conducted in a randomized complete block design in a 3×5 factorial scheme, consisting of three soybean genotypes (NA5909, NA7337, and TMG1180) and five seeding densities (80, 90, 100, 110, and 120% of the recommended seeding rate). Each plot consisted of four rows spaced 0.5 m apart and 5 m long. Variables were evaluated after harvest. The data were subjected to the assumptions of the statistical model, including tests for normality and homogeneity of residual variances, as well as model additivity. Analysis of variance was then performed, followed by multivariate analyses to describe the variables. Strong and multiple correlations were observed between genotype and seeding density in Glycine max, and the number of grains per plant and the number of two-seed pods were the main components enhancing soybean yield. Further studies are needed to determine the best plant arrangement in the field, minimizing negative effects of genotype × environment interactions and maximizing crop yield potential.

Key-words: Soybean genotypes; plant population; productivity.

INTRODUÇÃO

Para se elevar os rendimentos de soja é preciso o emprego de novas tecnologias bem como passar por um processo de aperfeiçoamento destas, especialmente as técnicas que intervêm nos componentes morfológicos e de produção. Uma técnica que se destaca no aumento produtivo da soja é a associação de arranjos espaciais e população de plantas (CRUZ et al., 2016).

Ao se diminuir a população de plantas na cultura da soja, tem-se como resultado plantas com baixo porte, bem como menor inserção da primeira vagem. Neste caso, a concorrência por água, luz e nutrientes se eleva diante da existência de plantas daninhas. Esse fator promove um aumento nos custos devido a necessidade de aplicação de herbicida e eleva as perdas na colheita. Entretanto, a alta população promove o crescimento da planta diante da competição por radiação (MARTINS, 2015).

Assim o estudo de Solano e Yamashita (2012), enfatiza que produtores estão reduzindo o espaçamento entre linhas no cultivo da soja como estratégia para diminuição dos custos de produção, buscando elevar a eficiência da planta no processo de competição com as plantas daninhas e diminuindo a quantidade de aplicações de herbicidas pós-emergentes. No entanto, cabe ressaltar que ao se diminuir o espaçamento entre as linhas, sem se preocupar com o devido ajuste da densidade de plantas na linha, o produtor pode ocasionar a competição intraespecífica e provocar um estresse hídrico, falta de nutrientes e acamamento das plantas, além de ocasionar a diminuição do rendimento da cultura.

Como parte do processo de semeadura, a velocidade de deslocamento da semeadora influencia na uniformidade de distribuição da semente no solo e nos danos provocados a semente, principalmente quando utilizado dosadores mecânicos (não pneumáticos) (EMBRAPA, 2003). Além disso, devido à grande quantidade de áreas com cultivos anuais, Dias (2009) apresenta a necessidade de estudos que apreciem o acréscimo na velocidade sem afetar a qualidade da semeadura, a fim de otimizar sua capacidade operacional

A densidade de plantas pode influenciar o crescimento e o desenvolvimento das culturas, pois altera a disponibilidade dos recursos água, luz e nutrientes para cada indivíduo. Contudo, a soja possui elevada plasticidade fenotípica frente a alterações na densidade de plantas. Isso ocorre porque a cultura é capaz de alterar sua arquitetura e componentes de rendimento, adequando-os às condições impostas pelo arranjo espacial de plantas e permitindo ampla variação no número de indivíduos, sem grandes alterações

na produtividade. O principal mecanismo da soja para compensação da produção de grãos em virtude da redução da densidade é a maior ramificação, elevando o número de grãos produzidos por planta (FERREIRA et al., 2018).

Alcançar a máxima rentabilidade em plantas comerciais de soja é o principal objetivo de todos os produtores e, para isso, juntamente com um clima favorável, são utilizadas várias técnicas de manejo. Dentre essas técnicas podemos destacar o controle de insetos, doenças e ervas daninhas, conservação do preparo do solo, uso eficiente de fertilizantes e fertilizantes, seleção de cultivares mais adequadas para essa região, sementes de boa qualidade e manejo na densidade de semeadura.

Para aumentar a produtividade da soja, é necessário o uso de novas técnicas ou o aprimoramento das existentes, principalmente aquelas que alteram os componentes morfológicos e de produção. Entre as técnicas mencionadas, a relação entre regulação espacial e população de plantas tem sido destacada como uma ferramenta potencial para aumentar a produtividade (BRACHTVOGEL et al., 2009). A soja possui características de alta plasticidade, que consistem em sua capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, modificando os componentes e rendimentos morfológicos, adaptando-os ao espaço disponível e às condições competitivas impostas pela soja (PIRES et al., 2000).

A modificação da regulação das plantas tem sido objeto de pesquisas em diversas regiões produtoras de soja do Brasil (PIRES et al., 2000; TOURINO et al., 2002; BRUNS, 2011). Os resultados estão relacionados à alta adaptabilidade da planta e a várias condições ambientais e de manejo, como o aumento da população de plantas e mudanças no espaço (PIRES et al., 1998). Visando a falta de informações e trabalhos sobre densidade de semeadura objetivou-se com o trabalho analisar o agrupamento e correlações entre genótipos de soja em função da densidade de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na Fazenda Morro do Peão (17° 17' 59" S latitude, 48° 16' 46" W longitude e 758 m de altitude), pertencente ao Grupo Agrícola Santinoni na zona rural de Urutaí, sudeste do estado de Goiás, Brasil. A temperatura média durante o período experimental foi de $26,5 \pm 2^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa do ar de $65 \pm 10\%$.

Foi realizada análise de solo na camada de 0-20 cm verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 5,7; cálcio 3, magnésio 0,8, alumínio 0,2,

hidrogênio + alumínio 2, capacidade de troca catiônica 5,9, em cmol_c dm⁻³; potássio 53, fósforo 59, enxofre 1,7, boro 0,2, cobre 1,4, ferro 51, manganês 23, zinco 8,3, sódio 1,5, em mg.dm³; argila 223, silte 50, areia 728, matéria orgânica 20 e carbono orgânico 12, em g dm⁻³. Os dados foram tomados de acordo com metodologia da (EMBRAPA, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 3x5, correspondente a 3 genótipos de soja (NA5909, NA7337 e TMG1180) em 5 densidades de semeadura (80, 90, 100, 110 e 120% da densidade de semeadura recomendada), totalizando 15 tratamentos (NA5909_80%, NA5909_90%, NA5909_100%, NA5909_110%, NA5909_120%, TMG1180_80%, TMG1180_90%, TMG1180_100%, TMG1180_110%, TMG1180_120%, NA7337_80%, NA7337_90%, NA7337_100%, NA7337_110% e NA7337_120%) e 60 unidades experimentais, onde cada parcela foi dimensionada com quatro fileiras espaçada a 0.5 m com 5 m de comprimento. As principais características morfoagronômicas dos genótipos de soja, estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características morfoagronômicas dos genótipos de soja

Nomenclatura do genótipo		Peso de mil sementes (g)	Genética	Grupo de maturação	Arquitetura	Ciclo (dias após a emergência)
Vulgar	Técnico					
NA5909	NA 5909 RR	159	Nidera	6.2	Indeterminado	110 a 125
TMG1180	TMG 1180 RR	136	TMG	8.0	Semideterminado	115 a 120
NA7337	NA 7337 RR	171	Nidera	7.6	Indeterminado	111 a 121

O preparo do solo foi feito com aração e gradagem da área, com distribuição de sementes realizada manualmente. O potencial germinativo dos genótipos foi de 90% em média, com as recomendações para os genótipos de: NA5909 (21.5 plantas por metro linear = 30 000 plantas ha⁻¹), NA7337 (18.5 plantas por metro linear = 370 000 plantas ha⁻¹).

O controle de plantas daninhas foi realizado com Roundup WG na concentração de 2 kg ha⁻¹ e 1 L de Metomil, para esta foi utilizado pulverizador manual, aplicando um volume de calda de 100 L ha⁻¹, nas horas amenas do dia, com temperatura média ambiente de 25°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 5 km h⁻¹. Foram realizadas 4 aplicações de fungicidas: a primeira com 150 ml ha⁻¹ de Score + 200 ml ha⁻¹ de óleo mineral; a segunda com 400 ml ha⁻¹ de Fox + 200 ml ha⁻¹; a terceira aplicação

com 300 ml ha⁻¹ de Priori Xtra + 200 ml ha⁻¹ de Cypress + 500 ml ha⁻¹ de óleo mineral; e a quarta com 300 ml ha⁻¹ de Priori Xtra + 500 ml ha⁻¹ de óleo mineral. As variáveis foram analisadas após a colheita. Para tal, determinou-se: estande STD em plantas por metro linear, altura de planta ALT em m, altura do primeiro ramo reprodutivo APR em cm, legumes com um grão LUG em %, legumes com dois grãos LDG em %, legumes com três grãos LTG em %, número de legumes por planta NLP em unid por planta, número de grãos por planta NGP em unid por planta, peso de mil grãos PMG em g e rendimento REN em sc ha⁻¹, mediante balança 0,0000 g e corrigindo o peso para 13% de umidade dos grãos.

Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade (SHAPIRO e WILK, 1965) e homogeneidade das variâncias (STEEL et al., 1997). Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar as diferenças entre os genótipos de soja x densidade de semeadura. Posteriormente utilizou-se o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa dessas características na divergência genética. Para o agrupamento dos genótipos, utilizou-se o método de Tocher (RAO, 1952).

As variáveis foram submetidas a correlação linear com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo test t, com ponto de corte com nível de correlação acima de 0.6 e expresso na rede de correlação. A análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlação fenotípica, considerando o rendimento como a variável dependente e as demais como explicativas. Identificada a presença de elevada multicolinearidade dentre os dados, procedeu-se à análise de trilha sob multicolinearidade, com posterior ajuste do fator k aos elementos da diagonal da matriz de correlação. Após procedeu-se a dissimilaridade genética pelo algoritmo de *Mahalanobis* onde ponderou-se a matriz dos resíduos, construindo-se a árvore filogenética através do agrupamento UPGMA, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas *biplot* onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. As análises foram realizadas na interface Rbio do R (BHERING, 2017), além do Software Genes (CRUZ, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância com o quadrado médio QM e significância pelo teste F, revelou interação significativa entre genótipo G x D densidade de semeadura para todas as variáveis analisadas, bem como, nos efeitos principais destes ($p < 0,01$) (Tabela 2). Tais informações corroboram com Carvalho et al. (2002), Hoogerheide et al. (2007), Coimbra et al. (2005), Santos (2015) e Rigon (2015). O estudo de Petter et al. (2016) também pronunciou resultados semelhante com três genótipos de soja ao identificar o emprego de altas densidades de plantas na semeadura. Já o trabalho realizado por Vasquez et al. (2014), obtiveram resultados significativos para o manejo de plantas daninhas no rendimento de grãos com redução da população de plantas de soja.

Tabela 2. Resumo das análises de variância (QM calculado e CV (%)) para estande de plantas STD, altura de planta ALT, altura do primeiro nó reprodutivo APR, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP, peso de mil grãos PMG e rendimento REN

FV	GL	STD	ALT	APR	LUG	LDG	LTG	NLP	NGP	PMG	REN
GxD	7	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Genótipos (G)	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Densidades (D)	3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Blocos	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduos	41	0.49	0.00	0.14	0.15	0.31	0.30	0.51	1.11	19.11	23.85
CV		4.35	2.31	5.03	1.68	1.09	2.25	1.26	1.20	2.63	5.20

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

De acordo com Lima et al. (2012) alterações relacionadas com a população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos produtivos, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas. A densidade de semeadura pode interferir na competição inter e intra-específica por recursos do solo, especialmente água e nutrientes, além de provocar mudanças morfofisiológicas nas plantas, entretanto, a competição por fatores como luz, nutrientes e umidade do solo pode influenciar negativamente o processo de produção (TOURINO et al., 2002; WATANABE et al., 2005).

A análise de agrupamento pelo método de Tocher separou a interação GxD em quatro grupos. No grupo I ficaram todas as densidades populacionais do genótipo NA5909, assim como, no grupo II com o genótipo TMG1180, o grupo III composto pelo genótipo NA7337 com exceção no NA7337_90% que de forma isolada compôs o grupo IV (Figura 1). Em componentes morfológicos de genótipos de soja Oliveira et al. (2019) também agruparam em quatro grupos. Costa et al. (2018) agrupou os genótipos de soja em três grupos considerando a morfologia floral. Essas informações caracterizam o grau de variação dentre os genótipos de soja, bem como, a influência da densidade populacional no comportamento morfológico desta leguminosa.

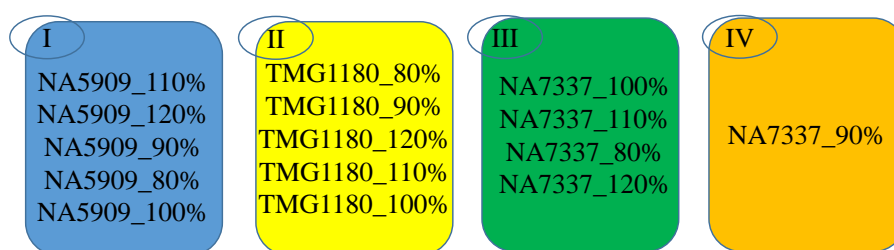


Figura 1. Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de *Mahalanobis* de genótipos de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura.

A contribuição relativa de cada característica para a dissimilaridade entre a interação GxD, observada na (Figura 2), revelou maior contribuição na APR (17.11%) e menor no NGP (5.65%). Oliveira et al. (2019) divergiram com as informações de PMG (55,4%), NGP (21,7%) e NLP (11%). Daronch et al. (2019) observaram que o número de dias para florescimento (49%) e o NLP (26,6%) foram as mais eficientes em explicar a dissimilaridade entre os genótipos de soja. Como observado e de forma complementar ao método de agrupamento de Tocher o trabalho demonstra que a APR, STD, LDG e NLP foram responsáveis por 55.98% da divergência entre os genótipos de soja e densidade de semeadura.

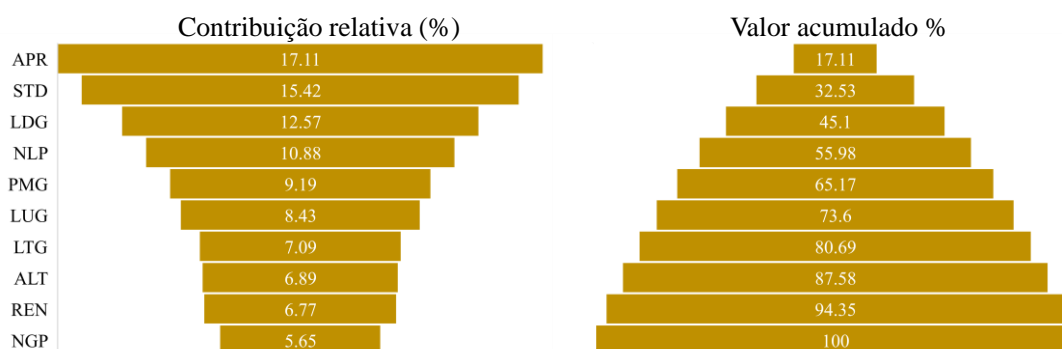


Figura 2. Contribuição relativa das características para a dissimilaridade genética dos genótipos de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura, pelo método proposto por Singh (1981), em ordem decrescente de importância. Variáveis: Estande de plantas STD, altura de planta ALT, altura do primeiro nó reprodutivo APR, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP, peso de mil grãos PMG e rendimento REN.

A rede de correlação aplicada com os coeficientes de correlação de Pearson revelou 11 correlações significativas, sendo 6 positivas (STD-ALT, APR-LUG, LUG-LDG, LDG-LTG, NLP-NGP e PMG-REN) e 5 negativas (STD-NLP, ALT-REN, APR-PMG, LUG-NGP e LUG-REN). Observação marcante ficou por parte do REN que se correlacionou negativamente com ALT e LUG e positivamente com PMG, sendo esta última determinante na viabilidade econômica do sistema de produção. A correlação de maior expressividade foi diagnóstica em LDG-LTG (0.81**) e menor em LUG-REN (-0.48*) (Figura 3). As correlações aplicadas a densidade de semeadura podem indicar melhorias nos componentes morfológicos, ajustando-se ao máximo aquelas que potencializam o rendimento e reduzindo as de origem negativas.

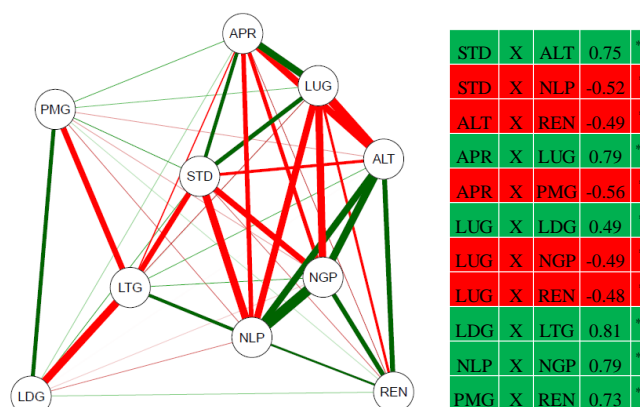


Figura 3. Rede de correlações lineares para os caracteres de genótipos de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura. Significância: * 5% de probabilidade; **1 de probabilidade pelo teste t. Variáveis: Estande de plantas STD, altura de planta ALT, altura do primeiro nó reprodutivo APR, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP, peso de mil grãos PMG e rendimento REN.

Oliveira et al. (2018) também observaram correlações significativas entre os componentes de rendimento da soja. Para Silva (2017) o uso da rede de correlação pode elevar a eficácia da seleção no melhoramento de soja, uma vez que, permite com rapidez identificar os pares de características que apresentam correlações de maior magnitude, determinar quais grupos de variáveis que influenciam de maneira mais expressiva os caracteres mais importantes para o programa de melhoramento e identificar os grupos de variáveis correlacionadas.

As estimativas de causa e efeito na análise de trilha apresentou coeficiente de determinação R^2 : 0.99 validando as informações contida nesta. Identificou-se contribuições positivas para o rendimento das plantas de soja em ALT, PMG, NGP, LDG e LTG, além de negativas, em APR e LUG. Biologicamente podemos diagnosticar que plantas com estatura elevada, grãos com alto PMG, presença marcante no vegetal de legumes com dois e três grãos, bem como, legumes por planta, são parâmetros, para se obter rendimento elevado da cultura de soja (Figura 4). Carvalho et al. (2002), a interpretação da magnitude de uma correlação simples pode, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção quando uma correlação alta entre dois caracteres for consequência do efeito indireto de outros caracteres. Segundo Hoogerheide et al. (2007), Coimbra et al. (2005) ressaltam que quando um caráter se correlaciona positivamente com alguns e negativamente com outros, há a indicação de se ter um cuidado adicional, pois, ao selecionar-se um determinado caráter, podem-se provocar mudanças indesejáveis em outros.

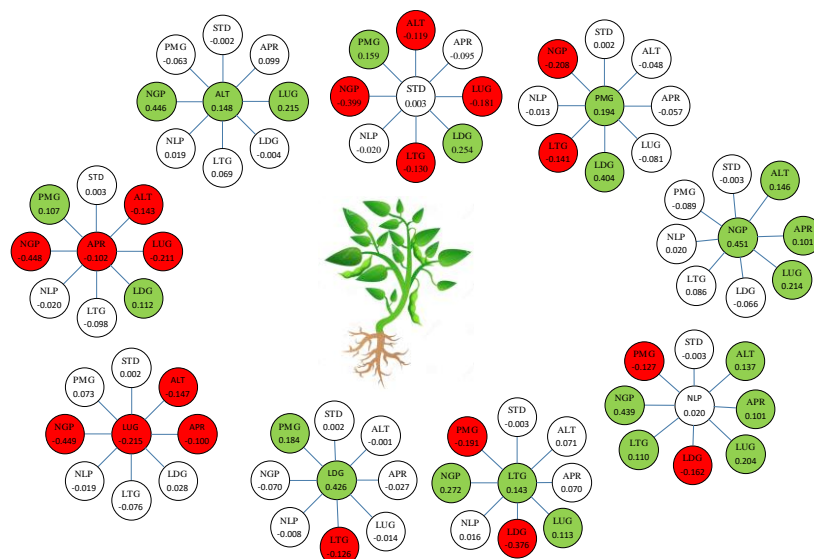


Figura 4: Estimativas dos efeitos diretos e indiretos na análise de trilha em caracteres explicativos estande de plantas STD, altura de planta ALT, altura do primeiro nó reprodutivo APR, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP e peso de mil grãos PMG sobre o rendimento REN de genótipos de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura. Coeficiente de determinação: 0.998; Valor de K usado na análise: 0.011; Efeito da variável residual: 0.048; Determinante da matriz de correlação entre variável explicativas: 2.25E-13.

Diretamente o NGP foi a variável que mais contribui na elevação dos níveis de rendimento da soja, ao passo que, indiretamente a ALT contribuiu de forma decisiva na maioria das características, demonstrando a importância da arquitetura da planta no sucesso do empreendimento (Figura 4). Segundo Nunes (2016) a altura da planta depende da interação da região (condições ambientais) e do cultivar (genótipo). Como acontece com outras Fabáceas (Leguminosas), por exemplo, o feijão-comum, a soja pode apresentar três tipos de crescimento, diretamente correlacionados com o porte da planta: indeterminado, semideterminado e determinado. A planta de soja é fortemente influenciada pelo comprimento do dia (período de iluminação). Em regiões ou épocas de fotoperíodo mais curto, durante a fase vegetativa da planta, ela tende a induzir o florescimento precoce, e apresentar consecutiva queda de produção. Árvore filogenética ilustrada pelas relações de interação entre genótipos de soja (NA5909, NA7337 e TMG1180) e recomendações de densidades de semeadura (80, 90, 100, 110 e 120%), construída a partir de 10 descritores morfológicos (STD, ALT, APR, LUG, LDG, LTG,

NLP, NGP, PMG e REN) formaram 4 grandes grupos (Figura 5). De acordo com Freitas et al. (2010) a interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo são preponderantes para definir a produtividade de uma cultura, dessa forma altos rendimentos são obtidos quando o genótipo apresenta potencial produtivo e alta adaptabilidade, tudo isso aliado aos tratos culturais requeridos pela cultura.

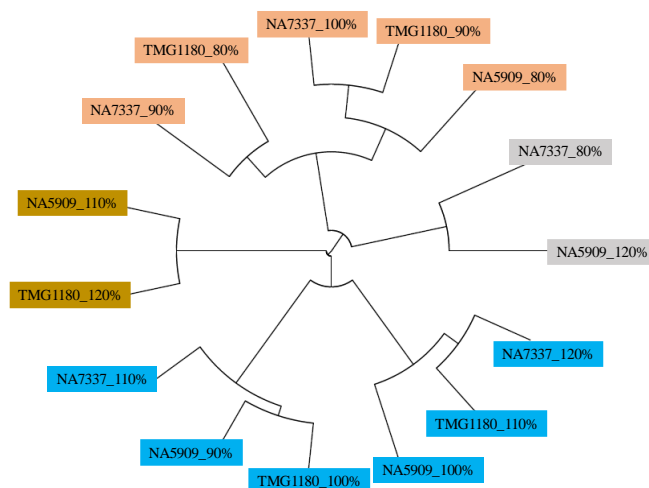


Figura 5. Árvore filogenética ilustrando as relações entre genótipos de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura.

Silveira (2018), Santos (2015) e Rigon (2015) também encontraram formação de distintos grupos dentre os genótipos de soja. A formação de grupos de soja oportuna aos produtores opções na tomada de decisão para a escolha do genótipo, dentre as características desejadas. De acordo com Cruz et al. (2004), o estabelecimento de grupos contendo genótipos com homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os grupos, é o ponto de partida para uma avaliação mais minuciosa dos mesmos, a fim de realizar seu aproveitamento nos programas de melhoramento genético.

Análise de variáveis canônicas baseada nas distâncias de *Mahalanobis* das médias em genótipos de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura, foi explicada em percentuais de 65.8 e 24.2% no primeiro e segundo eixo canônico, respectivamente contabilizando a explicação de 90% da variação total dos dados. O caráter de LUG apresentou afinidade com o tratamento NA5909_110%. Aspectos de comportamento semelhante entre as variáveis foi reportado por PMG e LDG das quais expressaram certa afinidade com o genótipo NA7337 para todas as densidades estudadas. Os componentes NLP, NGP, ALT e REN tiveram comportamento semelhantes entre si, porém, com

nenhuma afinidade para com a interação dos efeitos principais (Figura 6). De acordo com Silva et al. (2015) as técnicas de análises multivariadas são eficientes para verificar as similaridades ou as diferenças na variabilidade da produtividade, com base nos atributos fisiológicos, material genético e atributos químicos e físicos do solo na área estudada.

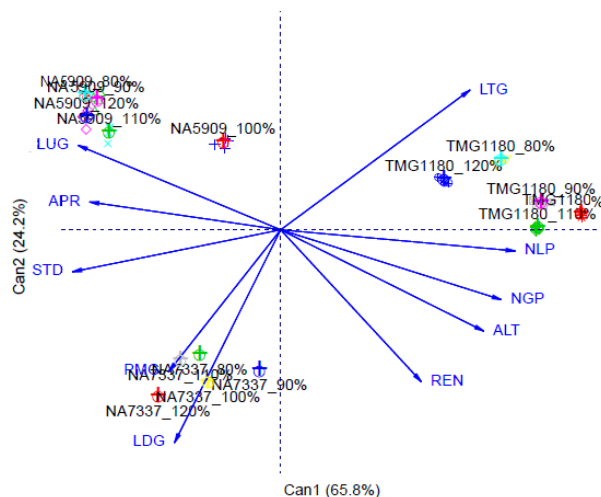


Figura 6. Análise de variáveis canônicas baseada nas distâncias de *Mahalanobis* das médias em genótipos de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura. Variáveis: Estande de plantas STD, altura de planta ALT, altura do primeiro nó reprodutivo APR, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, número de legumes por planta NLP, número de grãos por planta NGP, peso de mil grãos PMG e rendimento REN.

A interação dos genótipos de soja (NA5909, NA7337 e TMG1180) e densidades de semeadura (80, 90, 100, 110 e 120%), construída a partir de 10 descritores morfológicos (STD, ALT, APR, LUG, LDG, LTG, NLP, NGP, PMG e REN) revelaram na análise de variância significância para a interação e efeitos principais em todos os caracteres. Essa forte interação foi descrita pela correlação simples, demonstrando a interdependência das variáveis entre si. A essa relação de dependência foi pontuada e mensurada pela análise de trilha, que demonstrou o grau de importância de cada variável de forma direta e indireta sobre o rendimento da cultura da soja, culminado na descrição de alto padrão de planta, quando se deseja altos tetos produtivos. Além dessas, o trabalho aglomera os efeitos simples em grupos de similaridade com a árvore filogenética, e descreve a semelhanças dentre as variáveis e afinidades destas com os tratamentos descritos no estudo de variáveis canônicas.

CONCLUSÃO

Há elevadas e múltiplas correlações entre genótipos e densidade de semeadura em *Glycine max*, onde o número de grãos por planta e legumes com dois grãos são os principais componentes que potencializam o rendimento da cultura de soja.

Demais estudos devem ser realizados afim de definir o melhor ajuste de plantas em campo, minimizando os efeitos negativos na interação genótipos x ambiente e potencializando os níveis de rendimento da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT JUNIOR, A. A., PROCÓPIO, S. O., DEBIASI, H., FRANCHINI, J. C. E PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. *Semina: Ciências Agrárias*, 36, p.1215-122, 2015

BRUNS, H.A. Comparisons of Single-Row and Twin-Row Soybean Production in the Mid-South. *Agronomy Journal Madison – WI*, v.103, n. 3, p. 702-708, 2011.

BUSANELO, C.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; MENEGOL, D.R. Caracteres agronômicos da cultura da soja submetida a diferentes densidades populacionais na Região Norte do Rio Grande do Sul. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.9, n.17; p.509-517, 2013

COIMBRA, J.L.M., Benin, G., Vieira, E.A., Oliveira, A.C., Carvalho, F.I.F.; Guidolin, A.F., Soares, A.P. 2005. Conseqüências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. *Ciência Rural* 35: 347-352

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: Conab, v. 1, n.1, 2018.

COPETTI, Eduardo. Os Desafios da semeadura. *Revista SEEDNews, Reportagem de capa, Pelotas*, ano XIX, n. 1, 2015.

COSTA, É.D. Arranjo de plantas, características agronômicas e produtividade de soja. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu. Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu: 2013, p.60.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, PC de S. Divergência genética. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, v. 1, p. 377-413, 2004.
CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*. v.38, n.4, p.547-552, 2016

CRUZ, S. C. S.; SENA-JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos

espaciais. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 1–6, jan./mar. 2016.

DIAS, V. de O. Desempenho de dois protótipos de semeadoras-adubadoras para plantio direto. 2009. Xx f. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola/ ou Engenharia Agrícola) – Centro de Ciencias Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

EMBRAPA SOJA. Sistemas de Produção - Versão eletrônica. Jan., 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 2009. 627 p.: il. (EMBRAPA- CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EMBRAPA. VIII Congresso Brasileiro de soja, Goiânia-GO, 2018: inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018, 1079p.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; FRANCHINI, J. C.; ZUCARELI, C. Soybean agronomic performance in response to seeding rate and phosphate and potassium fertilization. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.22, n.3, p.151-157, 2018.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. Informativo ABRATES, Londrina, v.20, n.1, p.37-38, 2010.

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

HOOGERHEIDE, E.S.S., Vencovsky, R., Farias, F.J.C., Freire, E.C., Arantes, E.M. 2007. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 1401-1405.

JOSÉ LUIS DA SILVA NUNES, Agrolink - Publicado em 12/09/2016 às 14:57h.

KNEBEL, J. L., GUIMARÃES, V. F., ANDREOTTI, M. E STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28, p.385-392, 2006.

LIMA, S.F.; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G.F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S.2012. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.28, n.6, p.954–962.

MARTINS, P.D.S. Arranjos de plantas de cultivares de soja de crescimento determinado e indeterminado em condições de cerrado. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Rio Verde. Rio Verde: Universidade de Rio Verde – UNIRV: 2015, p.63.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. *Revista Agrarian*, Dourados-MS, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

PETTER, F.A.; SILVA, J.A.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PACHECO, L.P.; ALMEIDA, F.A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. *Bragantia*, Campinas, v. 75, n. 2, p.173-183, 2016.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto AlegreRS, v.4, n. 2, p.183–188, 1998.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, v. 35, n. 8, p. 1541– 1547, 2000.

RAO, R.C., 1952. *Advanced statistical methods in biometric research*. New York: J. Wiley.

RIGON, João Paulo Gonsiorkiewicz et al. Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. *Ceres*, v. 59, n. 2, 2015.

SANTOS, Elonha Rodrigues et al. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. *Ceres*, v. 58, n. 6, 2015.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. Analysis of variance test for normality, *Biometrika*. v.1, n.1, p.591-611, 1965.

SILVA, E.M.S.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A.R.; CORREA, A.R.; TOMAZ, P.K.; FERRAUDO, A.S. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(2), 598-607. (2015).

SILVEIRA, Isabella de Castro. Diversidade genética e respostas de genótipos de soja sob déficit hídrico induzido por PE.

SINGH, D., 1981. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 41, 237-245.

SOLANO, L.; YAMASHITA, O.M. Cultivo da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. *Revista Varia Scientia Agrárias*, v. 02, n.02, p. 35-47, 2012.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKY, D. A. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 3. ed. New York: Columbia, 1997. 666p.

VASQUEZ, G.H.; PERES, A.R.; TARSITANO, M.A. Redução na população de plantas de soja e o retorno econômico na produção de grãos. Científica, Jaboticabal, v.42, n.2, p.108–117, 2014.

Oliveira, E. C., de Oliveira Junior, W. P., Oliveira, J. D. D. D., Furmigare, N. S., & Peluzio, J. M. (2019). Divergência genética em linhagens de soja visando a produção de biodiesel no Estado do Tocantins. MAGISTRA, 30, 113-122.

Costa, M. I. A., de Andrade Melo, L., da Costa Ferreira, S., & Matsuo, E. (2018). Morfometria reprodutiva e diversidade genética em cultivares de soja. Nucleus, 15(2), 207-215.

Daronch, D. J., Peluzio, J. M., Afferri, F. S., Tavares, A. T., & de Souza, C. M. (2019). Eficiência ambiental e divergência genética de genótipos de soja na região central do Tocantins. Revista Cultura Agronômica, 28(1), 1.