

CARLOS SEBASTIÃO MACHADO JÚNIOR

ANÁLISE DIALÉTICA E ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO
EM TRÊS POPULAÇÕES DE SOJA

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

Orientador

Prof. Titular Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

Coorientadora

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

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2019

CARLOS SEBASTIÃO MACHADO JÚNIOR

ANÁLISE DIALÉTICA E ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO
EM TRÊS POPULAÇÕES DE SOJA

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

APROVADA em 26 de Fevereiro de 2019

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

UFU

Prof. Titular Fernando César Julliati

UFU

Dra. Flávia Aparecida Amorim

AGRICERT

Dr. Paulo Henrique Nardon Felici

BAYER



Prof. Titular Osvaldo Toshiyuki Hamawaki
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA

Ata da defesa de TESE DE DOUTORADO junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de Doutorado, 05/2019, PPGAG

Data: 26 de fevereiro de 2019

Discente: CARLOS SEBASTIÃO MACHADO JÚNIOR

Matrícula: 11513AGR011

Título do Trabalho: "Parâmetros genéticos e seleção de genótipos de soja convencional."

Área de concentração: Fitotecnia

Linha de pesquisa: Produção Vegetal em Áreas de Cerrado

Às 08:15 horas do dia vinte e seis de fevereiro do ano de 2019, na sala 223 do bloco 4K - Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, assim composta: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Oliveira Nogueira - UFU, Prof. Dr. Fernando César Juliatti - UFU, Dr. Paulo Henrique Nardon Felici - Bayer, Dr.^a Flávia Aparecida Amorim - Agricert e Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki - UFU - orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki - UFU apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(à) discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa. A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o **conceito final (A)**.

Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o(a) candidato(a) (**A**) provado, sugerindo (se for o caso) o novo título para o trabalho:

Análise dialélica e estratégias de seleção em 3 populações de soja

Esta defesa da Tese de Doutorado é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, legislação e regulamentação internas da UFU, em especial do artigo 55 da resolução 12/2008 do Conselho de Pós-graduação e Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos às (**10:30**) horas. Foi lavrada a presente ata que após lida e em conformidade foi assinada pela Banca Examinadora.

Prof. ^a Dr. ^a Ana Paula Oliveira Nogueira	UFU	(95)
Prof. Dr. Fernando César Juliatti	UFU	(95)
Dr. Paulo Henrique Nardon Felici	Bayer	(95)
Dr. ^a Flávia Aparecida Amorim	Agricert	(90)

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

UFU

(98)

Orientador



Documento assinado eletronicamente por **Osvaldo Toshiyuki Hamawaki, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/02/2019, às 11:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Oliveira Nogueira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/02/2019, às 11:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Cezar Juliatti, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/02/2019, às 11:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique Nardon Felici, Usuário Externo**, em 26/02/2019, às 11:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Flávia Aparecida Amorim Barbieri, Usuário Externo**, em 26/02/2019, às 11:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1050610** e o código CRC **0EF366EE**.

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

- M149a Machado Júnior, Carlos Sebastião, 1983
2019 Análise dialélica e estratégias de seleção em três populações de soja
 [recurso eletrônico] / Carlos Sebastião Machado Júnior. - 2019.
- Orientador: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki.
 Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
 Modo de acesso: Internet.
 Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2019.1267>
 Inclui bibliografia.
 Inclui ilustrações.
1. Agronomia. 2. Soja - Cultivo. 3. Melhoramento genético. I.
Hamawaki, Osvaldo Toshiyuki, 1954, (Orient.) II. Universidade Federal
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
1.1. A cultura da soja.....	3
1.2. Morfologia e fenologia da soja.....	4
1.3. Melhoramento genético da soja.....	6
1.4. Parâmetros genéticos que se relacionam com produtividade da soja.....	9
REFERÊNCIAS.....	13
CAPÍTULO II.....	19
CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA.....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4. CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO III.....	32
PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERES FENOTÍPICOS DE TRÊS POPULAÇÕES SEGREGANTES DE SOJA.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
CAPÍTULO IV.....	59
ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA GENÓTIPOS DE SOJA.....	59
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60

INTRODUÇÃO.....	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	82

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

TABELA 1. Descrição das cultivares selecionadas como genitores.....	22
TABELA 2. Resumo da análise de variância para caracteres agronômicos e produção de grãos em 15 híbridos e 5 cultivares de soja, Uberlândia-MG.....	25
TABELA 3. Análise de variância da capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e razão CGC/CEC.....	26
TABELA 4. Capacidade geral de combinação de cinco cultivares de soja analisados em dialelo parcial de Griffing (1956) modelo 2.....	27
TABELA 5. Capacidade Específica de Combinação de cinco cultivares de soja analisados em dialelo parcial de Griffing (1956) modelo 2.....	28

CAPÍTULO III

TABELA 1. Médias e estimativas de variância fenotípica para 12 caracteres nas gerações P1, P2 e F2 de três populações de soja: UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista; UFUS 6901 x UFUS Riqueza; UFUS 6901 x UFUS 7415.....	39
TABELA 2. Estimativas dos componentes de médias, variâncias, herdabilidade no sentido amplo e número de genes, para 12 caracteres de interesse agronômicos em três populações segregantes de soja.....	41
TABELA 3. Valores máximos e mínimos para os genitores (pais) e F2 e presença de transgressividade para 12 caracteres de interesse agrônomo em três populações segregantes de soja.....	43
TABELA 4. Indivíduos selecionados na população F2 de soja, proveniente do cruzamento UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista, média dos selecionados e ganho de seleção (GS%), para 12 caracteres analisados nos períodos de florescimento e maturação.....	44

TABELA 5. Indivíduos selecionados na população F2 de soja, proveniente do cruzamento UFUS 6901 x UFUS Riqueza, média dos selecionados e ganho de seleção (GS%) para 12 caracteres analisados nos períodos de florescimento e maturação.....	48
TABELA 6. Indivíduos selecionados na população F2 de soja, proveniente do cruzamento UFUS 6901 x UFUS 7415, média dos selecionados e ganho de seleção (GS%) para 12 caracteres analisados nos períodos de florescimento e maturação.....	52

CAPÍTULO IV

TABELA 1. Quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e herdabilidade no sentido amplo (h^2) de parâmetros fenotípicos de 100 genótipos de soja, no município de Uberlândia – MG.....	66
TABELA 2. Médias fenotípicas de 100 genótipos de soja para os caracteres de número de dias para o florescimento (NDF), número de nós no florescimento (NNF), altura de plantas no florescimento (APF), número de dias para a maturidade (NDM) e altura de plantas na maturidade (APM) no município de Uberlândia – MG.....	67
TABELA 3. Médias fenotípicas de 100 genótipos de soja para os caracteres de altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de nós na maturação (NNM), número de nós produtivos (NNP), número de vagens cheias (NVC), número de vagens totais (NVT) e produção de grãos por planta (PROD) no município de Uberlândia – MG.....	69
TABELA 4. Ganho de seleção direta e indireta de 11 caracteres de 40 genótipos de soja selecionados no município de Uberlândia – MG	74
TABELA 5. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de NNF, no município de Uberlândia – MG.....	73
TABELA 6. Médias das 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de APM, no município de Uberlândia – MG.....	75
TABELA 7. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de NNT, no município de Uberlândia – MG.....	77
TABELA 8. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de PROD, no município de Uberlândia – MG.....	78
TABELA 9. Estimativas dos ganhos de seleção (%) para 11 caracteres pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba & Mock (1978) para 40 genótipos de soja no município de Uberlândia – MG.....	79
TABELA 10. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba & Mock (1978), no município de Uberlândia – MG.....	80

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

CAPÍTULO III

FIGURA 1. Valores de temperatura e fotoperíodo durante a condução de populações segregantes de soja a campo.....36

CAPÍTULO IV

FIGURA 1. Condições de temperatura (média, mínima e máxima) e pluviosidade durante a condução de famílias de soja.....62

MACHADO-JÚNIOR, CARLOS SEBASTIÃO. Estratégias de seleção e análise dialélica em três populações de soja. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹

RESUMO

A soja é a oleaginosa mais cultivada no mundo fazendo dela uma cultura altamente pesquisada no intuito de manter ou aumentar a sua produtividade de grãos. Os programas de melhoramento sempre têm a produção de grãos como caráter primário a ser melhorado, mas outros caracteres como ciclo, altura, resistência a pragas e doenças são altamente pesquisados. Esta tese teve o intuito de selecionar e avançar três gerações de soja e foi subdividida em quatro capítulos. O primeiro capítulo traz um referencial teórico sobre a importância da soja no Brasil e no mundo, morfologia e fenologia, melhoramento genético e fatores que se correlacionam com a produtividade. O segundo capítulo descreve a avaliação de cinco genitores e seus respectivos cruzamentos em um dialelo de Griffing para com suas habilidades de combinação e herdabilidade de caracteres quantitativos. O terceiro capítulo descreve a avaliação de três populações, derivadas do dialelo, em um teste de campo para a seleção dos melhores indivíduos e o quarto capítulo descreve a avaliação de 96 genótipos de soja selecionados do experimento anterior sob um delineamento de blocos aumentados de Federer.

Palavras-chave: *Glycine max*, melhoramento genético, produtividade.

¹ Comitê Orientador: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki – UFU (Orientador) e Ana Paula Oliveira Nogueira – UFU.

MACHADO-JÚNIOR, CARLOS SEBASTIÃO. Selection strategies and diallel analysis of three soybean populations. **2019. Thesis (Ph.D. in Agronomy/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹**

ABSTRACT

Soybean is the most widely cultivated oil crop and highly researched to increase yield. Breeding programs always have the yield as primary trait to be improved, but other traits like cycle, plant high, pest and disease resistance are very studied. This thesis had the aim of select and advance three soybean generations and was subdivided in four chapters. The first chapter brings a literature review about the importance of soybean in Brazil and the world, anatomy and phenology, breeding improvement and factors that correlate with yield. The second chapter describes the evaluation of five soybean cultivars and their progeny in a Griffing diallel design to obtain their combining ability and heritability of quantitative traits. The third chapter describes the evaluation of three populations originated from the diallel in a field trial for the selection of the best individuals and the fourth chapter describes the evaluation of 96 soybean genotypes selected from previous trial in a Federer augmented blocks design.

Keywords: *Glycine max*, breeding, yield.

¹ Supervising Committee: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki – UFU (Advisor) and Ana Paula Oliveira Nogueira – UFU.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é a leguminosa mais cultivada no mundo e é uma importante fornecedora de óleo e proteína. A produção global e produtividade aumentaram gradualmente nas últimas décadas com o desenvolvimento de técnicas agronômicas e desenvolvimento de novas cultivares adaptadas para uma grande faixa de latitudes indo das regiões temperadas aos trópicos. Para atender a demanda mundial sem a necessidade de expansão de área cultivada, a produtividade precisa aumentar em ritmo mais acelerado do que atualmente (3 mil kg ha⁻¹), e para isso é preciso o desenvolvimento de técnicas mais produtivas e de cultivares melhoradas.

O desenvolvimento de novas cultivares de soja tem como principal objetivo o aumento de produtividade de grãos. Este caráter é dependente de muitas variáveis, sejam elas intrínsecas à planta como adaptação, tratos culturais, ocorrência de estresses bióticos e abióticos. O melhoramento para resistência a estresses bióticos e abióticos é contínuo, e tem por finalidade manter a produtividade potencial de uma cultivar, enquanto que o melhoramento intrínseco visa aumentar a produtividade potencial.

O aumento da produtividade potencial da soja é feito pela escolha de genitores que mostrem as maiores produtividades em um determinado ambiente e também do melhoramento genético. Para isso, múltiplos testes a campo são necessários, levando ao aumento da mão de obra e o custo para o desenvolvimento de novas cultivares. No entanto, assim que os testes a campo revelem os dados de produtividade de um determinado genótipo, pode-se fazer a escolha do mais adequado. Nesse caso, é preciso estudar as características específicas deste genótipo, como resistência à múltiplos patógenos, resistência a estresse hídrico, resistência ao acamamento, respostas à adubação e respostas às condições climáticas.

Muitos estudos sobre a cultura da soja relatam correlações com a produtividade, como ciclo, altura, número de nós, número de vagens e inserção da primeira vagem. Plantas com maiores ciclos possuem tendência a ter maior produtividade pois isso permite maior tempo para o acúmulo de biomassa através da fotossíntese, porém o aumento de ciclo leva à maior exposição da cultura para com estresses bióticos e abióticos. Nesse caso o ideal seria melhorar a eficiência fotossintética, fazendo com que a planta possa produzir mais biomassa e transferi-la para a produção de grãos, mas ser capaz de fazer isso é de alta dificuldade, pois os processos fisiológicos são de natureza altamente complexa, e a alteração de um parâmetro fisiológico sempre resulta na

alteração de outros parâmetros fisiológicos. Nesse sentido, o ideal é que o ciclo da cultura da soja esteja entre um limiar aceitável, de forma que ela possa ficar no campo por tempo mínimo (110 dias) e um tempo máximo (150 dias) para o acúmulo de biomassa (SILVA et al., 2017).

Esta tese está subdividida em quatro capítulos: no Capítulo I estão disponíveis informações sobre a cultura e melhoramento da soja; no Capítulo II objetivou-se saber as melhores combinações de cinco parentais de soja usando-se um dialelo de Griffing; no Capítulo III foi feito o avanço de gerações a campo e teste de progênie de três populações selecionadas do dialelo; no Capítulo IV os melhores indivíduos do experimento anterior são conduzidos a campo e selecionados por índices de seleção.

CAPÍTULO 1

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. A cultura da soja

A soja pertencente à família Fabacea, é uma das maiores fontes de óleo vegetal e proteína para consumo humano e animal. Originária do sudeste asiático conhecida como Manchúria, região de clima temperado, foi domesticada na China há mais de 5000 anos e tem sido melhorada e adaptada para diferentes condições edafoclimáticas, principalmente em latitudes inferiores a 20° N (ALVEZ et al., 2003).

Na safra de 2017/2018 a produção mundial foi de 340,9 milhões de toneladas, sendo que os maiores países produtores são Estados Unidos (121,5 milhões de toneladas) Brasil, (120 milhões de toneladas) e Argentina (47 milhões de toneladas) que juntos representam 82% da produção mundial (SOYSTATS, 2018). Atualmente a soja é a *commodity* mais essencial no sistema de alimentos global, pois este grão contém 83% de farelo e 17% de óleo. Esta cultura também é altamente eficiente pois 40% das calorias da soja são provenientes de proteínas, em comparação com outras grandes culturas (TURZI et al., 2017).

A introdução da soja no Brasil ocorreu no início do século XX, porém o cultivo bem sucedido ocorreu a partir da década de 1940 no estado do Rio Grande do Sul. No período compreendido entre as décadas de 50 e 60 a política oficial de incentivo à produção do trigo estimulou a produção da soja dada a possibilidade de utilizar as mesmas terras durante o período do verão, enquanto o trigo podia ser cultivado no inverno (DALL'AGNOL, 2016). Mas foi a partir da década de 1970 que houve uma rápida expansão devido a incentivos governamentais para o desbravamento da região Centro-Oeste (ALVES et al., 2003).

O aumento da produção de soja se deve ao aumento da área cultivada e do aumento de produtividade de grãos. Dos anos 1961 a 2007, um terço do aumento da produção pode ser atribuído ao ganho de produtividade enquanto que o aumento de área foi responsável pelos outros dois terços (MASUDA e GOLDSMITH, 2009). Como o aumento de área cultivada é limitada em detrimento de outras culturas ou inabilidade de cultivo, é esperado que demanda mundial por soja seja suprida pelo aumento da produtividade potencial (AINSWORTH et al., 2012) que é definida como a máxima

produtividade que uma cultivar apresenta em um ambiente sem limitações de água, nutrientes, radiação e estresses bióticos (SINGH, 2010).

1.2. Morfologia e Fenologia da soja

A soja *Glycine max* (L.) Merrill é a única espécie cultivada do gênero *Glycine*. É uma espécie domesticada e anual, geralmente possui porte ereto, ramificações esparsas e crescimento arbustivo. A planta de soja, tem folhas cotiledonares, folhas unifolioladas e folhas trifolioladas. As flores podem ser de cor roxa, rosa ou branca, as quais surgem em racemos e as vagens são retas ou levemente curvadas fornecendo de uma a cinco sementes (HYMOWITZ, 2004).

Todas as cultivares comerciais são pubescentes. Tricomas podem ser encontrados nas folhas, caules, sépalas e vagens e a ocorrência destes varia geneticamente de acordo com o genótipo, sendo que podem haver acessos que não possuem tricomas (glabras) mas que são susceptíveis ao ataque de insetos. Estômatos estão presentes em ambos os lados das folhas, porém são mais concentrados na superfície abaxial (abaixo). As raízes da soja são compostas de várias camadas externas de epiderme, onde nódulos se formam como consequência de simbiose entre a planta e a bactéria *Bradyrhizobium japonicum*. Esta bactéria Gram-negativa se multiplica no interior dos nódulos e obtém compostos ricos em carbono em troca de nitrogênio fixado a partir da atmosfera. Este processo de fixação biológica de nitrogênio é feito pela enzima nitrogenase da bactéria, e o processo é irreversivelmente inativado por oxigênio, requerendo portanto condições anóxicas (SINGH, 2010).

As flores desenvolvem-se a partir de botões florais nas axilas do caule principal e dos ramos. Assim que induzidos à floração, os botões florais se desenvolvem e racemos com conglomerados de oito a dezesseis flores. A soja é uma espécie autógama com polinização cruzada variando de 0,5% a 1%, portanto o modo de reprodução é por autofecundação. A estrutura floral da soja é composta por uma flor completa com sistema masculino e feminino, sendo que a fecundação ocorre antes da antese, processo conhecido como cleistogamia. Os grãos são geralmente de forma ovalada (embora possam ter outros formatos, como o alongado) e possuem um hilo que varia em formato e cor, indo de vários tons de preto, amarelo, cinza e marrom claro (SINGH, 2010).

Fehr e Caviness (1977) desenvolveram um sistema de classificação de estádios de desenvolvimento que é adotado internacionalmente. O primeiro estágio é denominado VE, e corresponde ao estado de emergência, expondo os cotilédones da plântula. O segundo estágio é denominado VC e é caracterizado quando os dois cotilédones estão abertos e as bordas da folha unifoliolada se desenvolveram o suficiente a ponto de não se tocarem. A partir daí, todo o desenvolvimento da soja é quantificado baseado no número de nós na haste principal, designando os V_n , em que n é o número nós na haste principal contados a partir dos nós das folhas unifolioladas até o nó que contém folhas completamente desenvolvidas. As folhas são consideradas desenvolvidas quando as bordas dos trifólios imediatamente acima não estão se tocando. O surgimento de novas folhas varia de dois a oito dias, dependendo da temperatura – quanto mais frio, maior será o intervalo de dias para o surgimento de novas folhas, alongando o ciclo (HESKETH et al., 1973).

A partir da indução floral, o sistema de classificação de estádios de Fehr e Caviness (1977) não mais irá se basear no número de nós e folhas completamente desenvolvidas, mas sim pelos estádios reprodutivos R_n baseados em florescimento, desenvolvimento de vagens, enchimento de grãos e maturação da planta. Os primeiros dois estádios são denominados R_1 e R_2 – início do florescimento e florescimento pleno – seguido pelo desenvolvimento de vagens R_3 e R_4 – início da formação de vagens e formação plena de vagens – Enchimento de grãos R_5 e R_6 – início do enchimento de grãos, enchimento pleno de grãos – e planta sob fase de maturação R_7 e R_8 – início da maturação, maturação plena.

As cultivares de soja podem ser classificadas em três tipos de crescimento: determinado, semideterminado e indeterminado. No tipo determinado, o meristema apical diferencia-se em uma inflorescência terminal após a indução floral, que ocorre quando o fotoperíodo fica abaixo de um limite crítico, fazendo com que a soja seja classificada como uma planta de dias curtos. O tipo indeterminado o meristema apical continua se diferenciando em novos nós e formando novas folhas por um certo período, mesmo após a indução floral e o tipo semideterminado é uma classificação intermediária (TANAKA e SHIRAIWA, 2009).

1.3. Melhoramento genético da soja

O desenvolvimento de uma nova cultivar começa a partir da seleção de parentais, visando à geração de variabilidade genética seguida por seleção de genótipos e avanço por gerações. O processo de melhoramento demanda investimentos em tempo e dinheiro, uma vez que para se obter linhagens é necessário realizar sucessivas gerações de autofecundação, testes de desempenho para diferentes caracteres agronômicos e em diferentes ambientes. Caracteres importantes são selecionados, como período juvenil longo (caráter que faz a planta não florescer abaixo de certo período), produtividade, tipo de crescimento, ciclo de maturação, resistência a pragas e doenças, tolerância a altos níveis de acidez no solo e fixação simbiótica de nitrogênio nas raízes (TOLEDO et al., 1994).

A produtividade é um caráter quantitativo influenciado por fatores ambientais e genéticos. Ao se comparar cultivares de soja modernas com as antigas, estas geralmente apresentam alturas maiores, ciclo mais curto, maior acamamento e grãos com menor teor de proteína e óleo (RINCKER et al., 2014). O melhoramento contínuo da soja modificou estes caracteres e para isso é necessário informações sobre variabilidade genética, parâmetros genéticos e suas aplicações, auxiliando os melhoristas para a utilização de processos de seleção confiáveis. Um parâmetro genético de importância essencial é a herdabilidade, que reflete o quanto da variância fenotípica é devido às causas genéticas (JOSHI et al., 2018).

A hibridação, ou cruzamento, é feita após a seleção de parentais adequados para o objetivo específico do melhoramento. O pólen de flores desenvolvidas é coletado e inserido em botões florais cuja parte masculina ainda não se desenvolveu. O sucesso da hibridação varia de 10% a 75% na soja, pois é dependente das condições atmosféricas (baixa umidade, alta temperatura) para o desenvolvimento do pólen e da habilidade do responsável pelo cruzamento. O próximo passo é o avanço de geração para se produzir linhas segregantes, e como a soja é uma cultura auto-polinizável basta apenas cultivar algumas gerações para se criar uma população com indivíduos e linhagens segregantes (FEHR, 1987).

Em princípio, quanto mais tarde uma geração é selecionada (geralmente a partir da quarta geração), melhor é o efeito dos genes aditivos, pois estes já estarão fixados na população. Há duas formas principais de seleção: por indivíduos ou por linhas. Em uma geração inicial (F_2) a seleção individual é feita baseada em performance visual, usando

para isso a quantidade de vagens, número de grãos por planta, altura, ciclo, resistência à doenças e pragas e tipo de crescimento. Seleções feitas em gerações posteriores são baseadas em dados de produção de grãos, mas em todos os casos, a seleção é feita tendo por princípio a necessidade de se conhecer a herdabilidade de caracteres desejados e do número de plantas selecionadas (pressão de seleção), (SINGH, 2010).

Plantas selecionadas na geração F₂ podem ser homozigotas ou heterozigotas, não sendo possível simplesmente distingui-las visualmente, fazendo com que genótipos selecionados nesse ponto apresentem caracteres distintos em gerações posteriores, embora a principal vantagem de se fazer seleções antecipadas é diminuir a quantidade de trabalho necessário para se conduzir as populações posteriores. Já a seleção feita em linhagens posteriores possui maior nível de homozigoze, portanto os caracteres avaliados terão tendência a se manter entre gerações, no entanto a quantidade de trabalho e mão-de-obra necessária será maior (SINGH, 2010).

Vários métodos de melhoramento têm sido aplicados para o desenvolvimento de novas cultivares, podendo-se citar *Bulk*, *Single seed descent*, *pedigree*, seleção recorrente e retrocruzamentos. Cada método tem as suas vantagens e desvantagens e a escolha da mais apropriada irá depender dos recursos disponíveis para se realizar o melhoramento e as metas (FEHR, 1987).

O método de *Bulk* se baseia na seleção de plantas individuais baseada em caracteres visuais. Os melhores indivíduos são selecionados e colhidos, suas sementes são misturadas e acumuladas a cada ano. Quando a população estiver mantendo altos níveis de homozigose efetua-se a semeadura em linhas, que serão selecionadas. A condição principal para o uso deste método é que as condições ambientais sejam favoráveis e constantes para o desenvolvimento das populações, o que é algo difícil, pois condições ambientais variam conforme tempo e espaço (SINGH, 2010).

O método de *Single seed descent* (descendente de única semente) trata-se de obter uma única semente de uma única planta e semeá-la na próxima época. Ao serem colhidas, as sementes são misturadas e divididas em duas partes, onde uma é semeada e a outra é guardada como reserva. Fazendo isso, a população é mantida em tamanho constante junto com a sua variabilidade genética sem precisar lidar com um grande número de indivíduos ou linhas (SINGH, 2010).

No método de *pedigree*, a seleção começa nas gerações iniciais F₂ ou F₃ a partir de caracteres fenotípicos que podem ser mensurados, como produção de grãos, ciclo e altura. Cada planta selecionada é colhida e suas sementes são semeadas em fileiras na

geração seguinte (F_3) que são selecionadas entre e dentro das linhas de forma contínua até a geração F_5 ou F_6 , dessa forma a performance de uma única planta ou fileira pode ser rastreada até a geração F_2 . Este é o melhor método de seleção, no entanto envolve muita mão de obra, recursos e a seleção é limitada à época de cultivo e não pode ser feita sob casa de vegetação (FEHR, 1987).

Na seleção recorrente, a frequência de alelos desejados é aumentada ao se selecionar indivíduos de uma população produzida a partir de um cruzamento de indivíduos selecionados. Na soja, o ciclo de seleção é seguido por inter-cruzamentos entre os indivíduos selecionados até que o fenótipo desejado seja conseguido (SINGH, 2010).

Na seleção por retrocruzamento, plantas F_1 feitas a partir de pais selecionados são cruzadas novamente com um dos pais, de forma contínua até que o gene desejado seja transferido. Geralmente, genes de resistência à doenças, marcadores ou algum outro caráter qualitativo são transferidos dessa forma (SINGH, 2010).

Em um país como o Brasil, cuja extensão vai de 2° N até 30° S, o fotoperíodo tem diferentes durações de acordo com a latitude da região e devido ao fato da cultura da soja ser sensível ao fotoperíodo faz com que cada cultivar se adapte a uma latitude o que faz com que o melhoramento seja visando uma região climática específica, e classificando as regiões em grupos de maturidade (ALLIPRANDINI et al., 2009). Cruzamentos dentro de um único grupo de maturação são comuns, sendo que grupos de maior maturação são mais adaptadas para baixas latitudes, enquanto que grupos de maturação menor são mais adaptadas para altas latitudes.

A cultura da soja é altamente sensível ao fotoperíodo, e por isso uma cultivar de maturidade específica só cresceria de forma satisfatória em um raio de 100 km de uma latitude. À medida que o cultivo foi se expandido a partir do centro de origem, agricultores começaram a selecionar linhagens mais adequadas baseadas no período de maturação. Com o tempo, os agricultores acabaram por selecionar indivíduos que continham genes de resistência a patógenos, maiores grãos e aspectos morfológicos diversos que serviram de banco de germoplasma para o melhoramento moderno da cultura da soja (CARTER et al., 2004).

A flor da soja é hermafrodita, contendo ambos os órgãos masculinos (anteras e pólen) e femininos (estigma e ovários). No entanto os órgãos femininos amadurecem antes do amadurecimento dos órgãos masculinos e antes que a flor se abra. No momento que a flor se abre as partes masculinas já estão amadurecidas e já polinizaram as partes

femininas da flor, fazendo com que a flor já esteja fecundada antes que ela se abra completamente, denominado cleistogamia, o que a torna uma planta autógama, embora algumas flores da planta também possam ter fecundação cruzada mas a taxas menores que 2%.

A soja, por ser uma planta autógama pode ter os seu parâmetros genéticos estudados utilizando-se populações segregantes para se obter estimativas de herdabilidade, número de genes e heterose, que é a superioridade de uma geração híbrida sobre a média parental (BALDISSERA et al., 2013). Uma forma de se obter dados a respeito de parâmetros genéticos é através da utilização de dialelos, onde um certo número de parentais é cruzado entre si, obtendo-se todas as combinações possíveis. Com os dados das progênies, é além de se avaliar os parâmetros genéticos é possível também avaliar quais parentais são a melhor combinação para um determinado caráter. Dentre os métodos de análise de dialelo pode-se citar o modelo sugerido por Griffing (1956), ideal para se obter dados sobre as melhores combinações, o de Hayman (1954), mais apropriado para a análise de caracteres qualitativos, e a análise de Gardner e Eberhar (1966).

A produtividade de grãos é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento genético de soja. Uma das estratégias usadas os testes de progênies e tem por principal objetivo de se maximizar o ganho genético nas gerações iniciais e reduzir o consumo de tempo e trabalho na seleção das gerações posteriores. O sucesso da seleção do teste de progênie depende muito da avaliação da população segregante, da habilidade de se distinguir as diferenças genéticas entre genótipos em um único local e da manutenção destas diferenças em gerações posteriores (SUN, 2014). Como a seleção nas gerações iniciais acaba por descartar genótipos que poderiam ter caracteres promissores muita ênfase e cuidado é fornecida no teste de progênies, tomando-se cuidado na escolha de delineamentos e análises estatísticas adequadas (SINGH, 2010). Desta forma, o melhorista precisa entender a natureza do controle genético sob o caráter de interesse a partir dos dados de variância e herdabilidade de caracteres.

1.4. Parâmetros genéticos que se relacionam com produtividade da soja

A maior parte dos caracteres de interesse agrônômico são de herança quantitativa, controlados por vários genes (ACQUAAH, 2012) e a maior parte da variação genética da soja é de natureza aditiva (BRIM et al., 1961), fazendo com que

um indivíduo com uma alta concentração de genes para produtividade de grãos seja um bom indicativo do potencial genético de populações segregantes F_3 (SUN, 2014). Aditya et al. (2011) ao estudarem os parâmetros genéticos de 31 genótipos de soja relataram alta herdabilidade e alta correlação para os caracteres de ciclo, número de nós e peso de 100 sementes.

Streit et al (2001) relataram que a seleção para produção em gerações iniciais de soja era efetiva se houvesse testes em múltiplos locais para todas as populações analisadas.

A eficiência da seleção nas gerações iniciais é variável, e de acordo com os autores isso se deve aos critérios de seleção, genitores contrastantes, herdabilidade dos caracteres e da análise estatística utilizada. Bernardo (2003) afirma que a seleção inicial pode ser efetiva, a não ser que o efeito ambiental do caráter fosse mais alto. Yang (2009) sugeriu que a seleção inicial deveria ser utilizada para populações ou caracteres com pouco ou nenhum efeito não-aditivo em conjunto com alta herdabilidade. Portanto, a compreensão da natureza genética do caráter avaliado e seus componentes é a resposta para se obter seleções bem sucedidas nas gerações iniciais.

Resultados que refletem alta variabilidade em testes a campo é comumente aceito e em microambientes como testes experimentais essa variabilidade provém em parte devido à variação genética e variação de fatores não genéticos (ambientais) como por exemplo o espaçamento usado, a densidade de plantas e erro experimental (BERNARDO, 2003). Estes fatores ambientais têm influência na expressão de determinado caráter.

Hartwig e Edwards (1970) ao realizarem múltiplos cruzamentos em soja, encontraram que o tipo de crescimento indeterminado levava a menores produções por propiciar o acamamento. No entanto, Perini et al. (2012) ao avaliarem os componentes da produção de tipos determinado e indeterminado visando à seleção indireta para maior produtividade de grãos não verificaram diferenças quanto aos componentes de produção, exceto para altura das plantas na maturidade. Concluíram que a produtividade máxima da soja está relacionada com o número de grãos por planta, e não é dependente do tipo de crescimento.

Koester (2014) relata a respeito dos mecanismos fisiológicos envolvendo a absorção de radiação do dossel, conversão em biomassa em grãos de 24 cultivares liberadas entre os anos de 1923 e 2007. Segundo o autor, houve um ganho de 26,5 kg/ha anualmente e este ganho proveio das três variáveis analisadas. Foi relatado também

que o tempo necessário para fechamento do dossel não mostrou diferença significativa, mas o aumento do período de cultivo e diminuição de acamamento em cultivares modernas desempenha papel fundamental no aumento da produtividade de grãos.

Almeida et al. (2010) avaliaram as correlações de caracteres genotípicos, fenotípicos e ambientais de nove cultivares de soja e relataram que as correlações genotípicas de ciclo e altura da planta se correlacionavam de forma igual ou superior para a produção de grãos. No entanto Iqbal et al. (2010) relataram que o caráter de altura da planta não se correlacionava com a produção de grãos, mas sim com ciclo e número de nós por planta. Liu et al. (2005) investigaram as diferenças dos componentes de produção em dezesseis genótipos de soja que variavam para maturidade e relataram que genótipos de maturação tardia apresentaram maior número de vagens e número de sementes por vagem levando à produção superiores. Os autores relataram também que a maior parte dos grãos se posicionavam no terço médio e superior da planta.

Muniz et al. (2002) ao avaliarem populações F₂ e F₃ relataram alta correlação fenotípica entre os caracteres de produção de grãos, número de grãos por planta e número de vagens por planta. Dalchiavon e Carvalho (2012) relataram o mesmo sob o ponto de vista espacial e linear. Santos et al. (2017), ao selecionaram 12 genótipos em conjunto com seus genitores para altura de planta, ciclo, número de vagens por planta e produção relataram uma correlação média entre estes caracteres, exceto para número de vagens, que demonstrou alta correlação levando a maiores ganhos de seleção para a produção de grãos.

Wiggins et al. (2018) ao selecionarem 239 linhas F₄ segregantes com diferentes pressões de seleção (5%, 10%, 15% e 20%) e relataram que algumas linhagens excediam além das médias dos parentais e das testemunhas para os caracteres de produção de grãos, teor de óleo e proteína. No entanto, Popovic et al. (2016) relataram que a produção de grãos não se correlaciona com o “teor” de proteína ou óleo, mas sim com a massa de cada um destes componentes.

Um critério utilizado para se selecionar as progênies com os melhores parâmetros é o uso de índices de seleção, os quais buscam combinar os melhores caracteres de uma população, indivíduo ou linhagem e classificá-los do melhor para o pior. A predição para os ganhos de seleção varia conforme o índice utilizado (BIZARI et al., 2017). O índice de seleção direta e indireta clássica de Hazel (1943) é o mais utilizado, mas pode-se citar também os índices de seleção de soma de “*ranks*” de Mulamba e Mock (1978), o índice básico de Williams (1962), o índice baseado em

ganhos de Pesek e Baker (1969) e o índice da distância de genótipo-ideótipo (CRUZ, 2017).

Bizari et al. (2017) avaliaram as diferenças entre estes índices para seleção em soja, e relataram altas diferenças entre os índices, dependendo do caráter a ser avaliado, sendo que o índice básico de Williams (1962) e o índice de soma de “*ranks*” estimou os maiores ganhos de 12%.

REFERÊNCIAS

ADITYA, J.P.; BHARTIYA, P.; BHARTIYA, A. Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*G. max* (L.) Merrill). **Journal of Central European Agriculture**, Pantnagar, v.1, n.12, p.27-34, 2011. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/12.1.877>.

ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brasil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.252, n.1, p.1-9, 2003. <https://doi.org/10.1023/A:1024191913296>.

ACQUAAH, G. Principles of plant genetics and breeding. 2nd ed. **Wiley-Blackwell**, Oxford, 2012. <https://doi.org/10.1002/9781118313718>.

ALLIPRANDINI, L.F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P.F.; CAVASSIM, J.E.; GABE, H.L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M.N.; OLIVEIRA, M.A.R.; PITOL, C.; PRADO, L.C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification and Stability. **Crop Science**, Madison, v.9, p.801-809, 2009. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.07.0390>.

ALMEIDA, R.D.; PELUZIO, J.M.; AFFERRI, F.S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.26, n.1, p.95-99, Uberlândia, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100014>.

AINSWORTH, E.A.; YENDREK, C.R.; SKONECZKA, J.A.; LONG, S.P. Accelerating yield potential in soybean: potential targets for biotechnological improvement. **Plant, Cell & Environment**, Urbana, v.35, p.38-52, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02378.x>.

BALDISSERA, J.N.C.; VALENTINI, G.; COAN, M.M.D.; GUIDOLIN, A.F.; COIMBRA, J.L.M. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.14, n.2, p.181-189, 2014.

BERNARDO, R. On the effectiveness of early generation selection in self-pollinated crops. **Crop Science**, Madison, v.43, n.4, p.1558-1560, 2003. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1558>.

BIZARI, E.H.; VAL, B.H.P.; PEREIRA, E.M.; MAURO, A.O.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.1, p.110-117, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170012>.

BRIM, C.A.; COCKERHAM, C.C. Inheritance of quantitative characters in soybeans. **Crop Science**, Madison, v.1 p.187-190, 1961. <https://doi.org/10.2135/cropsci1961.0011183X000100030009x>.

CARTER, E.T., NELSON, R.L. SNELLER, C.H. CUI. Z. **Genetic diversity in soybean**. In: Soybeans: Improvement, production, and uses, 3rd ed., Madison, 2004.

CRUZ, C.D.; RODRIGUES, H.S.; ROSADO, R.D.S.; BHERING, L.L. Biometrics Applied to Soybean Breeding. **Soybean Breeding**, Viçosa, p.193-227, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57433-2_11.

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

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p.541-552, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p541>.

FEHR, W.R. Breeding methods for cultivar development. In: Wilcox, J.R. (ed.) Soybeans: Improvement, Production, and Uses, 2nd edn. Agronomy Monograph 16. American Society of Agronomy, **Crop Science Society of America**, and **Soil Science Society of America**, Madison, WI, USA, pp. 249–293, 1987.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames, Iowa State University, p. 12, 1977.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Tucson, v. 22, n. 3, p. 439-452, 1966. <https://doi.org/10.2307/2528181>.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourne, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956. <https://doi.org/10.1071/BI9560463>.

HARTWIG, E.E.; EDWARDS, C.J. Effects of Morphological Characteristics Upon Seed Yield in Soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 60, n. 1, p. 64-65, 1970. <https://doi.org/10.2134/agronj1970.00021962006200010021x>.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Baltimore, v. 39, n. 6, p. 789-809, 1954.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Davis, v. 28, p. 476-490, 1943.

HYMOWITZ, T. Speciation and cytogenetics. In: **Soybeans: Improvement, production, and uses**, 3rd ed. Madison, 2004.

IQBAL, A.; ARSHAD, M.; ASHRAF, M.; NAEEM, R.; MALIK, M.F.; WAHEED, A. Genetic divergence and correlations studies of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] genotypes. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v.42, n. 2, p.971-976, 2010.

JOSHI, D.; PUSHPENDRA, SINGH, K. ADHIKARI, S. Study of Genetic Parameters in Soybean Germplasm Based on Yield and Yield Contributing Traits. **International Journal of current Microbiology and Applied Sciences**, Tamilnad, v.7, n.1, p.700-709, 2018. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.085>.

KOESTER, R.P.J SKONECZKA, J.A.; CARY, TROY, R.; DIERS, B.W.; AINSWORTH, E. Historical gains in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.65, n.12, p.3311-3321, 2014. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru187>.

LIU, X.; JIN, J.; HERBERT, S.J.; ZHANG,Q.; WANG, G. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. **Field Crops Research**, Davis, v.93, p.85-93, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.09.005>.

SILVA, F.L.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; LUDKE, W.H. **Soybean Breeding**. Springer International Publishing, 2017.

MASUDA, T.; GOLDSMITH, P.D. World Soybean Production: Area Harvested, Yield, and Long-Term Projections. **International Food and Agribusiness Management Review**, Wageningen, v.12, n.4, 2009.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Citology**, Cairo, v. 7, p. 40-51, 1978.

MUNIZ, F.R.S.; MAURO, A.O.D.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; OLIVEIRA, J.A.; BARBARO, I.M.; ARRIEL, N.H.C.; COSTA, M.M. Parâmetros genéticos e fenotípicos em populações segregantes de soja. **Revista Brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.6, n.3, p.609-616, 2002.

RINCKER, K. et. al. Genetic Improvement of U.S. Soybean in Maturity Groups II, III, and IV. **Crop Science**, Madison, v.54, p.1-14, 2014.

PERINI, L.J.; FONSECA-JÚNIOR, N.S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.2531-2544, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Sup1p2531>.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant Science**, Alberta, v. 49, p. 803-804, 1969. <https://doi.org/10.4141/cjps69-137>.

POPOVIC, V.; TATIC, M.; SIKORA, V. Variability of yield and chemical composition in soybean genotypes grown under different agroecological conditions of Serbia. **Romanian Agricultural Research**, Bucharest, n.33, p. 29-31, 2016.

SANTOS, E.R.; SPEHAR, C.R.; CAPONE, A.; PEREIRA, P.R. Estimativa de parâmetros de variação genética em progenies F2 de soja e genitores com presença e ausência de lipoxigenases. **Nucleus**, Brasília, v.15, n.1, p.61-71, 2018. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.2169>.

SINGH, R.K.; PUSHPENDRA, SINGH, K.; BHARDWAJ, M. Gene effects for major quantitative traits in soybean [*Glycine max* (L.) merrill]. **Soybean Genetics**, Iowa, 2010.

SOYSTATS, **International: World Soybean Production**. Disponível em: <http://soystats.com/international-world-soybean-production>. Acesso em 15/11/2018.

STREIT, L.G., FEHR, W. R.; WELKE, G. A. Family and line selection for seed yield of soybean. **Crop Science**, Madison, v.41, p. 358-362, 2001. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.412358x>.

SUN, M. Efficiency study of testing and selection in progeny row yield trials and multiple-environment yield trials in soybean breeding. **Iowa State University Capstones, Theses and Dissertations**, 2014.

TANAKA, Y.; SHIRAIWA, T. Steam growth habit affects leaf morphology and gas exchange traits in soybean. **Annals of Botany**, Oxford, v.104, p.1203-1299, 2009. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp240>.

TIAN, Z.; WANG, X.; LEE, R. LI, Y.; SPECHT, J.E.; NELSON, R.L.; MCCLEAN, P. E., QIU, L.; MA, J. Artificial selection for determinate growth habit in soybean. **PNAS**, Baltimore, v.107, n.19, p.8563-8568, 2010. <https://doi.org/10.1073/pnas.1000088107>.

TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; KASTER, M.; MIRANDA, L.C.; MENOSSO, O.G. Genetics and breeding. In: EMBRAPA-CNPSo, **Tropical soybean: improvement and production**. Brasília, p.19-36, 1994.

TURZI, M. The political economy of agricultural boom: Managing Soybean Production on Argentina, Brazil and Paraguay. **Palgrave Macmillan**, Springer, 2017.

WIGGINS, B.; WIGGINS, S.; CUNICELLI, M.; SMALWOOD, C.; ALLEN, F.; WEST, D.; PANTALONE, V. Genetic Gain of Soybean Seed Protein, Oil, and Yield in a Recombinant Inbred Line Population. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, Iowa, 2018. <https://doi.org/10.1002/aocs.12166>.

WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Wiley, v. 18, p. 375-393, 1962. <https://doi.org/10.2307/2527479>.

YANG, R.C. When is early generation selection effective in self-pollinated crops? **Crop Science**, Madison, v. 49, p. 2065–2079, 2009. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.01.0029>.

CAPÍTULO II

CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA

Resumo: A escolha de parentais é o primeiro passo para o desenvolvimento de cultivares de soja mais produtivas, no entanto, mesmo que uma cultivar e/ou genótipo demonstre ter caracteres agronômicos favoráveis nem sempre apresentam alta capacidade de combinação, por isso estudos dessa natureza auxiliam melhoristas na seleção de parentais. Objetivou-se neste estudo avaliar a capacidade de combinação de cinco cultivares de soja por meio do dialelo de Griffing. As cultivares UFUS 6901, UFUS Riqueza, UFUS 7415, BR/MG46 Conquista e UFUS 7910 foram cruzadas entre si obtendo-se dez combinações F₁, que foram conduzidas em casa de vegetação sob o delineamento de blocos casualizados com três repetições. Os parentais e os híbridos foram analisados para os caracteres de: número de dias, altura e número de nós no estádio R1; e no estádio R8 para os caracteres de: número de dias, altura, número de nós, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens cheias, vazias e totais, produção e número de grãos por planta. As análises genético-estatísticas foram realizadas no Programa Genes e os resultados mostraram que as cultivares UFUS 6901 e UFUS Riqueza são promissoras para a seleção de caracteres de ciclo, número de vagens e produção de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*, dialelo, capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação.

CHAPTER II

COMBINING ABILITY FOR SOYBEAN GENOTYPES

Abstract: Selecting parents is the first step for the development of high yield soybean cultivars, however even that one cultivar and/or genotype shows favorable agronomical traits they not always show high combining ability, therefore studying their nature help to assist plant breeders in choosing the best parents. This paper had the aim the evaluate five soybean cultivars and their best combinations by using the Griffing diallel. The cultivars UFUS 6901, UFUS Riqueza, UFUS 7415, BR/MG46 Conquista and UFUS 7910 were crossed between each other to obtain ten F₁ combinations that were carried on greenhouse under a casualized block design with three repetitions. The parents and the hybrids were analyzed for the traits of: number of days to flowering, plant high and number of knots in stage R1; number o days to maturity, plant high, number of knots, high insertion of first pod, number of filled, unfilled and total pods, yield and grains per plant in stage R8. The genetic-statistic analyzes were made it in the Genes Program and the results showed that the cultivars UFUS 6901 and UFUS Riqueza are promising for the selection of traits of cycle, pod number and yield.

Keywords: *Glycine max*, diallel, general combining ability, specific combining ability.

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma cultura cujos grãos são ricos em lipídeos e proteínas. Originária de clima temperado e com ampla adaptação aos climas subtropicais e tropicais (WIGGINS et al., 2018). De todas as grandes culturas, a soja foi a que mostrou o maior incremento de produção nas últimas décadas, sendo os Estados Unidos da América os maiores produtores, com 122 mi toneladas métricas (FAO: Food and Agriculture Organization, 2018) seguido pelo Brasil, com 118 mi toneladas métricas (CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento, 2018).

O incremento da produção mundial de soja foi possível graças a novas técnicas de produção combinadas com o melhoramento genético da cultura, que é contínuo. Há muitos programas de melhoramento da soja distribuídos pelo mundo, cada um com diferentes metas de melhoramento com o objetivo de sempre obter alta produtividade de grãos.

A primeira fase de um programa de seleção é iniciada pela da escolha de genitores, os quais são cruzados para a obtenção de sementes e posteriormente a obtenção das populações segregantes, à qual o melhorista irá se focar para coletar dados a respeito do material genético para saber qual é a melhor combinação de genitores e obter uma população melhorada para o(s) caráter(s) selecionado(s) (CRUZ et al., 2017).

O conhecimento das propriedades de um caráter genético auxilia a escolha do método mais viável para programas de melhoramento genético sendo que os melhoristas podem considerar a contribuição de cada componente, podendo-se citar a metodologia dos dialelos, que são bem eficientes para se avaliarem quais são os melhores genitores e suas melhores combinações, sendo que o modelo de análise proposto por Griffing (1956) é o mais usado para se estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC). Caracteres que demonstram alta relação CGC/CEC levam a maiores ganhos de seleção na próxima geração (BI et al., 2015)

Objetivou-se neste estudo avaliar a capacidade de combinação para os caracteres de número de dias, altura e número de nós no estágio R1; e no estágio R8 para os caracteres de: número de dias, altura, número de nós, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens cheias, vazias e totais, produção e número de grãos por planta de cinco cultivares de soja por meio do dialelo de Griffing (1956).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Programa de Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada na Fazenda Capim Branco da UFU (18°52'S; 48°20'W e 805 m de altitude), no município de Uberlândia – MG.

Neste estudo foram selecionadas cultivares de soja com alta produtividade e diferentes grupos de maturidade, variando de 7,0 a 8,7 (ALLIPRANDINI et al., 2009). Cinco cultivares foram utilizadas (Tabela 1) sendo todas adaptadas para a macrorregião 3 e a produção de grãos é relatada com altos potenciais (ZITO et al., 2017).

TABELA 1. Descrição das cultivares selecionadas como genitores.

Cultivar	Grupo de Maturação	Tipo de crescimento	Cor da flor	Região de adaptação
UFUS 6901	7,0	Indeterminado	Branca	3
UFUS Riqueza	8,7	Determinado	Roxa	3
UFUS 7415	7,2	Semideterminado	Roxa	3
BR/MG46 Conquista	8,2	Determinado	Roxa	3
UFUS 7910	8,2	Determinado	Roxa	3

Fonte: Zito et al., 2017.

Os blocos de cruzamentos foram semeados entre Janeiro e Março de 2016 de forma escalonada a cada três dias. O escalonamento foi feito no intuito de favorecer a coincidência de florescimento de genitor feminino e masculino e também de se aumentar a janela de oportunidade para os cruzamentos, sendo que todos os parentais seriam cruzados entre si. Foram semeadas cinco sementes por vaso plástico de 3,0 dm³, preenchidos com substrato na proporção 3:1:1 (solo: areia: matéria orgânica), e a adubação de semeadura foi realizada aplicando o equivalente a 400,0 kg ha⁻¹ NPK da formulação 4-30-16. As plântulas foram desbastadas quando atingiram o estágio V1 (FEHR e CAVINESS, 1977) deixando-se apenas três plântulas por vaso. Irrigações foram feitas duas vezes por dia e o controle de pragas e doenças foi feito semanalmente com a aplicação do inseticida Tiametoxam/Lambda-Cialotrina (200,0 mL ha⁻¹) e do fungicida mancozeb (3,0 kg ha⁻¹).

Realizaram-se hibridações artificiais entre os genitores, de modo a constituir um dialelo de meia tabela e para cada combinação obteve-se dez sementes híbridas F₁ que foram semeadas em Agosto de 2016. Foram semeadas três sementes por vaso plástico de 3,0 dm³ com substrato preenchidos na proporção 3:1:1 (solo: areia: matéria orgânica) e com a mesma recomendação de adubação usada durante a hibridação dos parentais. As dez combinações híbridas e os cinco parentais foram semeados em blocos casualizados com três repetições, formando 45 parcelas sendo cada parcela um vaso cultivado com três plantas. A irrigação foi feita duas vezes ao dia e o controle de pragas e doenças foi feito da mesma forma que os cruzamentos dos parentais.

Os caracteres analisados foram feitos nos estádios R1 (50% das plantas apresentaram florescimento) e R8 (50% das plantas já apresentaram vagens maduras) de acordo com a escala de Fehr e Caviness (1977) e foram avaliados os seguintes caracteres:

- a) Número de dias até o florescimento (NDF): período de dias decorrido entre a emergência e o surgimento da primeira flor (R1);
- b) Altura da planta no florescimento (APF): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até o ápice da planta, no estádio R1;
- c) Número de nós no florescimento (NNF): contagem de todos os nós da haste principal da planta, em R1;
- d) Número de dias até a maturação (NNM): período de dias decorrido entre a emergência e maturidade, no estádio R8;
- e) Altura da planta na maturação (APM): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até o ápice da planta, no estádio R8;
- f) Número de nós na maturação (NNM): contagem de todos nós da haste principal da planta, em R8;
- g) Altura de inserção da primeira vagem (AIPV): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até a inserção da primeira vagem;
- h) Número de vagens vazias (NVV): soma total de vagens que não possuíam nenhum grão, após a colheita das plantas;
- i) Número de vagens cheias (NVC): soma total de vagens que continham pelo menos um grão após a colheita das plantas;
- j) Número de vagens total (NVT): soma total de vagens após a colheita das plantas;

k) Produção de grãos por planta (PROD): peso total dos grãos em gramas (g) por cada planta;

l) Número de grãos por planta (NGP): Soma total de grãos após a colheita.

Os dados foram submetidos à análise de variância e pelo teste de F a 5% de significância para a obtenção do quadrado médio do resíduo e grau de liberdade. As médias dos parentais e suas combinações F₁ foram utilizadas para a realização da análise em esquema de dialelo baseado no modelo 2 proposto por Griffing (1956) para a obtenção das estimativas de CGC e CEC. As análises foram realizadas no programa computacional GENES (CRUZ, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento sobre a habilidade de combinação de genitores é útil no processo de melhoramento pois permite escolher os parentais com os melhores caracteres para o desenvolvimento de cultivares superiores. Detectou-se variância genética para os caracteres de NNF, NDM, NNV e NGP, porém os outros oito caracteres não foram detectadas variâncias para os genótipos pelo teste de F e coeficientes de variação entre 11,21% (NNM), 5,19 (NDM) e 35,6 % (PROD) (Tabela 2). A falta de significância para o número de dias para a maturidade (NDM) é discordante para vários estudos envolvendo CGC e CEC (FARSHADFAR et al., 2013; KATALIKO et al.), no entanto, Susanto (2018) relatou significância para este caráter quando os parentais são contrastantes, porém neste experimento os genitores UFUS 6901 e UFUS 7415 possuem ciclos semelhantes (grupo de maturidade 7,0 e 7,2), assim como os genitores BR/MG46 Conquista e UFUS 7910 (grupo de maturidade 8,2).

TABELA 2. Resumo da análise de variância para caracteres agronômicos e produção de grãos em 15 híbridos e 5 cultivares de soja, Uberlândia-MG.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		NDF	NNF	APF	NDM	APM	NNM
Blocos	2	3,30	13,27	44,15	11,62	236,29	3,89
Genótipos	14	165,75**	8,38ns	157,70**	68,99ns	278,78**	11,41**
Resíduo	28	41,14	4,57	31,06	37,02	50,19	1,98
Total	44						
Média		47,49	9,02	33,95	117,04	51,98	12,55
CV%		13,50	23,76	16,41	5,19	13,63	11,21

Fonte	GL	Quadrado médio					
		APV	NVV	NVC	NVT	PROD	NGP
Blocos	2	7,75	74,47	333,89	97,35	32,80	1136,02
Genótipos	14	28,92**	32,15ns	1098,67*	1001,89*	177,12*	2883,78ns
Resíduo	28	5,75	28,70	411,46	428,40	65,60	1565,45
Total	44						
Média		10,30	6,40	67,04	73,37	24,10	122,30
CV%		23,26	83,70	30,25	28,20	35,60	32,34

GL: graus de liberdade; CV: Coeficiente de variação; * e **: significativo a Teste de F 5% e 1%; ns: não significativo; NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura da planta no florescimento; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura da planta na maturidade; NNM: número de nós na maturidade; APV: altura da primeira vagem; NVV: número de vagens vazias; NVC: número de vagens cheias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos; NGP: Número de grãos por planta.

A capacidade geral de combinação (CGC) refere-se à média da performance de um parental em uma combinação de cruzamentos, enquanto que a capacidade específica de combinação (CEC) refere-se à performance um parental específico para um único cruzamento. Significância para com CGC significa que há diferenças para com um caráter em questão entre os pais, tornando-se um bom indicativo de escolha do parental para um programa de seleção (FARSHAD FAR et al., 2013). Bi et al. (2015) relataram que um alto valor para a razão CGC/CEC resulta em alta herdabilidade e mostra alta relevância de genes aditivos enquanto que valores baixos mostram a prevalência de genes dominantes ou epistáticos. Neste experimento, os caracteres de NDF, APF, APM, NVC e NVT mostraram razões CGC/CEC acima de 2 (Tabela 3), levando a crer que a seleção para estes caracteres poderia levar a altos ganhos genéticos na próxima geração (ELGARHY et al., 2015).

TABELA 3. Análise de variância da capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e razão CGC/CEC.

FV	GL	QM			
		NDF	APF	APM	NNM
Genótipos	14	163,22	177,80	279,50	10,22
CGC	4	323,44	337,40	575,40	14,65
CEC	10	99,14	113,97	161,14	8,45
Resíduo	28	41,14	31,06	50,19	1,98
Variância		0,91	0,69	1,11	0,04
CGC/CEC		3,26	2,96	3,57	1,73

FV	GL	QM			
		AIPV	NVC	NVT	PROD
Genótipos	14	24,80	1353,34	1136,50	205,80
CGC	4	16,15	2517,98	2126,23	223,37
CEC	10	28,25	887,50	740,60	198,77
Resíduo	28	5,75	411,46	428,40	65,60
CGC/CEC		0,57	2,84	2,87	1,12

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; NDF: número de dias para o florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; APM: altura da planta na maturidade, em cm; NNM: número de nós na maturidade; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NVC: número de vagens cheias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

A seleção para os caracteres de NDF, APF e APM é importante pois permite a manipulação do ciclo de produção e maior resistência ao tombamento durante o crescimento vegetativo, e de acordo com estimativas de CGC dos parentais deste experimento (Tabela 4), a cultivar UFUS 6901 apresentou os menores valores para NDF e APF e o maior para APM.

Os caracteres de NNM e AIPV foram os que apresentaram menores valores para CGC, uma indicação de que este caráter é de baixa herdabilidade, embora vários autores afirmassem que estes caracteres seriam de natureza aditiva e outros afirmassem que tanto genes aditivos quanto não-aditivos participavam de forma igual na composição destes caracteres (AGOYI et al., 2016; PAINKRA et al., 2017; SUSANTO, 2018). O parental UFUS 7910 demonstrou ter maior CGC para estes caracteres, e a cultivar UFUS Riqueza foi o que apresentou maiores valores de NDF, NVC, NVT e PROD, mostrando serem parentais de alto potencial para estes caracteres (Tabela 4).

TABELA 4. Capacidade geral de combinação de cinco cultivares de soja analisados em dialelo parcial de Griffing (1956) modelo 2.

CGC				
Parental	NDF	APF	APM	NNM
UFUS 6901	-5,4	-5,02	7,97	1,46
UFUS Riqueza	5,46	-2,74	-6,17	-0,54
UFUS 7415	0,17	0,68	0,54	-0,25
BR/MG46 Conquista	1,03	5,25	0,4	-0,11
UFUS 7910	-1,25	1,83	-2,74	-0,54
CGC				
Parental	AIPV	NVC	NVT	PROD
UFUS 6901	-0,17	6,23	5,17	2,6
UFUS Riqueza	-1,17	14,09	14,3	2,88
UFUS 7415	-0,17	0,8	-2,11	1,45
BR/MG46 Conquista	0,25	-13,6	-11,7	-4,25
UFUS 7910	1,25	-7,5	-5,7	-2,68

CGC: capacidade geral de combinação; NDF: número de dias para o florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; APM: altura da planta na maturidade, em cm; NNM: número de nós na maturidade; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NVC: número de vagens cheias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

Com relação à CEC (Tabela 5), a combinação UFUS 6901 x UFUS 7910 foi a que apresentou o menor valor para NDF (-14,47) enquanto que a combinação UFUS 6901 x UFUS 7415 apresentou o maior valor (5,09). A combinação UFUS Riqueza x UFUS 7415 mostrou-se como aquela com os maiores valores para os caracteres de NVC (30,71), NVT (29,33) e PROD (17,85).

Para os caracteres de altura de planta e altura de inserção da primeira vagem, a combinação BR/MG46 Conquista x UFUS 7910 foi a que demonstrou os menores valores, enquanto que a combinação UFUS 7415 x BR/MG46 Conquista mostrou possuir o maior valor para APF e a combinação UFUS 6901 x UFUS Riqueza mostrou o maior valor para APM e AIPV, levando a crer que esta última combinação possa dar origem a genótipos com menores perdas de colheita por ter um vagens mais elevadas a partir do nível do solo.

TABELA 5. Capacidade Específica de Combinação de cinco cultivares de soja analisados em dialelo parcial de Griffing (1956) modelo 2.

CEC						
Parental 1		Parental 2	NDF	APF	APM	NNM
UFUS 6901	x	UFUS Riqueza	-0,19	0,91	6,01	0,61
UFUS 6901	x	UFUS 7415	5,09	-4,52	-2,7	1,33
UFUS 6901	x	BR/MG46 Conquista	0,23	-2,09	0,43	0,19
UFUS 6901	x	UFUS 7910	-14,47	-0,67	0,57	-1,38
UFUS Riqueza	x	UFUS 7415	-1,76	0,19	0,42	0,33
UFUS Riqueza	x	BR/MG46 Conquista	1,38	-8,38	-8,43	-0,81
UFUS Riqueza	x	UFUS 7910	2,67	0,04	-10,28	-3,38
UFUS 7415	x	BR/MG46 Conquista	2,67	10,19	0,85	-1,09
UFUS 7415	x	UFUS 7910	-1,04	-3,38	-6,01	-0,67
BR/MG46 Conquista	x	UFUS 7910	0,09	-8,95	-6,85	0,19

CEC						
Parental 1		Parental 2	AIPV	NVC	NVT	PROD
UFUS 6901	x	UFUS Riqueza	4,47	6,28	8,04	6,71
UFUS 6901	x	UFUS 7415	-0,52	1,57	1,47	-1,85
UFUS 6901	x	BR/MG46 Conquista	0,05	-4,01	-0,95	-3,14
UFUS 6901	x	UFUS 7910	3,05	-16,01	-14,95	-5,71
UFUS Riqueza	x	UFUS 7415	-0,52	30,71	29,33	17,85
UFUS Riqueza	x	BR/MG46 Conquista	-2,95	16,14	11,09	2,57
UFUS Riqueza	x	UFUS 7910	-1,95	-6,00	-11,09	-2,00
UFUS 7415	x	BR/MG46 Conquista	3,04	-14,57	-12,67	-5,00
UFUS 7415	x	UFUS 7910	-2,95	-15,71	-13,67	-3,57
BR/MG46 Conquista	x	UFUS 7910	-3,38	0,71	5,90	2,14

CEC: capacidade específica de combinação; NDF: número de dias para o florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; APM: altura da planta na maturidade, em cm; NNM: número de nós na maturidade; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NVC: número de vagens cheias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

4. CONCLUSÕES

Os parentais UFUS 6901 e UFUS Riqueza os que obtiveram maior capacidade de combinação geral para o caráter de produção.

As combinações UFUS 6901 x UFUS 7415 e UFUS 6901 x UFUS Riqueza foram as que demonstraram as melhores combinações específicas para os caracteres de número de vagens e produção de grãos, podendo ser selecionadas para estes caracteres e levando a genótipos superiores.

REFERÊNCIAS

- ALLIPRANDINI, L.F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P.F.; CAVASSIM, J.E.; GABE, H.L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M.N.; OLIVEIRA, M.A.R.; PITOL, C.; PRADO, L.C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification and Stability. **Crop Science**, Madison, v.9, p.801-809, 2009. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.07.0390>
- AGOYI, E.E.; MOHAMMED, K.E.; ODONG, T.L.; TUMUHAIRWE, J.B.; CHIGEZA, G.; TUKAMUHABWA, P. Mode of inheritance of promiscuous nodulation and combining abilities in soybean genotypes. **International Journal of Agronomy and Agricultural Research**, Rome, v.9, n.1, p.73-82, 2016.
- BI, Y.; LI, W.; XIAO, J.; LIN, H.; LUI, M.; LIU, M.; LUAN, X.; ZHANG, B.; XIE, X.; GUO, D.; LAI, Y. Heterosis and Combining Ability Estimates in Isoflavone Content Using Different Parental Soybean Accessions: Wild Soybean, a Valuable Germplasm for Soybean Breeding, **Plos one**, San Francisco, v.10, n.1, p1-13, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114827>
- CHO, Y.; SCOTT, R.A.; Combining ability of seed vigor and seed yield in soybean. **Euphytica**, Wageningen v.112, p.145-150, 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1003827930786>
- CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Safra 2018/19** – Terceiro Levantamento, Brasília, v.6, n.3, Dezembro, 2018.
- CRUZ, C.D.; RODRIGUES, H.S.; ROSADO, R.D.S.; BHERING, L.L. Biometrics Applied to Soybean Breeding. **Soybean Breeding**, Viçosa, p.193-227, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57433-2_11
- CRUZ, C. D. (GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, p. 271-276, 2017.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames, Iowa State University, p. 12, 1977.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, **Food and Agricultural commodities production, commodities by country**, FAOSTAT, 2017. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em 15 de Dezembro de 2018.

FARSHADFAR, E.; KAZEMI, Z.; YAGHOTIPOOR, A. Estimation of combining ability and gene action for agromorphological characters of rapeseed (*Brassica napus* L.) using linextexter mating design. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v.1, n.7, p711-717, 2013.

EL-GARHY, A.M.; AKRAM,R.M.; RABIE, E.M.; RAGHEB,S.B.; KHEWA,M.M. Diallel Analysis for Resistance to Cotton Leaf Worm, Seed Yield and some Related Characters in Soybean. **Egyptian Journal of Plant Breeding**, v.19, n.3, p.965-977, 2015. <https://doi.org/10.12816/0031572>

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956. <https://doi.org/10.1071/BI9560463>

KATALIKO, R.K.; KIMANI, P.M.; MUTHOMI, J.W.; WANDERI, S.W.; OLUBAYO, F.M.; NZUVE, F. Combining ability of resistance to pod shattering and selected agronomic traits of soybean. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v.6, p.176-188, 2018.

PAINKRA, P.; NAG, S.K.; KHUTE, I. Identification of Best Combiners for Soybean Improvement at Chhattisgarh Plains. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.6, n.11, p.478-482, 2017. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.057>

SUSANTO, G.W.A. Estimation of gene action trough combining ability for maturity in soybean. **SABRAO Journal of Breeding and Genetics**, v.50, n.1, p.62-71, 2018.

WIGGINS, B.; WIGGINS, S.; CUNICELLI, M.; SMALWOOD, C.; ALLEN, F.; WEST, D.; PANTALONE, V. Genetic Gain of Soybean Seed Protein, Oil, and Yield in a Recombinant Inbred Line Population. **Journal of the American Oil Chemist Society**, 2018. <https://doi.org/10.1002/aocs.12166>

ZITO, R.K.; MELLO FILHO, O.L.; PEREIRA, M.J.Z.; MEYER, M.C.; HIROSE, E.; FIDELIS, A.C.; NUNES JUNIOR, J.; VIEIRA, N.E.; SEIL, A.H.; PIMENTA, C.B.; SANCHEZ, I.; MOREIRA, A.J.A.; NUNES, M.R.; DESSIMONE, M.G.L.; SENE, B. R. A. de; SOUSA, R.C.; NEIVA, L.C. da S. Cultivares de Soja: Macroregiões 3, 4 e 5. **Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária**, 2017.

CAPÍTULO III

PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERES FENOTÍPICOS DE TRÊS POPULAÇÕES SEGREGANTES DE SOJA

Resumo: O estudo dos componentes genéticos de caracteres de produção da soja é essencial para programas de melhoramento visando o aumento da produtividade. O objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros genéticos, variâncias, herdabilidades e ganhos de seleção de 12 caracteres agrônômicos de três populações F₂ segregantes de soja convencional. O experimento foi realizado na estação experimental do Programa de Melhoramento Genético de Soja, na Fazenda Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia. Foram avaliadas três populações segregantes F₂ (UFUS 6901 x BR/MG 46 Conquista, UFUS 6901 x UFUS Riqueza e UFUS 6901 x UFUS 7415) e seus respectivos genitores em condições de campo para os caracteres de: número de dias, altura e número de nós no estádio R1; número de dias, altura, número de nós, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens cheias, vazias e totais, produção por planta no estádio R8. As análises genético-estatísticas foram realizadas no Programa Genes. Os valores de herdabilidade foram variaram de 30% a 90% para os caracteres de ciclo e altura de planta e variou de 23% a 55% para produção de grãos. Em relação aos ganhos de seleção para a produção de grãos a população UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista mostrou ganho de 35%, a população UFUS 6901 x UFUS 7415 teve ganho de 14,5% e a população UFUS 6901 x UFUS Riqueza mostrou ganho de 2,3%.

Palavras-chave: *Glycine max*, herdabilidade, ganho genético.

CHAPTER III

GENETIC PARAMETERS OF PHENOTYPICAL TRAITS OF SOYBEAN INBREEDING POPULATIONS

Abstract: The study of genetical components of soybean yield traits is essential to breeding programs aiming the increase of yield. The aim of this study was to evaluate the genetical parameters, variance, heritability and selection gain of 12 agronomical traits of three F₂ inbreeding populations (UFUS 6901 x BR/MG 46 Conquista, UFUS 6901 x UFUS Riqueza e UFUS 6901 x UFUS 7415) and their parents in field conditions for the traits of: number of days to flowering, plant high and number of knots in stage R1; number o days to maturity, plant high, number of knots, high insertion of first pod, number of filled, unfilled and total pods, yield in stage R8. The genetic-statistic analyzes were made it in the Genes Program. Heritability values were between 30-90% for cycle and plant high traits and 23%-55% for yield. Selection gain for yield was higher for UFUS 6901 x BR/MG46 population, showing a gain of 35%. UFUS 6901 x UFUS 7415 population showed a yield gain of 14.5% and UFUS 6901 x UFUS Riqueza showed a yield gain of 2.3%.

Keywords: *Glycine max*, heritability, selection gain.

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma cultura cujos grãos são ricos em lipídeos e proteínas. Originária de clima temperado e com ampla adaptação aos climas subtropicais e tropicais, a soja é considerada uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo, com uma produção mundial de 281,84 milhões de toneladas, sendo os Estados Unidos da América os maiores produtores, com 122 mi t (FAO, 2018) seguido de perto pelo Brasil, com 118 mi t (CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, 2018).

Considerando-se a importância econômica da soja, as pesquisas genéticas são relativamente recentes em comparação com as outras grandes culturas, como trigo e milho, mas à medida que a soja aumentou seu status econômico e o melhoramento expandiu muitos estudos genéticos começaram a ser feitos para se aperfeiçoar os programas de melhoramento, incluindo neles os estudos da herança dos caracteres quantitativos para se avaliar a herdabilidade de caracteres, heterose e estratégias de melhoramento. Porém, como a soja é uma cultura auto-polinizável, a obtenção de cruzamentos para a obtenção de populações segregantes é muito laboriosa, especialmente quando se deseja utilizar seleção recorrente e retrocruzamentos (POEHLMAN; SLEPER, 1995).

Atualmente, muita ênfase é colocada para o desenvolvimento de cultivares de soja. A estimação do parâmetro de herdabilidade, ou quanto da variância fenotípica se deve a efeitos genéticos, fornece uma excelente abordagem para se determinar o ganho genético para caracteres específicos (WIGGINS et al., 2018). O primeiro passo é a seleção de parentais adequados e geneticamente distintos para que se possa obter variabilidade genética de seus cruzamentos e com isso conseguir uma alta variabilidade populacional na próxima geração. Em seguida realiza-se a hibridação, seguido por avanço de gerações e seleção baseado em parâmetros genotípicos e avaliação das linhagens posteriores em ambientes diversos.

Como a soja é uma planta autógama, as cultivares comerciais são consideradas como linhagens puras (homozigotas), fazendo com que toda a variância encontrada nos parentais seja de origem ambiental. Assim, para se calcular a variância genotípica de uma população híbrida basta utilizar os parentais como testemunhas e fazer a diferença entre variâncias dos parentais e seus híbridos para se obter o quanto da variação se deve

aos genes e com isso obter os valores e estimativas de parâmetros genéticos, como , herdabilidade, número de genes e ganhos de seleção (BALDISSERA, 2013).

Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar parâmetros genéticos para caracteres de relevância agronômica, obter as estimativas de herdabilidade, selecionar os melhores indivíduos e prever o ganho de seleção de três populações F₂ de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Programa de Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizado na Fazenda Capim Branco da UFU (18°52' S; 48°20' W e 805 m de altitude), no município de Uberlândia – MG.

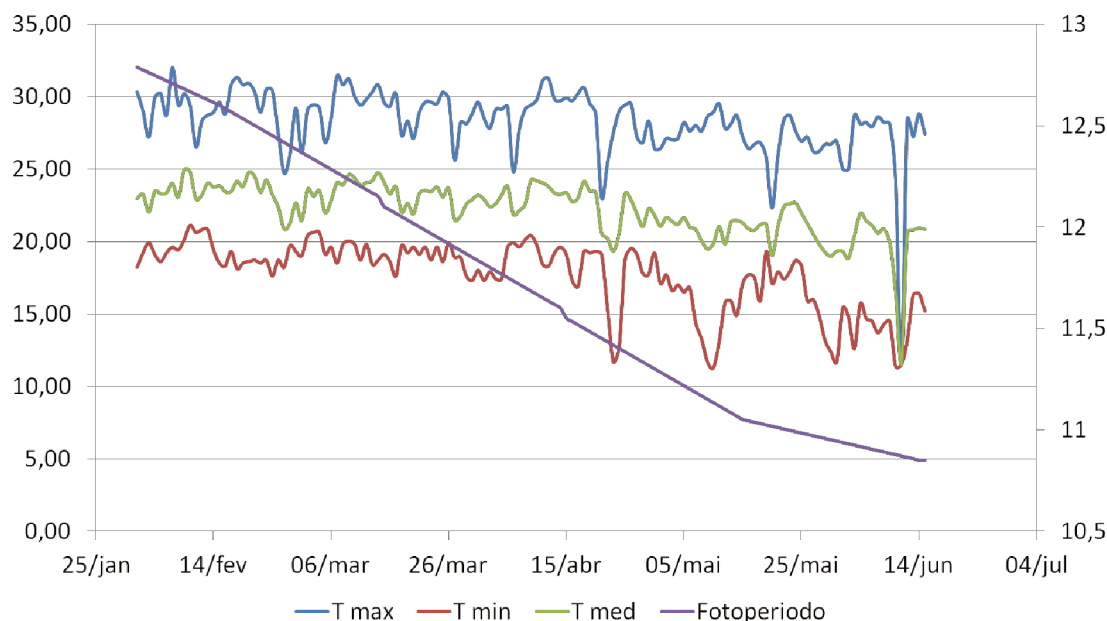
Foram semeadas sementes F₂ de populações provenientes de cruzamentos da cultivar UFUS 6901 com as cultivares UFUS 7415, UFUS Riqueza e BR/MG46 Conquista, gerando três populações. As sementes F₁ foram semeadas no ano de 2016 dentro de uma casa de vegetação.

Para a geração F₁ foram usados vasos plásticos de 3,0 dm³, preenchidos com substrato na proporção 3:1:1 (solo: areia: matéria orgânica) e a adubação de semeadura foi realizada aplicando o equivalente a 400,0 kg ha⁻¹ NPK da formulação 4-30-16. Irrigações foram feitas duas vezes por dia e o controle de pragas e doenças foi feito semanalmente com a aplicação do inseticida Tiametoxam/Lambda-Cialotrina (200,0 mL ha⁻¹) e do fungicida mancozeb (3,0 kg ha⁻¹).

A adubação da aérea de semeadura do F₂ foi feita aplicando 300,0 kg de NPK da formulação 4-30-16 e a semeadura das três populações F₂ foi realizada em campo no dia 11/02/2017 na fazenda experimental Capim Branco junto com os parentais, fornecendo sete populações a serem analisadas. Foram feitas quatro repetições de cada população, gerando um total de 28 parcelas. Cada parcela continha quatro linhas de 1,5 m de comprimento espaçadas a 0,50 m e foram semeadas 15 sementes por linha. Pragas e doenças foram controladas com os mesmos defensivos usados na condução da geração F₁ embora tenha-se usado uma bomba costal a campo.

Os dados meteorológicos foram obtidos com uma estação meteorológica automática (modelo Vantage Pro2. Davis Hayward, CA. EUA) programada para realizar leituras a cada dez minutos. Informações sobre a temperatura do ar (0,5C° de acurácia), pluviosidade (5% de acurácia), e fotoperíodo (5% de acurácia) foram analisadas e disponibilizadas na Figura 1.

FIGURA 1. Valores de temperatura e fotoperíodo durante a condução de populações segregantes de soja a campo.



Os caracteres agrônômicos analisados foram feitos nos estádios R1 (50% das plantas apresentaram florescimento) e R8 (50% das plantas já apresentaram vagens maduras) de acordo com a escala de Fehr e Caviness (1977) e foram avaliados os seguintes caracteres:

- Número de dias até o florescimento (NDF): período de dias decorrido entre a emergência e o surgimento da primeira flor (R1);
- Altura da planta no florescimento (APF): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até o ápice da planta, no estádio R1;
- Número de nós no florescimento (NNF): contagem de todos os nós da haste principal da planta, em R1;
- Número de dias até a maturação (NNM): período de dias decorrido entre a emergência e maturidade, no estádio R8;
- Altura da planta na maturação (APM): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até o ápice da planta, no estádio R8;
- Número de nós produtivos (NNM): contagem de todos nós da haste principal da planta que continham vagens, em R8;
- Número de nós na maturação (NNM): contagem de todos nós da haste principal da planta, em R8;

h) Altura de inserção da primeira vagem (AIPV): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até a inserção da primeira vagem;

i) Número de vagens vazias (NVV): contagem de vagens que não possuíam nenhum grão, após a colheita das plantas;

j) Número de vagens cheias (NVC): contagem de vagens que continham pelo menos um grão após a colheita das plantas;

k) Número de vagens total (NVT): contagem de vagens após a colheita das plantas;

l) Produção de grãos por planta (PROD): peso total dos grãos em gramas (g) por cada planta;

Os dados foram analisados no programa Genes (Cruz, 2017) para a obtenção dos seguintes parâmetros:

Variância genotípica em F2:

$$\hat{\sigma}_{G(F2)}^2 = \hat{\sigma}_{F(F2)}^2 - \hat{\sigma}_{E(F2)}^2$$

Em que:

$\hat{\sigma}_{G(F2)}^2$: variância genética da população F2;

$\hat{\sigma}_{F(F2)}^2$: variância fenotípica da população F2;

$\hat{\sigma}_{E(F2)}^2$: variância ambiental da população F2.

Variância ambiental

$$\hat{\sigma}_E^2 = \frac{1}{2} [\hat{\sigma}_{(P1)}^2 + \hat{\sigma}_{(P2)}^2]$$

Em que:

$\hat{\sigma}_E^2$: variância ambiental;

$\hat{\sigma}_{(P1)}^2$: variância fenotípica do parental 1;

$\hat{\sigma}_{(P2)}^2$: variância fenotípica do parental 2.

Herdabilidade no sentido amplo

$$h_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_{G(F2)}^2}{\hat{\sigma}_{F(F2)}^2}$$

Em que:

h_a^2 : herdabilidade no sentido amplo;

$\hat{\sigma}_{G(F_2)}^2$: variância genética da população F₂;

$\hat{\sigma}_{F(F_2)}^2$: variância fenotípica da população F₂.

Número de genes envolvidos na determinação do caráter

$$n = \frac{R^2(1 + 0,5k^2)}{8\hat{\sigma}_G^2}$$

Em que:

n: número de genes

R: amplitude entre médias dos progenitores ($P_1 - P_2$)

σ_G^2 : variância genética

Estimativa do ganho de seleção (GS%) para os 40% melhores indivíduos

$$\Delta G = DS h^2 \text{ e } \Delta G\% = \frac{\Delta G}{\bar{X}_o}$$

Em que:

ΔG : Ganho de seleção

h^2 : Herdabilidade

DS: Diferencial de seleção, fornecido pela formula $DS = \bar{X}_s - \bar{X}_o$

\bar{X}_o : Média observada da população

\bar{X}_s : Média dos selecionados

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de dias até o florescimento (NDF) e dias e maturidade (NDM), a altura da planta no florescimento (APF) e na maturação (APM) são alguns caracteres importantes que indicam adaptabilidade e produtividade de grãos e considerando-se que o período em que uma cultura fica no campo é valioso, a tendência é se optar por cultivares de ciclo mais curto em detrimento das cultivares de ciclo mais longo. As três populações F₂ apresentaram médias de NDF, NDM e APF superiores aos pais, porém o caráter de APM foi superior apenas para a população UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista, enquanto que para as outras duas populações a média deste caráter foram inferiores aos pais (Tabela 1)

TABELA 1. Médias e estimativas de variância fenotípica para 12 caracteres nas gerações P1, P2 e F2 de três populações de soja: UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista; UFUS 6901 x UFUS Riqueza; UFUS 6901 x UFUS 7415.

UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista												
Gerações	NDF		NDM		APF		APM		NNF		NNM	
	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var
P1	35,5	0,25	87,5	0,77	26,4	31,8	48,1	118,8	9,7	1,5	13,97	4
P2	41	0,1	98	1,01	42,15	30,8	53,6	60	11,45	1,31	12,9	1,33
F2	39,08	15,01	92,9	25,11	28,9	47,4	50,6	221,7	10,35	2,26	14,3	10,5
Gerações	AIPV		NNP		NVC		NVV		NVT		PROD	
	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var
P1	7,87	7,9	10,9	7,3	31	239,5	4,4	26,4	35,4	328,7	5,26	9,1
P2	16	26,7	9,9	2,7	41,55	420,2	1,95	0,7	43,5	428,4	9,6	24
F2	10,8	14,8	11,2	13	38,4	785,7	5,83	76,8	44,2	1009,7	6,92	30,3
UFUS 6901 x UFUS Riqueza												
Gerações	NDF		NDM		APF		APM		NNF		NNM	
	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var
P1	35,5	0,25	87,5	0,77	26,4	31,8	48,1	118,8	9,7	1,5	13,97	4
P2	46,48	0,78	108	0,1	32,86	26,81	43,9	38,41	11,04	1,49	14,24	2,66
F2	39,1	15	93	25,1	28,86	47,35	50,6	221,7	10,35	2,26	14,34	10,5
Gerações	AIPV		NNP		NVC		NVV		NVT		PROD	
	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var
P1	7,87	7,9	10,9	7,3	31	239,5	4,4	26,4	35,4	328,7	5,26	9,1
P2	10,8	14,8	10,9	2,9	51,2	648,8	3,9	8,8	55,1	726,4	7,9	17,9
F2	10,8	14,8	11,24	13	38,45	785,6	5,8	76,9	44,2	1009,7	6,9	30,3
UFUS 6901 x UFUS 7415												
Gerações	NDF		NDM		APF		APM		NNF		NNM	
	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var
P1	35,5	0,25	87,5	0,7	26,4	31,8	48,1	118,8	9,7	1,5	13,97	4
P2	38,5	0,25	89	0,1	35,8	22,8	46,8	55	10,5	3,07	12	1,78
F2	36,7	9,1	87	2,5	33,36	58,45	56,7	220,5	10,3	2,9	14	6,76
Gerações	AIPV		NNP		NVC		NVV		NVT		PROD	
	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var	\bar{X}	Var
P1	7,87	7,9	10,9	7,3	31	239,5	4,4	26,4	35,4	328,7	5,26	9,1
P2	12,1	23,5	9,3	3,9	25,5	204	3,8	22,6	30,2	292,3	5,88	14,7
F2	10,9	16,7	11,1	10,2	31,7	350,3	9,6	106,4	41,3	537,9	6,16	15,6

\bar{X} : média; Var: variância; NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

O número de nós no florescimento e na maturação é correlacionado com a altura, formato da copa, capacidade de produzir vagens e tipo de crescimento da planta, sendo que plantas de tipo indeterminado geralmente apresentam maior número de nós e nesse sentido seria possível afirmar que plantas com grande número de nós levaria a um maior número de vagens e maior resistência ao acamamento, e portanto maior produção. No entanto estudos envolvendo a correlação dos números de nós mostraram que embora haja uma pequena correlação com a produção, a resistência ao acamamento é ainda mais correlacionada (DALCHIAVON; CARVALHO, 2012). Neste experimento, o número de nós nas populações F₂ foi maior que os parentais no florescimento (NNF) e menor na maturação (NNM). Isso também refletiu na altura de inserção da primeira vagem (AIPV) que foi maior para o F₂ e no número de nós produtivos (NNP) que foi maior para os parentais (Tabela 1).

Do ponto de vista linear e espacial, o número de vagens por planta se correlaciona diretamente com a produção de grãos (DALCHIAVON e CARVALHO, 2012) e neste experimento as populações F₂ apresentaram médias superiores aos parentais para os caracteres de número de vagens vazias (NVV), número de vagens cheias (NVC) e número de vagens totais (NVT), o que resultou em uma maior produção de grãos (Tabela 1). Friedrichs et al. (2016), ao estudarem populações segregantes de soja, também relataram maiores médias para os caracteres de número de vagens e produção do F₂ em relação aos pais.

O caráter de produção de grãos se correlaciona positivamente com os caracteres de ciclo, número de nós e número de vagens. As populações UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista e UFUS 6901 x UFUS Riqueza mostraram médias iguais de 30,3 para PROD e a população UFUS 6901 x UFUS 7415 mostraram média de 15,6 (Tabela 1).

A obtenção das estimativas dos componentes genéticos e ambientais de um caráter é essencial para se escolher o melhor método de melhoramento e obter os maiores ganhos de seleção para um dado caráter. Assim, os parâmetros de variância genotípica, fenotípica, ambiental, herdabilidade e número de genes estão mostrados na Tabela 2.

TABELA 2. Componentes de variâncias, herdabilidade no sentido amplo e número de genes para 12 caracteres de interesse agrônômicos em três populações segregantes de soja.

UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista												
Parâmetros	Caracteres											
	NDF	NDM	APF	APM	NNF	NNM	NNP	AIPV	NVC	NVV	NVT	PROD
$\hat{\sigma}_G^2$	14,88	24,21	16,03	132,37	0,86	7,85	7,97	1,13	455,81	63,24	631,18	13,79
$\hat{\sigma}_F^2$	15,01	25,1	47,35	221,76	2,26	10,51	12,98	16,83	785,66	76,78	1009,73	30,33
$\hat{\sigma}_E^2$	0,13	0,89	31,31	89,39	1,4	2,67	5,01	15,7	329,85	13,54	378,55	16,54
h_a^2	99,16	96,44	33,86	59,69	38,04	74,63	61,42	5,96	58,02	82,37	62,51	45,47
Nº Genes	3,36	1,3	13,1	5,7	9,3	7,02	5,08	55,33	6,04	14,6	5,07	6,22
UFUS 6901 x UFUS Riqueza												
Parâmetros	Caracteres											
	NDF	NDM	APF	APM	NNF	NNM	NNP	AIPV	NVC	NVV	NVT	PROD
$\hat{\sigma}_G^2$	14,49	24,72	18,02	143,16	0,77	7,19	7,87	3,49	341,51	59,31	482,17	16,81
$\hat{\sigma}_F^2$	15,01	25,1	47,35	221,76	2,26	10,51	12,98	14,83	785,66	76,88	1009,73	30,33
$\hat{\sigma}_E^2$	0,51	0,39	29,33	78,6	1,49	3,33	5,11	11,34	444,16	17,57	527,56	13,51
h_a^2	96,57	98,45	38,06	64,56	34,25	68,34	60,64	23,55	43,47	77,15	47,75	55,44
Nº Genes	3,05	1,8	10,6	5,5	12,6	7,6	5,14	34,6	8,3	12,3	8,7	9,34
UFUS 6901 x UFUS 7415												
Parâmetros	Caracteres											
	NDF	NDM	APF	APM	NNF	NNM	NNP	AIPV	NVC	NVV	NVT	PROD
$\hat{\sigma}_G^2$	8,83	2,11	31,1	133,6	0,65	3,87	4,58	0,99	128,6	81,9	227,4	3,7
$\hat{\sigma}_F^2$	9,08	2,5	58,45	220,5	2,92	6,76	10,2	16,7	350,36	106,4	537,9	15,63
$\hat{\sigma}_E^2$	0,25	0,39	27,32	86,9	2,28	2,89	5,6	15,7	221,7	24,5	310,5	11,92
h_a^2	97,2	84,5	53,3	60,6	22,1	57,3	45	5,96	36,7	77	42,3	23,7
Nº Genes	3,18	1,3	9,25	5,12	32,7	6,32	6,13	55,33	10,26	4,3	9,15	14,7

σ_F^2 variância fenotípica; σ_E^2 variância ambiental; σ_G^2 variância genotípica; h_a^2 herdabilidade no sentido amplo; NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

O período de florescimento, maturação e altura da planta de soja são caracteres complexos controlados por fatores internos (genética) e externos (ambiente) e afetam consideravelmente biomassa e a produção de grãos (ZHANG et al., 2015). Os caracteres de NDF e APF das três populações deste experimento apresentaram herdabilidade superior a 90% e a NDM e APM apresentaram herdabilidades médias entre 30% e 60%. Isso pode ser explicado pelo baixo número de genes que estes caracteres apresentaram. O caráter de AIPV foi o que teve a maior influência ambiental para as três populações seguida pela NVC (Tabela 2).

Santos et al. (2017) ao avaliarem 15 genótipos de soja para caracteres agronômicos e resistência ao percevejo da soja relataram que os caracteres de ciclo e altura possuíam herdabilidade superior a 80%, mas para os caracteres de número de vagens e produção de grãos relataram herdabilidades variando entre 60% e 70%. No presente experimento, os caracteres de NVC, NVV e NVT variaram entre 35% e 85%, dependendo da população, sendo que o caráter de NVV apresentou herdabilidades maiores nas três populações. Friedrichs et al. (2016) afirmaram que apenas um único cruzamento é o suficiente para prever uma variação genética significativa e pode ser usada para a seleção de linhagens que contenham os melhores genes.

A produção de grãos é o caráter mais importante em programas de melhoramento e é governado por muitos genes. As três populações deste experimento apresentaram herdabilidade média (23-55%) e número de genes variando entre 6 e 14, o que contradiz os resultados de Santos et al. (2017) tornando a seleção deste caráter mais difícil. Essa discrepância pode ser devido à contrastância de ciclo dos parentais ou devido à presença de genes para caracteres mais produtivos nos parentais UFUS Riqueza e UFUS 7415 (Tabela 2).

A maior parte dos caracteres analisados mostrou-se transgressivo, como os caracteres de NDF, APM e NVT (Tabela 3), sendo que o caráter AIPV foi o único não transgressivo para todas as populações. O fato de alguns caracteres serem transgressivos para uma população mas não serem para outra pode ser devido ao efeito da heterose resultante dos cruzamentos de parentais contrastantes para um determinado caráter. Schnable e Springer (2013) afirmaram que a heterose surge em cruzamentos de indivíduos geneticamente distintos como resultado de uma diversidade de mecanismos. No entanto Burton e Brownie (2006) sugeriram que heterose em geração F₂ de soja pode ser devido a uma complementação ou maior número de genes repetidos e favoráveis para um determinado caráter, o que poderia ser vantajoso pois permitiria a fixação destes genes em uma única linhagem pura.

TABELA 3. Valores máximos e mínimos para os genitores (pais) e F₂ e presença de transgressividade para 12 caracteres de interesse agrônômico em três populações segregantes de soja.

UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista												
Parâmetros	Caracteres											
	NDF	NNF	APF	NDM	APM	IAPV	NNM	NNP	NVC	NVV	NVT	PROD
Máx pais	41	14	53	99	74	29	18	16	79	27	125	32
Mín. pais	35	7	10	87	22	3	10	2	5	1	5	1
Máx F2	49	15	53	103	95	20	22	20	150	86	162	26
Mín. F2	29	7	12	87	17	3	1	2	2	1	2	1
Transgressivo	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
UFUS 6901 x UFUS Riqueza												
Parâmetros	Caracteres											
	NDF	NNF	APF	NDM	APM	AIPV	NNM	NNP	NVC	NVV	NVT	PROD
Máx pais	47	15	44	108	68	21	19	16	132	27	138	23
Mín. pais	35	7	10	87	22	2	9	2	5	1	5	1
Máx F2	49	15	53	103	95	20	22	20	150	86	162	26
Mín. F2	29	7	12	87	17	3	1	2	2	1	2	1
Transgressivo	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
UFUS 6901 x UFUS 7415												
Parâmetros	Caracteres											
	NDF	NNF	APF	NDM	APM	AIPV	NNM	NNP	NVC	NVV	NVT	PROD
Máx. pais	39	13	49	89	68	34	18	16	79	28	90	21
Mín. pais	35	1	10	87	22	3	9	2	1	1	5	1
Máx. F2	45	19	58	94	90	24	19	17	104	53	131	21
Mín. F2	30	6	10	71	16	3	5	2	1	1	1	1
Transgressivo	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

Para se realizar a seleção, cada população F₂ teve seus melhores 75 indivíduos selecionados (equivalente a 40% de cada população) para com o caráter PROD, sendo que os caracteres de NDF e NDM foram feitas sob a forma de seleção negativa (indivíduos com menores valores) e demais caracteres foram feitos sob a forma de seleção positiva (indivíduos com maiores valores). Se os melhores cruzamentos podem ser previstos na geração F₂, os piores cruzamentos em relação aos pais podem ser eliminados antes de se avançar uma geração e assim poupar custos para o

desenvolvimento de novas cultivares (BURTON; BROWNIE, 2006). A relação de indivíduos selecionados, suas médias e ganhos de seleção podem ser vistos nas Tabelas 4, 5 e 6.

TABELA 4. Indivíduos selecionados na população F2 de soja, proveniente do cruzamento UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista, média dos selecionados e ganho de seleção (GS%), para 12 caracteres analisados nos períodos de florescimento e maturação.

Selec.	NDF	Selec.	NNF	Selec.	APF	Selec.	NDM	Selec.	APM	Selec.	AIPV
1	36	20	13	2	33	1	87	4	59	11	14
2	35	22	13	19	33	2	87	14	55	17	13
3	29	24	11	20	34	3	87	16	56	18	20
6	34	25	15	21	32	4	87	18	63	20	14
7	34	28	11	24	30	5	87	20	71	23	12
8	30	29	12	25	46	6	87	21	63	25	20
9	31	33	12	28	38	7	87	24	68	26	13
12	33	34	12	29	37	8	87	25	78	28	13
14	37	36	12	32	37	11	89	28	63	29	15
15	33	37	14	33	36	12	87	29	73	31	13
16	34	40	13	34	38	15	87	31	71	32	13
20	37	42	12	36	33	16	89	32	70	34	14
21	34	43	12	37	33	17	89	33	65	35	13
22	35	44	12	39	31	19	89	34	63	36	16
23	37	46	12	40	37	21	89	37	72	37	12
27	37	47	12	42	35	22	87	38	61	40	13
30	34	49	11	43	35	26	89	39	65	41	14
39	35	53	11	46	41	27	87	40	70	46	17
40	37	54	12	47	33	30	87	43	68	47	17
41	36	61	11	52	33	35	89	46	72	52	14
42	36	62	11	53	34	39	89	47	61	53	17
44	36	65	11	54	41	41	87	48	63	54	12
48	33	68	11	60	33	44	87	49	65	56	14
58	34	71	11	61	33	45	87	53	60	58	16
64	34	75	13	62	38	48	89	55	65	61	14
67	35	76	12	71	30	52	89	61	60	65	18
70	32	77	12	75	47	55	87	62	63	66	13
78	35	78	12	76	45	56	89	67	58	67	13
80	38	83	12	77	39	59	89	69	61	69	13
81	36	84	12	78	30	60	89	75	95	70	15
83	37	85	12	79	39	61	89	76	76	72	13
84	35	86	12	82	32	63	87	77	75	73	13
85	36	87	13	83	32	64	89	83	67	75	17
86	31	88	11	84	35	68	87	85	72	76	16

90	35	89	11	85	40	69	89	86	55	77	14
95	35	90	12	86	36	70	87	87	69	78	15
96	38	91	11	87	53	71	89	88	74	79	15
97	38	93	11	88	42	72	89	89	84	87	14
98	38	94	13	89	49	73	87	90	74	88	19
99	30	95	12	90	37	74	87	91	77	91	15
100	34	97	13	91	43	78	89	94	81	92	16
103	38	103	12	92	35	80	89	95	68	93	15
105	38	109	11	93	35	81	89	97	65	94	14
108	38	114	12	94	47	92	89	101	60	101	17
115	37	115	11	95	34	93	89	103	73	102	12
116	34	117	11	97	36	95	89	107	64	103	14
117	36	119	13	102	32	96	89	108	70	107	18
119	38	120	12	103	30	99	87	109	56	108	12
121	38	123	12	109	32	100	87	112	57	110	16
123	36	125	11	114	34	104	89	113	60	112	14
128	33	127	11	115	31	106	89	114	62	113	13
132	36	131	11	116	35	116	89	115	66	118	12
133	37	132	12	120	35	119	89	116	55	119	12
140	34	133	11	122	31	122	87	123	63	121	13
141	37	136	11	123	32	123	89	140	59	135	12
144	34	138	11	136	30	126	89	145	60	136	12
148	36	146	11	145	34	127	89	146	73	138	13
150	35	148	11	146	40	130	89	147	62	140	15
152	34	150	12	147	31	132	87	150	60	145	15
154	38	151	11	151	30	134	87	151	64	146	15
155	38	153	13	154	30	141	87	153	60	147	14
165	35	154	12	156	34	144	87	154	62	149	15
168	38	156	12	157	32	150	89	156	60	156	15
169	38	159	12	159	38	152	87	159	79	158	12
170	37	162	12	160	31	154	87	160	55	159	13
173	37	163	13	161	34	165	89	162	58	160	15
176	38	164	12	163	36	166	87	163	64	161	17
177	38	167	12	164	33	173	87	164	67	167	16
178	35	176	11	167	31	175	87	165	55	170	15
179	36	178	12	171	37	176	89	168	61	171	14
180	38	180	12	172	31	177	87	170	68	175	17
182	38	181	12	181	37	178	89	172	61	178	17
184	34	182	11	183	30	183	89	181	59	181	15
185	35	183	12	185	31	185	87	184	60	182	17
186	34	185	12	188	31	187	87	186	75	188	12
Méd	35,4		12		35		88		65,6		14,5
GS%	-9,3		5,5		7,6		-5,1		17,7		5,9

Continua...

Continuação da Tabela 4

Selec.	NNM	Selec.	NNP	Sel.	NVC	Sel.	NVV	Selec.	NVT	Selec.	PROD
1	18	1	15	1	57	1	17	97	150	97	26
4	17	4	15	3	43	2	8	38	126	186	25
6	16	6	15	8	46	3	15	50	123	75	24
14	16	12	13	14	51	4	5	186	116	153	22
16	17	14	14	16	52	6	22	153	110	103	22
18	15	16	15	20	79	7	6	37	105	38	21
20	20	20	16	21	83	8	15	108	105	37	20
21	17	21	15	22	92	9	9	75	101	108	20
22	19	22	17	23	55	12	12	103	101	114	20
24	19	23	13	24	76	15	9	22	92	20	18
25	20	24	15	25	73	16	4	184	91	164	18
29	19	25	16	29	53	20	14	123	87	94	18
31	18	29	16	31	46	21	10	150	86	184	17
32	17	31	15	32	43	22	48	47	86	151	16
33	16	32	13	33	42	24	14	164	83	89	16
34	18	33	14	34	51	25	6	21	83	88	15
37	20	34	15	37	105	26	6	130	82	146	15
38	19	36	18	38	126	27	5	119	82	50	15
39	18	37	18	39	77	30	7	179	80	113	15
40	19	38	16	40	70	34	7	20	79	179	15
43	18	39	16	47	86	37	6	39	77	123	14
46	17	40	15	48	43	39	20	24	76	47	14
47	15	43	14	49	72	42	15	113	75	143	14
48	16	48	14	50	123	45	8	120	74	95	13
49	18	49	15	55	43	47	25	25	73	159	13
52	16	55	13	61	41	48	12	49	72	177	13
53	18	62	14	62	41	49	7	168	72	168	13
55	16	67	14	75	101	50	14	40	70	162	13
61	17	69	13	76	50	55	6	88	68	154	12
62	16	75	19	77	50	64	8	146	67	22	12
67	17	76	14	80	43	70	5	94	64	107	12
69	17	77	15	83	41	76	23	162	63	24	12
75	22	83	14	85	50	77	18	163	62	25	12
76	18	85	15	87	50	78	6	89	62	21	11
77	19	86	15	88	68	80	16	143	62	119	11
83	16	87	14	89	62	81	21	96	61	96	11
85	18	88	14	90	46	83	9	177	61	39	11
86	16	89	14	94	64	84	18	156	59	76	11
87	18	90	15	96	61	85	21	1	57	120	11
88	16	91	13	97	150	86	86	144	57	61	11
89	17	94	16	103	101	87	5	116	56	130	11
90	17	95	14	107	45	88	5	154	56	173	10
91	16	97	20	108	105	90	15	23	55	163	10
94	19	103	18	109	44	91	8	117	54	150	10

95	16	106	13	113	75	93	7	173	54	85	10
97	21	107	13	114	47	95	24	115	54	144	10
103	20	108	18	115	54	96	14	29	53	40	10
107	17	113	13	116	56	97	12	16	52	62	10
108	20	114	13	117	54	100	8	34	51	51	9
113	17	115	13	119	82	103	17	125	51	90	9
114	18	116	14	120	74	116	22	14	51	77	9
115	16	117	14	123	87	118	8	77	50	117	9
117	17	123	16	125	51	119	9	85	50	55	9
123	19	125	15	130	82	120	9	76	50	29	9
125	18	130	14	140	43	122	6	87	50	14	9
130	18	131	13	143	62	123	15	114	47	31	9
131	17	143	14	144	57	125	7	31	46	157	8
143	17	144	13	146	67	130	9	90	46	172	8
144	16	146	15	150	86	132	6	8	46	49	8
146	18	150	15	153	110	133	5	159	45	156	8
150	18	151	14	154	56	140	11	107	45	16	8
151	18	153	18	156	59	141	6	109	44	83	8
153	20	154	13	157	44	143	6	157	44	23	8
154	16	159	14	159	45	144	5	165	43	189	8
156	15	162	15	162	63	146	22	48	43	109	8
159	17	163	17	163	62	150	5	32	43	125	8
162	17	164	16	164	83	154	6	55	43	33	8
163	19	165	15	165	43	162	5	140	43	15	8
164	19	168	13	168	72	163	6	3	43	86	8
165	16	172	14	173	54	164	8	80	43	116	8
167	15	173	14	177	61	165	5	33	42	32	8
168	17	179	13	179	80	168	5	180	42	1	7
172	17	184	15	180	42	184	12	62	41	115	7
184	17	186	16	184	91	185	5	83	41	56	7
186	18	189	13	186	116	186	8	106	41	13	7
Méd	17		15		66		12		76		12,3
GS%	16,6		19,3		41,7		89		44,8		35

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

TABELA 5. Indivíduos selecionados na população F2 de soja, proveniente do cruzamento UFUS 6901 x UFUS Riqueza, média dos selecionados e ganho de seleção (GS%) para 12 caracteres analisados nos períodos de florescimento e maturação.

Selec.	NDF	Selec.	NNF	Selec.	APF	Selec.	NDM	Selec.	APM	Selec.	AIPV
1	36	20	13	2	33	1	87	4	59	11	14
2	35	22	13	19	33	2	87	14	55	17	13
3	29	24	11	20	34	3	87	16	56	18	20
6	34	25	15	21	32	4	87	18	63	20	14
7	34	28	11	24	30	5	87	20	71	23	12
8	30	29	12	25	46	6	87	21	63	25	20
9	31	33	12	28	38	7	87	24	68	26	13
12	33	34	12	29	37	8	87	25	78	28	13
14	37	36	12	32	37	11	89	28	63	29	15
15	33	37	14	33	36	12	87	29	73	31	13
16	34	40	13	34	38	15	87	31	71	32	13
20	37	42	12	36	33	16	89	32	70	34	14
21	34	43	12	37	33	17	89	33	65	35	13
22	35	44	12	39	31	19	89	34	63	36	16
23	37	46	12	40	37	21	89	37	72	37	12
27	37	47	12	42	35	22	87	38	61	40	13
30	34	49	11	43	35	26	89	39	65	41	14
39	35	53	11	46	41	27	87	40	70	46	17
40	37	54	12	47	33	30	87	43	68	47	17
41	36	61	11	52	33	35	89	46	72	52	14
42	36	62	11	53	34	39	89	47	61	53	17
44	36	65	11	54	41	41	87	48	63	54	12
48	33	68	11	60	33	44	87	49	65	56	14
58	34	71	11	61	33	45	87	53	60	58	16
64	34	75	13	62	38	48	89	55	65	61	14
67	35	76	12	71	30	52	89	61	60	65	18
70	32	77	12	75	47	55	87	62	63	66	13
78	35	78	12	76	45	56	89	67	58	67	13
80	38	83	12	77	39	59	89	69	61	69	13
81	36	84	12	78	30	60	89	75	95	70	15
83	37	85	12	79	39	61	89	76	76	72	13
84	35	86	12	82	32	63	87	77	75	73	13
85	36	87	13	83	32	64	89	83	67	75	17
86	31	88	11	84	35	68	87	85	72	76	16
90	35	89	11	85	40	69	89	86	55	77	14
95	35	90	12	86	36	70	87	87	69	78	15
96	38	91	11	87	53	71	89	88	74	79	15
97	38	93	11	88	42	72	89	89	84	87	14
98	38	94	13	89	49	73	87	90	74	88	19
99	30	95	12	90	37	74	87	91	77	91	15
100	34	97	13	91	43	78	89	94	81	92	16
103	38	103	12	92	35	80	89	95	68	93	15

105	38	109	11	93	35	81	89	97	65	94	14
108	38	114	12	94	47	92	89	101	60	101	17
115	37	115	11	95	34	93	89	103	73	102	12
116	34	117	11	97	36	95	89	107	64	103	14
117	36	119	13	102	32	96	89	108	70	107	18
119	38	120	12	103	30	99	87	109	56	108	12
121	38	123	12	109	32	100	87	112	57	110	16
123	36	125	11	114	34	104	89	113	60	112	14
128	33	127	11	115	31	106	89	114	62	113	13
132	36	131	11	116	35	116	89	115	66	118	12
133	37	132	12	120	35	119	89	116	55	119	12
140	34	133	11	122	31	122	87	123	63	121	13
141	37	136	11	123	32	123	89	140	59	135	12
144	34	138	11	136	30	126	89	145	60	136	12
148	36	146	11	145	34	127	89	146	73	138	13
150	35	148	11	146	40	130	89	147	62	140	15
152	34	150	12	147	31	132	87	150	60	145	15
154	38	151	11	151	30	134	87	151	64	146	15
155	38	153	13	154	30	141	87	153	60	147	14
165	35	154	12	156	34	144	87	154	62	149	15
168	38	156	12	157	32	150	89	156	60	156	15
169	38	159	12	159	38	152	87	159	79	158	12
170	37	162	12	160	31	154	87	160	55	159	13
173	37	163	13	161	34	165	89	162	58	160	15
176	38	164	12	163	36	166	87	163	64	161	17
177	38	167	12	164	33	173	87	164	67	167	16
178	35	176	11	167	31	175	87	165	55	170	15
179	36	178	12	171	37	176	89	168	61	171	14
180	38	180	12	172	31	177	87	170	68	175	17
182	38	181	12	181	37	178	89	172	61	178	17
184	34	182	11	183	30	183	89	181	59	181	15
185	35	183	12	185	31	185	87	184	60	182	17
186	34	185	12	188	31	187	87	186	75	188	12
Méd	36		12		34		89		64		14
GS%	-3,0		0,57		1,96		-3,90		8,65		0,76

Continua....

Continuação tabela 5

Selec.	NNM	Selec.	NNP	Sel.	NVC	Sel.	NVV	Selec.	NVT	Selec.	PROD
1	18	1	15	97	150	86	86	1	74	1	7
4	17	4	15	38	126	22	48	3	48	13	7
6	16	6	15	50	123	47	25	5	55	14	9
14	16	12	13	186	116	95	24	8	55	15	8
16	17	14	14	153	110	76	23	12	49	16	8
18	15	16	15	37	105	6	22	14	53	20	18
20	20	20	16	108	105	116	22	16	56	21	11
21	17	21	15	75	101	146	22	20	93	22	12
22	19	22	17	103	101	81	21	21	93	23	8
24	19	23	13	22	92	85	21	22	140	24	12
25	20	24	15	184	91	39	20	23	59	25	12
29	19	25	16	123	87	77	18	24	90	29	9
31	18	29	16	47	86	84	18	25	79	31	9
32	17	31	15	150	86	1	17	29	57	32	8
33	16	32	13	21	83	103	17	31	47	33	8
34	18	33	14	164	83	80	16	34	58	34	7
37	20	34	15	119	82	3	15	37	111	37	20
38	19	36	18	130	82	8	15	38	130	38	21
39	18	37	18	179	80	42	15	39	97	39	11
40	19	38	16	20	79	90	15	40	73	40	10
43	18	39	16	39	77	123	15	47	111	47	14
46	17	40	15	24	76	20	14	48	55	49	8
47	15	43	14	113	75	24	14	49	79	50	15
48	16	48	14	120	74	50	14	50	137	51	9
49	18	49	15	25	73	96	14	55	49	55	9
52	16	55	13	49	72	12	12	75	102	56	7
53	18	62	14	168	72	48	12	76	73	61	11
55	16	67	14	40	70	97	12	77	68	62	10
61	17	69	13	88	68	184	12	80	59	75	24
62	16	75	19	146	67	140	11	83	50	76	11
67	17	76	14	94	64	21	10	84	48	77	9
69	17	77	15	162	63	9	9	85	71	83	8
75	22	83	14	89	62	15	9	86	118	85	10
76	18	85	15	143	62	83	9	87	55	86	8
77	19	86	15	163	62	119	9	88	73	88	15
83	16	87	14	96	61	120	9	89	64	89	16
85	18	88	14	177	61	130	9	90	61	90	9
86	16	89	14	156	59	2	8	94	66	94	18
87	18	90	15	1	57	45	8	95	60	95	13
88	16	91	13	144	57	64	8	96	75	96	11
89	17	94	16	116	56	91	8	97	162	97	26
90	17	95	14	154	56	100	8	103	118	103	22
91	16	97	20	23	55	118	8	107	46	107	12
94	19	103	18	115	54	164	8	108	109	108	20

95	16	106	13	117	54	186	8	109	47	109	8
97	21	107	13	173	54	30	7	113	79	113	15
103	20	108	18	29	53	34	7	114	49	114	20
107	17	113	13	16	52	49	7	115	57	115	7
108	20	114	13	14	51	93	7	116	78	116	8
113	17	115	13	34	51	125	7	117	57	117	9
114	18	116	14	125	51	7	6	119	91	119	11
115	16	117	14	76	50	25	6	120	83	120	11
117	17	123	16	77	50	26	6	123	102	123	14
123	19	125	15	85	50	37	6	125	58	125	8
125	18	130	14	87	50	55	6	130	91	130	11
130	18	131	13	114	47	78	6	140	54	143	14
131	17	143	14	8	46	122	6	143	68	144	10
143	17	144	13	31	46	132	6	144	62	146	15
144	16	146	15	90	46	141	6	146	89	150	10
146	18	150	15	107	45	143	6	150	91	151	16
150	18	151	14	159	45	154	6	153	113	153	22
151	18	153	18	109	44	163	6	154	62	154	12
153	20	154	13	157	44	4	5	156	63	156	8
154	16	159	14	3	43	27	5	157	45	157	8
156	15	162	15	32	43	70	5	159	46	159	13
159	17	163	17	48	43	87	5	162	68	162	13
162	17	164	16	55	43	88	5	163	68	163	10
163	19	165	15	80	43	133	5	164	91	164	18
164	19	168	13	140	43	144	5	165	48	168	13
165	16	172	14	165	43	150	5	168	77	172	8
167	15	173	14	33	42	162	5	173	55	173	10
168	17	179	13	180	42	165	5	177	63	179	15
172	17	184	15	61	41	168	5	179	83	184	17
184	17	186	16	62	41	185	5	184	103	186	25
186	18	189	13	83	41	16	4	186	124	189	8
Méd	17		15		59		8		59		11
GS%	1,8		2,3		8,93		1,7		7,07		2,3

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

TABELA 6. Indivíduos selecionados na população F₂ de soja, proveniente do cruzamento UFUS 6901 x UFUS 7415, média dos selecionados e ganho de seleção (GS%) para 12 caracteres analisados nos períodos de florescimento e maturação.

Selec.	NDF	Selec.	NNF	Selec.	APF	Selec.	NDM	Selec.	APM	Selec.	AIPV
2	34	1	12	6	37	2	87	1	69	4	14
4	30	6	11	16	40	3	87	5	65	12	13
5	33	16	11	17	40	4	87	10	70	16	15
7	33	24	13	18	40	5	87	11	63	18	12
8	34	25	12	19	39	7	87	16	68	23	13
9	34	31	12	24	41	8	87	17	76	24	15
10	34	49	12	25	42	9	87	18	65	35	16
12	34	50	11	33	40	14	87	19	67	36	15
14	33	54	11	34	42	15	87	22	67	39	12
21	33	59	11	35	40	21	87	23	68	41	12
22	34	66	11	36	38	26	87	24	66	43	12
23	34	67	17	49	41	27	87	25	68	44	15
24	33	68	12	50	36	29	87	33	72	47	12
25	34	69	12	51	40	30	87	34	70	48	19
26	34	72	12	54	40	31	87	35	65	50	18
29	34	76	12	68	36	32	87	36	67	51	12
30	34	80	14	72	35	37	87	45	64	69	18
31	30	82	11	80	47	38	87	49	66	70	17
33	33	84	11	87	36	40	87	50	70	71	20
37	33	85	19	89	43	44	87	51	65	80	17
38	34	89	13	92	38	57	87	52	68	82	12
39	33	92	12	100	42	58	87	68	64	89	14
42	34	94	11	102	38	59	87	80	65	99	17
46	34	100	12	107	52	61	87	82	63	100	15
49	35	107	12	108	37	62	87	89	65	103	14
51	33	109	13	109	42	63	87	92	63	104	15
52	33	110	11	113	37	64	87	100	70	105	19
53	34	112	13	114	48	65	87	101	65	106	15
57	33	113	12	115	37	66	87	106	75	107	21
58	34	116	12	116	42	69	87	107	90	108	18
60	34	123	13	117	36	73	87	109	78	109	12
61	33	127	12	118	41	75	87	113	65	111	16
63	33	128	12	121	37	77	87	114	75	114	18
65	34	130	13	122	39	78	87	115	68	115	20
69	35	132	11	123	38	79	87	116	80	116	15
74	34	133	11	125	39	85	87	117	75	117	12
78	30	134	13	126	37	86	87	118	72	118	17
79	34	135	11	127	42	88	87	121	65	120	19
81	33	136	12	128	38	90	87	123	70	123	13
87	33	140	12	130	41	94	87	127	80	126	24
88	35	141	13	131	39	95	87	129	76	127	14

91	34	143	13	134	46	96	87	130	65	130	13
92	35	144	13	136	38	97	87	131	66	131	13
93	34	145	12	139	36	98	87	132	65	132	14
96	33	146	12	141	47	99	87	134	79	135	15
100	35	147	11	142	37	101	87	135	64	136	14
101	34	148	11	143	45	103	87	136	64	137	13
102	34	150	11	144	44	104	87	138	70	138	12
104	35	152	12	146	41	105	87	141	85	141	15
106	34	153	11	147	38	106	87	142	70	144	12
115	35	154	11	148	38	110	87	143	79	145	12
117	34	157	13	152	35	111	87	144	79	146	15
118	36	158	11	157	45	112	87	145	70	147	13
119	34	159	12	158	49	113	71	146	71	148	14
122	34	160	13	159	37	119	87	147	70	152	13
123	35	161	12	160	46	120	87	150	65	157	12
125	32	162	12	161	41	124	87	157	73	158	13
128	34	165	11	162	40	129	87	158	82	159	14
129	33	167	11	165	40	132	87	159	70	160	15
130	34	169	11	166	37	133	87	160	76	162	17
131	34	170	12	167	45	137	87	161	67	164	21
134	35	171	12	168	46	140	87	162	77	165	13
136	34	172	12	170	40	149	87	165	75	166	14
138	36	175	11	171	45	151	87	166	73	167	16
139	36	176	14	172	38	153	87	168	75	169	18
140	34	177	11	175	36	154	87	169	72	172	15
141	35	178	11	176	58	156	87	170	73	174	15
144	34	179	12	177	47	163	87	171	71	177	15
151	34	181	11	178	44	164	87	176	68	178	16
152	33	184	12	179	45	169	87	177	70	179	13
155	35	186	12	186	40	173	87	178	75	181	13
160	35	187	12	187	38	174	87	179	68	187	15
161	35	188	12	188	40	182	87	180	65	188	15
163	33	189	12	189	41	184	87	187	65	189	15
166	36	190	12	190	36	185	87	188	73	190	15
Méd	34		12		40		86,86		70,1		15
GS%	-7,4		3,1		11,5		-0,7		14,5		2,2

Continua...

Continuação da Tabela 6

Selec.	NNM	Selec.	NNP	Selec.	NVC	Selec.	NVV	Selec.	NVT	Selec.	PROD
1	18	1	16	1	46	1	37	1	83	1	9
5	17	5	15	2	48	2	12	2	60	2	11
10	16	8	13	5	61	5	13	5	74	5	11
11	16	10	14	6	35	6	10	8	57	14	15
12	15	11	13	8	36	7	14	10	59	15	8
14	16	12	13	13	48	8	21	12	49	17	13
16	15	14	15	14	78	9	10	13	65	19	8
17	17	15	14	15	49	10	30	14	131	22	7
23	16	17	16	19	36	11	11	15	67	25	7
24	17	18	13	25	37	12	25	17	46	29	7
25	16	19	13	27	41	13	17	19	50	34	8
29	16	23	14	34	47	14	53	22	49	49	7
34	16	24	14	56	104	15	18	24	58	56	20
36	15	25	13	59	59	17	27	25	85	59	13
37	16	29	15	60	57	18	20	27	55	60	7
39	16	34	14	64	35	19	14	28	48	66	13
42	16	37	13	66	62	20	16	30	48	67	12
50	15	39	14	67	44	22	16	31	69	68	11
51	15	42	13	68	52	24	26	34	69	69	7
52	16	45	13	69	46	25	48	37	50	72	12
60	18	51	13	72	60	26	9	39	58	73	9
66	17	52	14	73	54	27	14	49	55	74	17
67	16	56	15	74	75	28	37	51	72	76	16
68	17	60	17	76	88	29	13	52	70	84	7
72	18	66	16	84	41	30	19	53	69	89	8
76	17	68	13	89	38	31	38	56	111	91	7
80	16	72	16	91	38	34	22	59	62	97	10
82	16	76	15	97	51	35	21	60	69	101	7
89	15	79	13	100	41	36	12	66	71	103	8
92	16	82	13	101	40	37	25	67	49	106	9
100	16	92	13	103	44	38	11	68	58	107	10
101	16	97	14	104	43	39	39	69	49	109	15
102	16	100	13	106	42	42	12	72	78	113	9
106	16	101	13	107	46	45	9	73	74	116	8
107	17	102	14	109	51	46	9	74	78	117	9
109	17	106	13	113	38	49	25	76	108	118	7
116	16	107	13	116	37	50	10	79	53	121	8
117	17	109	15	117	45	51	50	84	73	122	12
118	16	117	14	118	36	52	45	89	47	123	14
123	17	118	13	121	50	53	39	91	56	125	8
127	15	121	14	122	61	60	12	92	46	129	8
129	17	122	13	123	66	61	14	97	58	131	8
130	15	123	15	125	39	66	9	103	56	134	21

131	16	129	14	134	93	72	18	106	47	135	8
134	19	130	13	136	45	73	20	107	49	136	10
135	15	131	13	139	57	76	20	109	66	138	8
136	17	134	16	141	53	79	20	117	53	139	11
138	15	135	13	142	53	81	22	121	72	141	12
141	17	136	14	143	55	84	32	122	61	143	12
143	17	141	15	144	57	87	22	123	71	144	14
144	17	143	15	145	46	89	9	125	51	145	9
145	18	144	15	147	40	90	13	134	115	147	9
146	17	145	15	152	40	91	18	136	52	152	7
147	16	146	14	155	42	92	19	139	59	154	8
150	16	147	14	156	65	93	21	141	63	155	7
156	17	150	13	157	50	103	12	142	68	156	14
158	16	155	14	158	38	109	15	143	61	157	10
159	16	156	14	159	42	117	8	144	70	158	8
160	19	158	13	160	61	121	22	145	53	159	7
162	17	159	13	161	39	125	12	152	48	160	9
165	16	160	16	162	53	131	10	155	50	161	7
166	16	161	13	165	39	134	22	156	65	162	11
169	17	162	14	166	36	141	10	157	61	165	10
170	16	165	13	169	55	142	15	159	55	166	7
171	18	166	13	170	36	144	13	160	61	168	9
176	17	169	15	171	74	157	11	161	53	170	8
177	15	170	14	172	36	159	13	162	62	171	18
178	16	171	16	173	38	161	14	169	67	173	7
179	17	176	14	175	36	162	9	171	81	176	9
180	16	179	14	176	55	169	12	175	51	178	7
187	16	180	14	177	41	175	15	176	67	182	10
188	17	186	14	182	61	176	12	177	48	186	13
189	15	187	13	186	84	182	13	182	74	187	7
190	15	188	14	188	38	186	20	186	104	188	7
191	17	191	14	191	52	189	9	191	59	191	14
Méd	16,3		14		49,9		18,96		63,9		9,94
GS%	9,5		11,3		21		75		23		14,5

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

A população UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista apresentou um ganho de seleção negativo de 9% para NDF e 5% a menos para a NDM (Tabela 5), no entanto os caracteres de NNM e NNP apresentaram ganhos superiores (16 e 19%) NVC, NVV, NVT e PROD apresentaram ganhos ainda maiores (41,7%, 89%, 44,8%, e 35%, respectivamente).

A população UFUS-6901 x UFUS Riqueza apresentou um ganho de seleção de 3% a menos para NDF e 3,9% a menos para a NDM (Tabela 6), no entanto os caracteres de NVC e NNT apresentaram ganhos superiores (9% e 7%) e as demais características de NNM, NNP, NVV, e PROD apresentaram menores ganhos (1,8%, 2,3%, 1,7%, 2,3%, respectivamente).

A população UFUS 6901 x UFUS 7415 apresentou um ganho de seleção de 7,4% a menos para NDF e 0,7% a menos para a NDM (Tabela 7), no entanto o caráter de NVV foi o que apresentou maior ganho (75%;) e NNM NNP, NVC, NVT e PROD apresentaram ganhos ainda maiores (9,5%, 11,3%, 21%, 23%, e 14,5%, respectivamente).

4. CONCLUSÕES

A herdabilidade de caracteres de ciclo e altura de planta variou entre 30% e 90% sendo maior para NDF e APF e menor para NDM e APM. Para a produção de grãos a herdabilidade variou entre 23% e 55%. A maior parte dos caracteres mostrou-se transgressivo, sendo AIPV a única exceção.

Em relação aos ganhos de seleção dos melhores indivíduos, a população UFUS 6901 x BR/MG46 Conquista foi a que mostrou resultados mais promissores mostrando um ganho negativo para ciclo (9%) e positivo para número de vagens (44%) e produção de grãos (35%). A população UFUS 6901 x UFUS 7415 ficou logo em seguida com ganho negativos para ciclo de 7,4% e ganhos positivos para o número de vagens (23%) e produção de grãos (14,5%). A população UFUS-6901 x UFUS Riqueza mostrou-se com os menores ganhos, sendo o ganho de seleção negativo para ciclo entre 3% e 4% e positivo para o número de vagens (7% - 9%) e produção de grãos (2,3%).

REFERÊNCIAS

- CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Safra 2018/19** – Terceiro Levantamento, Brasília, v.6, n.3, Dezembro, 2018.
- BALDISSERA, J.N.C.; VALENTINI, G.; COAN, M.M.D.; GUIDOLIN, A.F.; COIMBRA, J.L.M. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.14, n.2, p.181-189, 2014.
- BURTON, J.W.; BROWNIE, C. Heteroses and Inbreeding Depression in Two Soybean Single Crosses. **Crop Science**, Madison, v.46, p.2643-2648, 2006. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0156>.
- CRUZ, C. D. (GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, p. 271-276, 2013.
- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P. Correlação linear e espacial dos componenetes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p.541-552, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p541>.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames, Iowa State University, p. 12, 1977.
- FRIEDRICHS, M.R.; BURTON, J.W.; BROWNIE, C. Heterosis and Genetic Variance in Soybean Recombinant Inbred Line Populations. **Crop Science**, Madison, v.56, July-Aug. 2016. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.11.0702>.
- SANTOS, M.F.; MOLLER, M.; CLOUGH, S.J.; PINHEIRO, J.B. Heritability of agronomic traits correlated with reduced stink bug damage in a F2:3 soybean population derivaded from IAC-100. **Journal of Crop Improvement**, Manhattan v.32, n.1, p.1-18, 2017. <https://doi.org/10.1080/15427528.2017.1370404>.
- SCHNABLE, P.S.; SPRINGER, N.M. Progress Toward Undertanding Heterosis in Crop Plants. **Annual Review of Plant Biology**, Berkeley, v.64, n.13, p.1-18, 2013. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103827>.

WIGGINS, B.; WIGGINS, S.; CUNICELLI, M.; SMALWOOD, C.; ALLEN, F.; WEST, D.; PANTALONE, V. Genetic Gain of Soybean Seed Protein, Oil, and Yield in a Recombinant Inbred Line Population. **Journal of the American Oil Chemist Society**, Peoria, V. 95, n.11, p.43-50, 2018. <https://doi.org/10.1002/aocs.12166>.

ZHANG, J.; SONG, Q.; CREGAN, P.B.; NELSON, R.L.; WANG, X.; WU, J.; JIANG, G. Genome-wide association study for flowering time, maturity dates and plant height in early maturing soybean (*Glycine max*) germplasm. **BMC Genomics**, London, v.16, p.217-240, 2015. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1441-4>.

CAPÍTULO IV

ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA GENÓTIPOS DE SOJA

Resumo: O melhoramento genético da cultura da soja é um processo longo, complexo e influenciado por fatores genéticos. Uma das estratégias para auxiliar o melhorista na tomada de decisão durante o processo seletivo é o uso de índices de seleção, que torna viável a seleção promovendo ganhos em maior número de caracteres concomitantemente. O objetivo deste experimento foi analisar estratégias de seleção em progênies F₃ e selecioná-las para caracteres agronômicos e produtividade de grãos. O experimento foi executado na Fazenda Experimental Capim Branco, de propriedade da UFU. Foram avaliados 96 genótipos F₃ de soja e seus parentais sob um delineamento de blocos aumentados de Federer (1956) distribuídos em oito blocos. Foram avaliados os caracteres de número de dias, altura e número de nós no estágio R₁; número de dias, altura, número de nós totais e produtivos, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens cheias e totais, produção de grãos por planta no estágio R₈. As análises genético-estatísticas foram realizadas no Programa Genes e os melhores indivíduos foram selecionados por caracteres de forma direta e indireta junto com o índice da soma de “*ranks*” de Mulamba & Mock (1978). A seleção direta para a produção de grãos proporcionou ganho de seleção de 48,64% e ganhos indiretos entre 10 e 20 % para os caracteres NNF, APM e NNT. O uso do índice de Mulamba e Mock proporcionou ganho de seleção de 24,27% para a produção de grãos por planta e ganhos de 3 a 17 % nos demais caracteres.

Palavras chave: *Glycine max*, blocos aumentados, índices de seleção.

CHAPTER IV

SELECTION INDEX FOR SOYBEAN GENOTYPES

Abstract: soybean plant breeding is a long and complex process influenced by environmental and genetical factors. One of the strategies used in the breeding process is the use of selection indexes, that enables the selection by promoting gains in greater number of traits. The aim of this study was to evaluate selection strategies in F₃ progeny and select them for agronomical traits and yield. The experiment was made in the Fazenda Experimental Capim Branco, that belongs to UFU. 96 F₃ genotypes and their parents were evaluated under a Federer (1956) augmented blocks design spread in eight replications. The traits evaluated were number of days to flowering, plant height and number of knots in R1 stage; number of days to maturity, plant high, number o productive and total knots, first pod insertion, number of pods and yield per plant in the stage R8. The genetic-statistics analyses were made in the Genes Program and the best individuals were selected by their traits in direct and indirect selection together with the Mulamba & Mock (1978) index rank. The direct selection for yield generated a selection gain of 48,64% and indirect gains of 10 and 20% for the traits of NNF, APM and NNT. The Mulamba & Mock index generated a selection gain of 24,27% for yield and gains of 3 and 17 % in the other traits.

Keywords: *Glycine max*, augmented blocks, index selection.

1. INTRODUÇÃO

A soja é a leguminosa mais cultivada no Brasil e sua produção e comércio movimentam milhões de dólares anualmente, sendo que no ano agrícola de 2017/18 o Brasil foi responsável pela produção de 118 milhões de toneladas métricas (CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, 2018). O aumento da produção de soja no Brasil pode ser atribuído aos avanços tecnológicos e programas de melhoramento genético (SEDIYAMA et al., 2015) que permitiram o avanço e adaptação ao clima e às regiões onde antes a cultura da soja não era viável.

O processo de melhoramento genético é feito priorizando-se o aumento ou diminuição de certos caracteres enquanto tenta-se manter outros, nesse caso, o caráter de produtividade de grãos é o mais importante, embora esteja correlacionado com outros caracteres como ciclo, altura da planta e número de vagens (PEREIRA et al., 2017), fazendo com que a seleção para genótipos superiores seja uma tarefa altamente laboriosa.

Grande parte dos caracteres usados para seleção é de natureza genética quantitativa, que é governado por vários genes e mostrando um comportamento complexo, sendo altamente influenciado pelo ambiente. Uma estratégia para auxiliar no melhoramento é o uso de índices de seleção, os quais buscam combinar todos os caracteres em um índice que permite o melhorista analisar alternativas no processo seletivo visando ganhos satisfatórios para um conjunto de caracteres.

No melhoramento genético da cultura da soja, o processo de seleção é complexo e altamente influenciado pelo ambiente. Um dos principais métodos utilizados tem sido a seleção direta. No entanto, a seleção de genótipos baseada em apenas uma única característica pode resultar em indivíduos superiores para um caráter e com desempenho pouco favorável a outros, diminuindo o sucesso do melhoramento. Uma das alternativas para facilitar esse processo é a utilização de índices de seleção, um caráter adicional estabelecido pela combinação ótima de vários caracteres, os quais permitem realizar a seleção de genótipos baseados em múltiplos caracteres (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Assim sendo, objetivo deste experimento foi analisar estratégias de seleção em 96 progênies F₃ e selecioná-las para caracteres agronômicos e produtividade de grãos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Programa de Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizado na Fazenda Capim Branco da UFU (18°52'S; 48°20'W e 805 m de altitude), no município de Uberlândia – MG.

Foram desenvolvidas populações a partir das hibridações entre UFUS 6901 com as cultivares UFUS 7415, UFUS Riqueza e BR/MG46 Conquista que constituíram três combinações. De cada combinação foram geradas três populações F₂, das quais selecionaram-se 32 progênies F₃, às quais constituíram os 96 genótipos avaliados neste estudo.

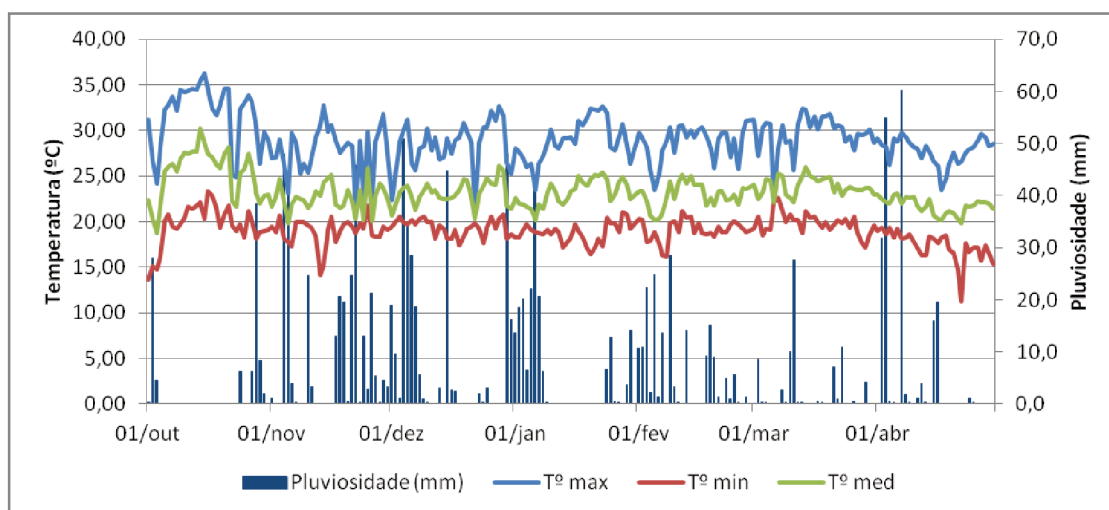
O delineamento foi feito sob a metodologia dos blocos aumentados de Federer (1956) com 96 famílias F₃ e quatro parentais usados como testemunhas em oito blocos, fazendo com que cada bloco tivesse 12 famílias, sendo quatro de cada população.

O solo foi preparado de maneira convencional com uma aração e duas gradagens (grade aradora + grade niveladora) em seguida foi feita a abertura de sulcos com um sulcador com espaçamento de 0,5 m entre linhas. A adubação de semeadura foi realizada no sulco, aplicando o equivalente a 400,0 kg ha⁻¹ de NPK da formulação 4-30-16 e posterior revolvimento do adubo com o solo.

As sementes F₃ foram semeadas 25 de Outubro de 2017, em linhas de 3,0 m espaçadas 0,5 m entre si com 20 sementes. O local do experimento estava sob sistema de irrigação por aspersão e a irrigação era feita no intuito de se evitar que o solo ficasse abaixo de 70% da capacidade de campo. O controle de pragas e doenças foi feito semanalmente com a aplicação do inseticida Tiametoxam/Lambda-Cialotrina (200,0 mL ha⁻¹) e do fungicida mancozeb (3,0 kg ha⁻¹).

Os dados meteorológicos foram obtidos com uma estação meteorológica automática (modelo Vantage Pro2. Davis Hayward, CA. EUA) programada para realizar leituras a cada dez minutos. Informações sobre a temperatura mínima, máxima e média do ar (0,5C° de acurácia) e pluviosidade (5% de acurácia), foram analisadas e disponibilizadas na Figura 1.

FIGURA 1. Condições de temperatura (média, mínima e máxima) e pluviosidade durante a condução de famílias de soja.



Assim que as primeiras plantas entraram em florescimento, os caracteres agronômicos foram analisados. Dez plantas de cada linha foram selecionadas ao acaso para a análise de caracteres nos estádios R1 (50% das plantas apresentaram florescimento) e R8 (50% das plantas já apresentaram vagens secas) de acordo com a escala de Fehr e Caviness (1977). Foram analisados os caracteres de:

a) Número de dias até o florescimento (NDF): período de dias decorrido entre a emergência e o surgimento da primeira flor (R1);

b) Altura da planta no florescimento (APF): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até o ápice da planta, no estádio R1;

c) Número de nós no florescimento (NNF): contagem de todos os nós da haste principal da planta, em R1;

d) Número de dias até a maturação (NDM): período de dias decorrido entre a emergência e maturidade, no estádio R8;

e) Altura da planta na maturação (APM): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até o ápice da planta, no estádio R8;

f) Altura de inserção da primeira vagem (AIPV): medida em centímetros (cm) da superfície do substrato até a inserção da primeira vagem;

g) Número de nós na maturação (NNT): contagem de todos nós da haste principal da planta, em R8;

h) Número de nós produtivos (NNP): contagem de todos nós da haste principal que continham galhos e/ou vagens, em R8;

i) Número de vagens cheias (NVC): contagem total de vagens que continham pelo menos um grão após a colheita das plantas;

j) Número de vagens total (NVT): contagem total de vagens após a colheita das plantas;

k) Produção de grãos por planta (PROD): peso total dos grãos em gramas (g) por cada planta.

Para os critérios de seleção, foram selecionados os genótipos com os menores valores para NDF e NDM e maiores valores para demais caracteres. Os dados foram analisados no programa Genes (Cruz, 2017) para análise de variância e o modelo de análise estatístico para os blocos aumentados pode ser visto na Equação 1:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Em que: Y_{ij} é o valor para o caráter do genótipo i do bloco j ; μ é a média geral; τ_i é o efeito do genótipo, que pode ser decomposto em: T_i efeito da testemunha (parental) i , sendo $i = 1, 2, \dots, t$ e G_i^j efeito do genótipo i , sendo $i = 1, 2, \dots, g$; B_j é o efeito do bloco j , sendo $j = 1, 2, \dots, b$ e ε_{ij} é o resíduo.

As estimativas dos ganhos de seleção foram obtidas a partir dos critérios de seleção direta e indireta (Equação 2 e 3) de 40% dos melhores indivíduos e índice baseado na soma de “*ranks*” de Mulamba & Mock (1978) (Equação 4).

O ganho através de seleção direta foi feito usando-se a Equação 2:

$$GS_i = (X_{si} + X_{oi})h_i^2 = DS_i h_i^2 \quad (2)$$

Em que: X_{si} é a média dos indivíduos selecionados para o caráter i ; X_{oi} é a média original da população; DS_i é o diferencial de seleção praticado na população e h_i^2 é a herdabilidade no sentido amplo do caráter i .

O ganho de seleção indireta foi feito usando-se a Equação 3:

$$GS_{j(i)} = DS_{j(i)} h_i^2 \quad (3)$$

Em que: $DS_{j(i)}$ é o diferencial de seleção indireto obtido em função da média do caráter dos genótipos com os melhores caracteres baseados em outro caráter sobre a qual se fez a seleção direta.

O índice de seleção pela soma de “ranks” de Mulamba & Mock (1978) consistiu em classificar cada um dos genótipos em relação a cada um dos caracteres em ordem favorável e somando-as com da seguinte forma: $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, sendo I o valor do índice para um determinado genótipo, r_j é a classificação (“rank”) de um genótipo em relação ao j -ésimo caráter e n é o número de caracteres considerado no índice.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A existência de variância genética é o pré-requisito para que se possa ter êxito no processo seletivo. Pela tabela 1, onde consta o resumo da análise de variância por blocos aumentados de Federer, constatou-se efeitos significativos a nível de 1% e/ou 5% para os caracteres de NNF, APM, NNM e PROD e efeitos não significativos para os demais caracteres. Resultados semelhantes foram relatados por Andrade et al. (2016) que ao analisarem 202 genótipos de soja em delineamento de blocos aumentados também constataram significância para os caracteres relacionados a ciclo, altura, número de nós e produtividade de grãos.

TABELA 1. Quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e herdabilidade no sentido amplo (h^2) de caracteres agrônômicos de 100 genótipos de soja, no município de Uberlândia – MG.

FV	GL	QM					
		NDF	APF	NNF	NDM	APM	AIPV
Blocos	7	11,78	44,21	2,35	78,14	340,24	5,98
Linhas	99	23,28 ^{ns}	55,17 ^{ns}	0,73 ^{**}	253,52 ^{ns}	333,62 ^{**}	15,78 ^{ns}
Média		45,33	36,57	9,01	120,98	64,79	13,28
CV Geral (%)		9,03	20,51	6,04	10,79	16,38	21,88
CVg/Cve		0,00	0,00	1,14	0,49	1,69	1,18
h^2 (%)		0,00	0,00	56,55	19,37	74,18	58,17
		NNM	NNP	NVC	NVT	PROD	
Blocos	7	4,98	6,78	1094,75	1187,33	267,94	
Linhas	99	9,25 [*]	6,92 ^{ns}	243,05 ^{ns}	256,13 ^{ns}	73,15 ^{**}	
Média		16,93	13,57	44,49	45,88	15,13	
CV Geral (%)		12,68	18,87	36,02	35,87	22,91	
CVg/Cve		1,01	0,39	0,41	0,43	2,49	
h^2 (%)		50,83	13,28	15,36	15,73	86,14	

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NNV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.; ** e *: significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F; ^{ns}: não significativo.

Alguns parâmetros genéticos permitem o melhorista analisar o êxito do processo seletivo, entre estes destaca-se a razão entre os coeficientes de variação genética (CVg) e ambiental (Cve). De acordo com Cruz, Carneiro e Regozzi (2012) coeficientes CVg/Cve acima de 1 indicam possibilidade de sucesso na seleção. Na tabela 1 foi possível observar que a variância genética e coeficiente CVg/Cve superiores a 1 para os caracteres de NNF, NNM, APM e PROD, mostrando assim alto potencial para a seleção destes caracteres (BI et al., 2015).

A herdabilidade expressa a proporção da variação fenotípica que atribuído às causas genéticas e é um indicativo de correlação entre o valor fenotípico e o valor genotípico (FALCONER e MACKAY, 1996) e é um dos principais parâmetros genéticos, pois permite estimar previamente as estimativas do ganho de seleção (CRUZ, CARNEIRO e RIGOZZI, 2012).

Os coeficientes de herdabilidade nesta pesquisa oscilaram de 0% a 86,14% respectivamente para os caracteres de NDF, APF e PROD (Tabela 1). Andrade et al (2016) relataram herdabilidades variando entre 27% e 38% para estes mesmos caracteres, mas os autores usaram a metodologia de *máxima verosimilhança restrita*

(REML) e relataram a possibilidade de que seus valores podem estar subestimados. Costa et al. (2008) relataram herdabilidades entre 10% e 90%. Muniz et al., (2002) relataram alta herdabilidade (>50%) para altura no florescimento e na maturação, mas podendo ter baixos valores, dependendo da população de origem.

Os valores fenotípicos observados para as 96 progênies F₃ e as cultivares estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. Tais valores permitem uma análise do melhorista visando a viabilidade e identificação de genótipos que possuam caracteres agrônômicos almejados no melhoramento de soja e compará-los às testemunhas e/ou outros estudos.

TABELA 2. Médias fenotípicas de 100 genótipos de soja para os caracteres de número de dias para o florescimento (NDF), número de nós no florescimento (NNF), altura (cm) de plantas no florescimento (APF), número de dias para a maturidade (NDM) e altura (cm) de plantas na maturidade (APM) no município de Uberlândia – MG.

Genótipo	NDF	APF	NNF	NDM	APM
69CB 50	45,00	44,00	10,00	120,00	58,00
69CON 28	51,50	35,00	9,00	143,00	82,00
69RIQ 16	46,50	28,00	8,50	130,50	57,00
69CB 14	44,50	36,00	10,00	116,00	70,00
69RIQ 33	45,00	23,00	8,00	130,00	49,50
69CB 21	43,50	36,50	10,00	121,00	61,00
69CON 31	44,50	38,50	10,00	127,50	52,50
69RIQ 3	52,00	42,50	10,00	135,50	91,50
69RIQ 26	52,00	42,50	9,00	138,00	88,50
69CON 48	41,00	35,00	9,00	101,00	72,00
69CB 55	41,00	39,00	11,00	101,00	76,00
69CON 1	49,00	42,00	11,00	135,50	114,00
69RIQ 8	52,00	21,50	8,50	142,00	48,50
69RIQ 24	53,00	32,50	8,00	142,00	82,50
69RIQ 25	45,50	23,00	8,00	103,00	49,00
69CB 2	40,50	27,00	9,50	104,00	59,00
69CB 1	49,00	36,00	9,50	145,00	76,50
69RIQ 19	44,00	46,00	9,00	118,00	53,00
69CB 11	46,00	44,00	10,00	129,50	95,50
69CON 31	45,00	52,00	9,00	122,00	58,00
69CON 26	39,00	37,00	8,00	100,00	67,00
69CON 2	49,00	46,50	10,00	141,00	66,50
69CB 16	57,00	49,00	11,00	93,00	68,00
69CON 16	51,50	44,50	9,50	136,00	63,00
69CON 51	46,50	38,50	10,00	144,00	96,50
69RIQ 46	53,00	28,50	9,00	144,00	60,00
69RIQ 14	41,00	34,00	9,00	102,00	59,00
69CON 57	46,50	38,00	10,00	120,50	74,00

69CB	54	43,00	40,00	9,00	102,50	61,00
69RIQ	48	44,00	28,00	8,50	109,00	62,50
69CB	31	40,50	37,50	10,50	101,00	65,00
69CON	38	47,50	30,00	9,00	128,50	46,00
69CB	52	48,50	38,00	9,00	129,00	86,00
69RIQ	27	47,00	34,00	9,00	125,00	48,00
69CB	10	41,00	34,00	9,00	102,00	56,00
69CON	10	44,00	41,00	9,00	121,00	48,00
69CON	57	41,00	28,00	9,00	105,00	59,00
69CB	44	41,00	35,00	10,00	103,00	71,00
69CON	58	45,50	35,50	8,50	123,00	45,50
69RIQ	45	47,50	31,00	9,50	125,50	61,50
69RIQ	58	51,50	34,00	9,00	147,00	49,50
69CON	38	46,50	35,00	9,00	124,50	84,50
69RIQ	1	49,50	48,50	10,00	146,00	109,50
69CB	58	43,50	42,00	9,00	107,50	98,00
69RIQ	33	51,50	46,00	10,50	144,00	100,00
69CON	50	43,00	34,50	9,00	121,50	53,50
69CB	13	40,50	43,00	10,50	102,50	79,50
69CB	50	41,00	42,50	9,50	102,00	84,00
69CON	46	47,00	34,50	9,00	124,00	78,50
69CB	1	43,50	40,00	9,00	122,00	83,50
69RIQ	55	44,00	32,00	8,00	120,50	62,50
69RIQ	30	46,00	29,50	8,00	133,00	67,50
69CB	2	43,00	30,50	8,00	105,50	55,00
69CB	31	43,50	31,00	8,00	123,00	54,50
69RIQ	60	44,00	26,00	8,00	128,00	70,00
69CON	1	46,00	37,00	9,50	133,00	75,50
69CON	2	44,00	40,00	9,00	128,50	87,50
69CB	21	41,50	34,50	9,00	112,00	52,00
69CON	8	53,00	39,00	9,50	128,00	73,00
69RIQ	46	43,50	28,00	8,00	128,00	54,00
69RIQ	12	47,50	45,00	9,00	137,00	115,00
69RIQ	47	45,00	47,50	10,00	128,50	98,00
69CON	11	46,50	25,00	8,50	128,00	53,00
69CB	4	44,50	34,50	8,00	108,50	61,50
69CON	49	39,00	23,00	8,00	104,00	37,00
69CB	46	44,00	24,00	8,00	106,00	30,00
69CON	58	45,50	31,00	8,00	129,00	55,50
69RIQ	46	43,00	44,50	10,00	109,50	72,00
69CB	16	43,00	42,50	9,00	111,00	68,00
69CB	37	43,00	37,50	9,00	118,50	81,00
69CON	3	40,00	34,00	9,00	105,50	43,00
69RIQ	54	40,00	30,00	9,00	105,00	55,00

69RIQ 53	41,50	33,50	9,00	102,50	61,00
69RIQ 20	50,00	32,00	8,00	136,00	90,00
69CB 19	40,00	36,00	8,50	108,50	62,50
69RIQ 52	48,00	38,50	9,00	131,50	72,00
69CB 17	41,50	32,50	9,00	105,00	56,00
69CON 25	44,00	34,50	8,50	112,50	67,00
69CON 46	44,50	26,50	8,50	121,50	35,50
69RIQ 32	43,50	35,50	8,50	114,00	66,50
69CON 31	49,00	44,00	9,50	135,50	88,50
69CB 27	44,00	36,50	8,50	109,50	67,50
69CON 59	45,00	32,50	8,00	131,50	58,50
69CB 47	41,00	36,00	9,00	105,50	67,50
69CON 6	46,00	33,00	9,00	136,00	78,00
69RIQ 32	48,00	36,50	8,00	133,50	60,50
69CB 25	41,00	34,50	8,00	106,50	60,00
69CON 24	40,00	29,00	9,00	112,00	63,50
69CB 23	43,00	38,50	9,00	112,00	84,50
69RIQ 22	49,00	30,00	8,00	135,50	65,00
69RIQ 53	50,00	24,00	7,50	146,00	36,00
69CON 16	42,00	30,00	8,00	107,00	50,50
69CON 46	44,00	27,00	7,50	115,00	36,50
69RIQ 24	43,00	25,00	8,00	112,00	49,50
69CB 55	42,00	36,50	8,00	106,00	65,00
69CON 5	45,00	32,00	8,00	126,50	37,00
UFUS 6901	38,00	38,00	27,00	8,00	100,00
BR/MG46 Conquista	45,00	45,00	53,00	9,00	122,00
UFUS Riqueza	57,00	57,00	44,00	11,00	150,00
UFUS 7415	44,00	44,00	42,00	8,50	119,00

TABELA 3. Médias fenotípicas de 100 genótipos de soja para os caracteres de altura de inserção (cm) da primeira vagem (AIPV), número de nós na maturação (NNM), número de nós produtivos (NNP), número de vagens cheias (NVC), número de vagens totais (NVT) e produção de grãos (g) por planta (PROD) no município de Uberlândia – MG.

Genótipo	AIPV	NNT	NNP	NVC	NVT	PROD
69CB 50	13,50	14,50	12,00	50,00	51,50	25,58
69CON 28	20,50	21,50	19,00	51,50	52,00	32,34
69RIQ 16	14,50	15,00	12,00	38,50	39,50	23,22
69CB 14	14,00	18,50	15,00	61,00	62,50	14,69
69RIQ 33	10,00	14,00	11,50	36,00	36,50	12,97
69CB 21	15,00	16,00	12,50	47,50	48,50	13,60
69CON 31	11,00	13,50	10,00	29,00	32,50	32,42
69RIQ 3	11,50	20,50	17,00	49,00	49,00	17,43
69RIQ 26	12,50	19,50	16,50	51,00	52,50	20,41
69CON 48	10,00	16,00	13,50	58,50	61,00	17,36

69CB	55	13,00	16,50	14,50	69,50	72,00	32,77
69CON	1	14,50	24,00	21,00	90,00	90,00	85,54
69RIQ	8	8,00	17,00	13,50	43,50	44,50	10,81
69RIQ	24	16,50	20,50	16,00	56,50	60,00	12,42
69RIQ	25	11,00	15,50	12,00	39,00	40,00	21,62
69CB	2	12,00	16,00	13,50	33,50	35,00	10,72
69CB	1	17,00	20,50	16,00	53,00	54,50	11,01
69RIQ	19	15,00	14,00	11,00	46,00	53,00	11,09
69CB	11	22,00	21,00	18,00	65,50	66,50	20,54
69CON	31	10,00	15,00	12,00	58,00	59,00	20,96
69CON	26	9,00	17,00	14,00	39,00	41,00	19,86
69CON	2	13,50	15,00	12,00	49,50	52,00	15,79
69CB	16	8,00	18,00	15,00	94,00	100,00	16,69
69CON	16	7,50	13,50	11,00	65,50	70,00	26,67
69CON	51	19,50	23,00	19,50	63,00	63,50	17,95
69RIQ	46	14,00	18,50	14,00	45,50	46,00	9,96
69RIQ	14	13,00	14,50	12,00	27,50	29,50	6,92
69CON	57	17,50	20,50	11,00	30,50	30,50	14,24
69CB	54	13,00	15,00	12,50	49,00	51,00	22,13
69RIQ	48	11,00	17,00	12,50	38,00	41,00	9,38
69CB	31	13,00	16,50	13,00	47,50	50,00	9,71
69CON	38	13,00	15,00	12,00	40,50	41,00	15,54
69CB	52	15,00	20,00	17,00	62,50	65,50	21,56
69RIQ	27	13,00	13,50	10,00	35,00	35,00	12,06
69CB	10	13,00	13,50	11,00	27,50	29,50	7,06
69CON	10	12,00	13,00	12,00	64,00	67,00	27,57
69CON	57	13,00	16,00	12,50	36,00	37,50	11,92
69CB	44	15,00	18,00	16,00	47,00	52,00	11,76
69CON	58	10,00	13,00	11,00	32,00	32,50	15,30
69RIQ	45	15,00	21,00	15,00	38,00	38,50	11,74
69RIQ	58	12,50	13,50	10,50	40,50	41,00	10,62
69CON	38	15,50	21,00	17,50	64,00	67,00	20,07
69RIQ	1	27,50	22,00	16,50	42,50	43,50	17,74
69CB	58	18,50	20,00	17,00	39,00	36,00	11,38
69RIQ	33	18,50	25,50	18,00	91,50	91,50	25,94
69CON	50	11,00	14,50	12,50	67,50	69,00	26,18
69CB	13	14,50	18,00	15,00	50,50	54,00	11,75
69CB	50	14,00	17,00	14,00	32,50	36,50	11,79
69CON	46	16,00	22,00	19,00	67,50	67,50	24,03
69CB	1	12,00	18,00	15,00	40,50	41,00	15,53
69RIQ	55	16,00	17,50	14,00	32,00	32,00	11,41
69RIQ	30	13,50	19,50	16,50	36,00	36,00	10,04
69CB	2	10,00	15,50	11,50	23,50	23,50	6,45
69CB	31	16,50	16,00	11,50	26,00	26,00	6,92
69RIQ	60	12,00	20,00	13,50	27,00	27,00	8,16
69CON	1	17,00	20,00	15,00	48,00	48,50	21,56

69CON 2	16,50	19,00	15,00	30,00	31,50	14,71
69CB 21	10,50	15,00	11,00	38,50	38,50	12,57
69CON 8	9,50	19,00	16,50	55,00	55,00	24,44
69RIQ 46	15,50	16,50	12,00	24,00	24,00	5,67
69RIQ 12	24,50	23,00	18,50	34,50	34,50	15,81
69RIQ 47	21,50	19,00	14,00	45,50	45,50	16,84
69CON 11	16,00	15,50	10,50	24,50	24,50	8,85
69CB 4	15,00	17,50	13,00	22,50	24,00	7,90
69CON 49	8,00	13,00	11,00	29,50	31,50	8,89
69CB 46	9,50	11,00	7,00	18,00	18,50	4,51
69CON 58	13,50	17,50	10,00	25,00	25,00	9,80
69RIQ 46	12,00	16,00	14,00	44,50	46,00	14,48
69CB 16	15,50	14,50	12,00	48,00	51,50	16,99
69CB 37	17,50	20,50	16,00	47,00	48,00	17,92
69CON 3	9,50	12,50	11,00	38,00	39,00	11,79
69RIQ 54	12,00	16,50	13,00	39,50	42,00	13,94
69RIQ 53	14,50	15,50	13,00	54,50	56,00	15,10
69RIQ 20	17,00	22,00	16,50	40,00	40,00	16,14
69CB 19	14,50	16,00	13,00	50,00	51,50	11,78
69RIQ 52	16,50	18,00	14,00	30,00	30,50	13,16
69CB 17	13,50	17,00	11,00	29,50	30,00	7,84
69CON 25	13,50	17,00	14,00	40,00	40,00	14,82
69CON 46	13,00	13,50	11,00	29,50	29,50	12,08
69RIQ 32	10,00	15,00	11,00	27,50	28,50	20,66
69CON 31	22,00	22,50	17,00	65,00	65,50	10,39
69CB 27	14,00	17,50	15,00	31,00	31,50	11,71
69CON 59	12,50	18,00	14,00	33,50	34,50	13,18
69CB 47	15,00	16,00	13,50	42,00	42,50	11,03
69CON 6	16,00	19,50	14,50	46,50	49,50	24,69
69RIQ 32	12,00	16,00	14,50	35,50	37,00	10,12
69CB 25	17,00	14,00	9,00	10,50	12,50	3,69
69CON 24	16,50	15,50	11,50	24,50	27,00	11,11
69CB 23	17,00	20,50	18,00	54,00	55,00	13,73
69RIQ 22	16,50	19,00	14,00	32,00	32,00	11,14
69RIQ 53	6,00	13,00	10,50	34,50	35,00	9,28
69CON 16	12,00	15,00	12,00	32,50	34,50	12,94
69CON 46	10,50	13,00	9,00	22,00	25,00	11,04
69RIQ 24	9,50	16,00	12,00	28,00	28,00	9,48
69CB 55	15,00	18,50	14,50	26,50	28,50	8,91
69CON 5	11,00	20,00	16,00	42,00	42,00	20,18
UFUS 6901	12,00	12,00	15,00	12,00	35,00	10,82
BR/MG46 Conquista	15,00	15,00	18,00	15,00	41,00	17,26
UFUS Riqueza	13,00	13,00	17,00	15,00	65,00	11,36
UFUS 7415	16,00	16,00	13,00	10,00	43,00	10,5

O ciclo vegetativo e total são caracteres importantes em soja, pois permitem identificar os genótipos mais precoces, os quais têm sido alvos de seleção. A Tabela 2 mostra que o caráter de NDF oscilou de 38 a 57 dias para os parentais UFUS 6901 e UFUS Riqueza, respectivamente. Em relação ao caráter NDM os valores variaram de 93 a 150 dias para o genótipo 69CB 63 e o parental UFUS Riqueza, respectivamente (Tabela 2).

A altura de planta é um caráter importante para o melhoramento genético da soja, pois plantas muito baixas (inferiores a 60 cm) comprometem a produtividade e plantas muito altas (acima de 90 cm) são mais suscetíveis ao acamamento (SEDIYAMA et al., 2015). Na tabela 2 pode-se observar que a APF oscilou entre 21,5 cm e 53 cm para os genótipos 69RIQ 8 e BR/MG 56 Conquista. Para o caráter de APM, os valores oscilaram entre 30 cm e 115 cm para os genótipos 69CB 46 e 69RIQ 12, respectivamente. Lee et al. (1996) relataram alta variância para altura em progênies de soja, variando de 71cm a 127. Como a característica de altura tem alta correlação com o ciclo, plantas que apresentaram menores NDF e NDM também apresentaram menores valores de APF e APM.

O número de nós da haste principal da planta de soja é um caráter que precisa ser considerado, pois ele influencia a arquitetura da planta e a quantidade de galhos disponíveis para a produção de vagens (MATTOS FILHO et al., 2009). As Tabelas 2 e 3 mostram que NNF, NNT e NNP mostraram valores mínimos de 7, 11, 7 para os genótipos 69RIQ 53 e 69CB 46; e valores máximos de 11, 25, 21 para os genótipos UFUS Riqueza, 69RIQ 33, 69CON 1.

O caráter de altura de inserção da primeira vagem (AIPV) é importante pois permite a diminuição das perdas na colheita mecânica da soja. Neste experimento, a AIPV variou de 6 a 27,5 cm para os genótipos 69RIQ 53 e 69RIQ 1, respectivamente (Tabela 3). Bezerra et al. (2017) que as cultivares mais produtivas e que são colhidas de forma mais eficiente são aquelas cuja inserção da primeira vagem varia entre 10 cm e 15 cm, no entanto Muniz et al.(2002) ao avaliarem sete populações F₃ de soja relataram valores entre 13 e 28 cm. Bhering et al. (2017) ao analisarem 12 cultivares relataram AIPV entre 12 cm e 25 cm, o que corresponde aos valores encontrados para as cultivares usadas como testemunhas.

A quantidade de vagens se correlaciona diretamente com a produtividade de grãos. A Tabela 3 mostra que o número de vagens cheias (NVC) e número de vagens totais (NVT) mostraram valores mínimos de 10 e 12 e valores máximos de 94 e 100

para os genótipos 69CB 25 e 69CB 16 respectivamente. Liu et al (2005) ao avaliarem 16 genótipos de soja com relataram valores de 30 a 44 vagens por planta e Bhering et al. (2017) relataram valores 9 a 45 vagens.

A produtividade de grãos é o caráter principal que os melhoristas visam aumentar. A Tabela 3 mostra que a PROD variou 3,7 a 32,77 g por planta enquanto que os parentais (que foram usados como testemunhas) variaram de 10,5 a 17,5 g por planta, o qual entra em acordo com os valores encontrados por Perini et al. (2012) ao avaliarem 7 cultivares comerciais relatando valores de 13 a 17 g por planta. No entanto, Muniz et al. (2002) relataram produtividades variando entre 8 a 30 g por planta, o que vai de acordo com os dados encontrados neste experimento. Uma possibilidade que poderia explicar essa diferença entre as progênies e os parentais pode ser devido aos efeitos de heterose, que são considerados altos nas gerações iniciais de soja.

Na seleção direta e indireta, em princípio, espera-se obter ganhos em um único caráter sobre o qual se pratica a seleção, podendo ocorrer respostas favoráveis ou desfavoráveis nos caracteres de importância secundária. (COSTA et al., 2004). Visando analisar as estratégias de seleção foram estimados os ganhos de seleção direta e indireta os quais estão expressos na Tabela 4. As estimativas de ganho de seleção direto foram maiores que de ganhos indiretos para a maioria dos caracteres sendo APM e NNP com os maiores ganhos diretos (69,23% e 65,01%) seguido por NNM e PROD (60,785 e 57,37%) enquanto que os caracteres de NDF e NDM mostraram seleções diretas e indiretas negativas (-17,33% e -32,47%). Bizari et al. (2017) ao estudar 386 progênies F₅ de soja relataram ganhos entre 12% e 35% para os mesmos caracteres. Um dos possíveis motivos para ganhos tão altos pode ser possível devido ao fato de se estar estudando plantas em geração F₃ e portanto a segregação para caracteres de alta dependência quantitativa ainda está relativamente alta.

TABELA 4. Ganho de seleção direta e indireto de 11 caracteres de 40 genótipos de soja selecionados no município de Uberlândia - MG

Caracteres	Ganho de seleção (%)					
	NDF	APF	NNF	NDM	APM	AIPV
NDF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NNF	0,51	4,06	4,90	-0,34	2,50	2,35
NDM	-1,98	0,40	0,10	-2,41	0,23	0,23
APM	0,22	10,2	8,51	-3,22	21,84	15,65
AIPV	-1,78	5,81	8,26	-5,18	11,72	16,10
NNM	-2,93	2,65	2,23	-3,96	7,14	5,010
NNP	-0,51	0,92	0,72	-0,86	2,20	1,510
NVC	-0,99	1,96	1,24	-0,73	2,00	0,890
NVT	-0,97	2,17	1,38	-0,62	2,05	0,780
PROD	-8,90	19,45	12,79	-15,15	19,55	13,69
Total	-17,33	47,62	40,13	-32,47	69,23	56,21
Caracteres	NNT	NNP	NVC	NVT	PROD	
NDF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
APF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NNF	1,47	1,83	2,76	2,68	1,64	
NDM	1,03	0,98	0,50	0,65	0,30	
APM	17,19	18,09	7,95	6,26	7,79	
AIPV	9,52	8,63	2,9	1,14	1,84	
NNM	9,25	8,54	2,41	2,32	2,58	
NNP	2,37	2,61	0,89	0,80	1,10	
NVC	2,31	2,36	5,38	5,33	1,68	
NVT	2,38	2,43	5,94	5,95	1,80	
PROD	15,26	19,54	18,9	18,86	38,64	
Total	60,78	65,01	47,63	43,99	57,37	

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVT: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

Baseado na significância para os dados de NNF, APM, NNT e PROD, os 40 melhores genótipos para estes caracteres foram selecionados e podem ser vistos nas tabelas 5, 6, 7 e 8. No entanto estes dados refletem os melhores genótipos para um caráter específico e no melhoramento de plantas o melhorista leva em consideração muitos caracteres tornando difícil a escolha do genótipo com os melhores caracteres gerais. Falconer (1987) salienta que a seleção indireta pode promover maiores ganhos que a direta se o caráter auxiliar apresentar maior herdabilidade que o principal, e se a correlação genética entre ambos for positiva e de alta magnitude. Nesse caso, a melhor estratégia seria adotar índices de seleção (SOARES et al., 2015).

TABELA 5. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de NNF, no município de Uberlândia – MG.

Genótipo		Caracteres										
		NDF	APF	NNF	NDM	APM	AIPV	NNT	NNP	NVC	NVT	PROD
69CB	14	44,50	36,00	10,00	116,00	70,00	14,00	18,50	15,00	61,00	62,50	14,69
69CB	21	43,50	36,50	10,00	121,00	61,00	15,00	16,00	12,50	47,50	48,50	13,60
69CON	31	44,50	38,50	10,00	127,50	52,50	11,00	13,50	10,00	29,00	32,50	32,42
69CON	48	41,00	35,00	9,00	101,00	72,00	10,00	16,00	13,50	58,50	61,00	17,36
69CB	55	41,00	39,00	11,00	101,00	76,00	13,00	16,50	14,50	69,50	72,00	32,77
69CB	2	40,50	27,00	9,50	104,00	59,00	12,00	16,00	13,50	33,50	35,00	10,72
69CON	26	39,00	37,00	8,00	100,00	67,00	9,00	17,00	14,00	39,00	41,00	19,86
69RIQ	14	41,00	34,00	9,00	102,00	59,00	13,00	14,50	12,00	27,50	29,50	6,92
69CB	54	43,00	40,00	9,00	102,50	61,00	13,00	15,00	12,50	49,00	51,00	22,13
69CB	31	40,50	37,50	10,50	101,00	65,00	13,00	16,50	13,00	47,50	50,00	9,71
69CB	10	41,00	34,00	9,00	102,00	56,00	13,00	13,50	11,00	27,50	29,50	7,06
69CON	57	41,00	28,00	9,00	105,00	59,00	13,00	16,00	12,50	36,00	37,50	11,92
69CB	44	41,00	35,00	10,00	103,00	71,00	15,00	18,00	16,00	47,00	52,00	11,76
69CB	58	43,50	42,00	9,00	107,50	98,00	18,50	20,00	17,00	39,00	36,00	11,38
69CON	50	43,00	34,50	9,00	121,50	53,50	11,00	14,50	12,50	67,50	69,00	26,18
69CB	13	40,50	43,00	10,50	102,50	79,50	14,50	18,00	15,00	50,50	54,00	11,75
69CB	50	41,00	42,50	9,50	102,00	84,00	14,00	17,00	14,00	32,50	36,50	11,79
69CB	1	43,50	40,00	9,00	122,00	83,50	12,00	18,00	15,00	40,50	41,00	15,53
69CB	2	43,00	30,50	8,00	105,50	55,00	10,00	15,50	11,50	23,50	23,50	6,45
69CB	31	43,50	31,00	8,00	123,00	54,50	16,50	16,00	11,50	26,00	26,00	6,92
69CB	21	41,50	34,50	9,00	112,00	52,00	10,50	15,00	11,00	38,50	38,50	12,57
69RIQ	46	43,50	28,00	8,00	128,00	54,00	15,50	16,50	12,00	24,00	24,00	5,67
69CON	49	39,00	23,00	8,00	104,00	37,00	8,00	13,00	11,00	29,50	31,50	8,89
69RIQ	46	43,00	44,50	10,00	109,50	72,00	12,00	16,00	14,00	44,50	46,00	14,48
69CB	16	43,00	42,50	9,00	111,00	68,00	15,50	14,50	12,00	48,00	51,50	16,99
69CB	37	43,00	37,50	9,00	118,50	81,00	17,50	20,50	16,00	47,00	48,00	17,92
69CON	3	40,00	34,00	9,00	105,50	43,00	9,50	12,50	11,00	38,00	39,00	11,79
69RIQ	54	40,00	30,00	9,00	105,00	55,00	12,00	16,50	13,00	39,50	42,00	13,94
69RIQ	53	41,50	33,50	9,00	102,50	61,00	14,50	15,50	13,00	54,50	56,00	15,10
69CB	19	40,00	36,00	8,50	108,50	62,50	14,50	16,00	13,00	50,00	51,50	11,78
69CB	17	41,50	32,50	9,00	105,00	56,00	13,50	17,00	11,00	29,50	30,00	7,84
69RIQ	32	43,50	35,50	8,50	114,00	66,50	10,00	15,00	11,00	27,50	28,50	20,66
69CB	47	41,00	36,00	9,00	105,50	67,50	15,00	16,00	13,50	42,00	42,50	11,03
69CB	25	41,00	34,50	8,00	106,50	60,00	17,00	14,00	9,00	10,50	12,50	3,69
69CON	24	40,00	29,00	9,00	112,00	63,50	16,50	15,50	11,50	24,50	27,00	11,11
69CB	23	43,00	38,50	9,00	112,00	84,50	17,00	20,50	18,00	54,00	55,00	13,73
69CON	16	42,00	30,00	8,00	107,00	50,50	12,00	15,00	12,00	32,50	34,50	12,94
69RIQ	24	43,00	25,00	8,00	112,00	49,50	9,50	16,00	12,00	28,00	28,00	9,48
69CB	55	42,00	36,50	8,00	106,00	65,00	15,00	18,50	14,50	26,50	28,50	8,91
UFUS 6901		38,00	27,00	8,00	100,00	58,00	12,00	15,00	12,00	35,00	35,00	11,56

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

TABELA 6. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de APM, no município de Uberlândia – MG.

Genótipo	Caracteres											
		NDF	APF	NNF	NDM	APM	AIPV	NNT	NNP	NVC	NVT	PROD
69CON 28		51,50	35,00	9,00	143,00	82,00	20,50	21,50	19,00	51,50	52,00	32,34
69RIQ 3		52,00	42,50	10,00	135,50	91,50	11,50	20,50	17,00	49,00	49,00	17,43
69RIQ 26		52,00	42,50	9,00	138,00	88,50	12,50	19,50	16,50	51,00	52,50	20,41
69CON 48		41,00	35,00	9,00	101,00	72,00	10,00	16,00	13,50	58,50	61,00	17,36
69CB 55		41,00	39,00	11,00	101,00	76,00	13,00	16,50	14,50	69,50	72,00	32,77
69CON 1		49,00	42,00	11,00	135,50	114,00	14,50	24,00	21,00	50,00	52,00	29,54
69CB 11		46,00	44,00	10,00	129,50	95,50	22,00	21,00	18,00	65,50	66,50	20,54
69CON 51		46,50	38,50	10,00	144,00	96,50	19,50	23,00	19,50	63,00	63,50	17,95
69CON 57		46,50	38,00	10,00	120,50	74,00	17,50	20,50	11,00	30,50	30,50	14,24
69CB 52		48,50	38,00	9,00	129,00	86,00	15,00	20,00	17,00	62,50	65,50	21,56
69CON 57		41,00	28,00	9,00	105,00	59,00	13,00	16,00	12,50	36,00	37,50	11,92
69CB 44		41,00	35,00	10,00	103,00	71,00	15,00	18,00	16,00	47,00	52,00	11,76
69RIQ 45		47,50	31,00	9,50	125,50	61,50	15,00	21,00	15,00	38,00	38,50	11,74
69CON 38		46,50	35,00	9,00	124,50	84,50	15,50	21,00	17,50	64,00	67,00	20,07
69RIQ 1		49,50	48,50	10,00	146,00	109,50	27,50	22,00	16,50	42,50	43,50	17,74
69CB 58		43,50	42,00	9,00	107,50	98,00	18,50	20,00	17,00	39,00	36,00	11,38
69RIQ 33		51,50	46,00	10,50	144,00	100,00	18,50	25,50	18,00	91,50	91,50	25,94
69CB 13		40,50	43,00	10,50	102,50	79,50	14,50	18,00	15,00	50,50	54,00	11,75
69CB 50		41,00	42,50	9,50	102,00	84,00	14,00	17,00	14,00	32,50	36,50	11,79
69CON 46		47,00	34,50	9,00	124,00	78,50	16,00	22,00	19,00	67,50	67,50	24,03
69CB 1		43,50	40,00	9,00	122,00	83,50	12,00	18,00	15,00	40,50	41,00	15,53
69RIQ 30		46,00	29,50	8,00	133,00	67,50	13,50	19,50	16,50	36,00	36,00	10,04
69RIQ 60		44,00	26,00	8,00	128,00	70,00	12,00	20,00	13,50	27,00	27,00	8,16
69CON 1		46,00	37,00	9,50	133,00	75,50	17,00	20,00	15,00	48,00	48,50	21,56
69CON 2		44,00	40,00	9,00	128,50	87,50	16,50	19,00	15,00	30,00	31,50	14,71
69CON 8		53,00	39,00	9,50	128,00	73,00	9,50	19,00	16,50	55,00	55,00	24,44
69RIQ 12		47,50	45,00	9,00	137,00	115,00	24,50	23,00	18,50	34,50	34,50	15,81
69RIQ 47		45,00	47,50	10,00	128,50	98,00	21,50	19,00	14,00	45,50	45,50	16,84
69CB 4		44,50	34,50	8,00	108,50	61,50	15,00	17,50	13,00	22,50	24,00	7,90
69RIQ 46		43,00	44,50	10,00	109,50	72,00	12,00	16,00	14,00	44,50	46,00	14,48
69CB 16		43,00	42,50	9,00	111,00	68,00	15,50	14,50	12,00	48,00	51,50	16,99
69CB 37		43,00	37,50	9,00	118,50	81,00	17,50	20,50	16,00	47,00	48,00	17,92
69RIQ 20		50,00	32,00	8,00	136,00	90,00	17,00	22,00	16,50	40,00	40,00	16,14
69RIQ 52		48,00	38,50	9,00	131,50	72,00	16,50	18,00	14,00	30,00	30,50	13,16
69CON 31		49,00	44,00	9,50	135,50	88,50	22,00	22,50	17,00	65,00	65,50	10,39
69CB 27		44,00	36,50	8,50	109,50	67,50	14,00	17,50	15,00	31,00	31,50	11,71
69CB 47		41,00	36,00	9,00	105,50	67,50	15,00	16,00	13,50	42,00	42,50	11,03
69CON 6		46,00	33,00	9,00	136,00	78,00	16,00	19,50	14,50	46,50	49,50	24,69
69CB 23		43,00	38,50	9,00	112,00	84,50	17,00	20,50	18,00	54,00	55,00	13,73
UFUS 6901		38,00	27,00	8,00	100,00	58,00	12,00	15,00	12,00	35,00	35,00	11,56

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

TABELA 7. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de NNT, no município de Uberlândia – MG.

Genótipo		Caracteres										
		NDF	APF	NNF	NDM	APM	AIPV	NNT	NNP	NVC	NVT	PROD
69CON	28	51,50	35,00	9,00	143,00	82,00	20,50	21,50	19,00	51,50	52,00	32,34
69CB	14	44,50	36,00	10,00	116,00	70,00	14,00	18,50	15,00	61,00	62,50	14,69
69RIQ	3	52,00	42,50	10,00	135,50	91,50	11,50	20,50	17,00	49,00	49,00	17,43
69RIQ	26	52,00	42,50	9,00	138,00	88,50	12,50	19,50	16,50	51,00	52,50	20,41
69CON	1	49,00	42,00	11,00	135,50	114,00	14,50	24,00	21,00	50,00	52,00	29,54
69RIQ	24	53,00	32,50	8,00	142,00	82,50	16,50	20,50	16,00	56,50	60,00	12,42
69CB	1	49,00	36,00	9,50	145,00	76,50	17,00	20,50	16,00	53,00	54,50	11,01
69CB	11	46,00	44,00	10,00	129,50	95,50	22,00	21,00	18,00	65,50	66,50	20,54
69CB	16	57,00	49,00	11,00	93,00	68,00	8,00	18,00	15,00	94,00	100,00	16,69
69CON	51	46,50	38,50	10,00	144,00	96,50	19,50	23,00	19,50	63,00	63,50	17,95
69RIQ	46	53,00	28,50	9,00	144,00	60,00	14,00	18,50	14,00	45,50	46,00	9,96
69CON	57	46,50	38,00	10,00	120,50	74,00	17,50	20,50	11,00	30,50	30,50	14,24
69CB	52	48,50	38,00	9,00	129,00	86,00	15,00	20,00	17,00	62,50	65,50	21,56
69CB	44	41,00	35,00	10,00	103,00	71,00	15,00	18,00	16,00	47,00	52,00	11,76
69RIQ	45	47,50	31,00	9,50	125,50	61,50	15,00	21,00	15,00	38,00	38,50	11,74
69CON	38	46,50	35,00	9,00	124,50	84,50	15,50	21,00	17,50	64,00	67,00	20,07
69RIQ	1	49,50	48,50	10,00	146,00	109,50	27,50	22,00	16,50	42,50	43,50	17,74
69CB	58	43,50	42,00	9,00	107,50	98,00	18,50	20,00	17,00	39,00	36,00	11,38
69RIQ	33	51,50	46,00	10,50	144,00	100,00	18,50	25,50	18,00	91,50	91,50	25,94
69CB	13	40,50	43,00	10,50	102,50	79,50	14,50	18,00	15,00	50,50	54,00	11,75
69CON	46	47,00	34,50	9,00	124,00	78,50	16,00	22,00	19,00	67,50	67,50	24,03
69CB	1	43,50	40,00	9,00	122,00	83,50	12,00	18,00	15,00	40,50	41,00	15,53
69RIQ	55	44,00	32,00	8,00	120,50	62,50	16,00	17,50	14,00	32,00	32,00	11,41
69RIQ	30	46,00	29,50	8,00	133,00	67,50	13,50	19,50	16,50	36,00	36,00	10,04
69RIQ	60	44,00	26,00	8,00	128,00	70,00	12,00	20,00	13,50	27,00	27,00	8,16
69CON	1	46,00	37,00	9,50	133,00	75,50	17,00	20,00	15,00	48,00	48,50	21,56
69CON	2	44,00	40,00	9,00	128,50	87,50	16,50	19,00	15,00	30,00	31,50	14,71
69CON	8	53,00	39,00	9,50	128,00	73,00	9,50	19,00	16,50	55,00	55,00	24,44
69RIQ	12	47,50	45,00	9,00	137,00	115,00	24,50	23,00	18,50	34,50	34,50	15,81
69RIQ	47	45,00	47,50	10,00	128,50	98,00	21,50	19,00	14,00	45,50	45,50	16,84
69CB	4	44,50	34,50	8,00	108,50	61,50	15,00	17,50	13,00	22,50	24,00	7,90
69CON	58	45,50	31,00	8,00	129,00	55,50	13,50	17,50	10,00	25,00	25,00	9,80
69CB	37	43,00	37,50	9,00	118,50	81,00	17,50	20,50	16,00	47,00	48,00	17,92
69RIQ	20	50,00	32,00	8,00	136,00	90,00	17,00	22,00	16,50	40,00	40,00	16,14
69CON	31	49,00	44,00	9,50	135,50	88,50	22,00	22,50	17,00	65,00	65,50	10,39
69CON	6	46,00	33,00	9,00	136,00	78,00	16,00	19,50	14,50	46,50	49,50	24,69
69CB	23	43,00	38,50	9,00	112,00	84,50	17,00	20,50	18,00	54,00	55,00	13,73
69RIQ	22	49,00	30,00	8,00	135,50	65,00	16,50	19,00	14,00	32,00	32,00	11,14
69CB	55	42,00	36,50	8,00	106,00	65,00	15,00	18,50	14,50	26,50	28,50	8,91
69CON	5	45,00	32,00	8,00	126,50	37,00	11,00	20,00	16,00	42,00	42,00	20,18

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVT: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

TABELA 8. Médias dos 40 genótipos de soja selecionados para o caráter de PROD, no município de Uberlândia – MG.

Genótipo	Caracteres											
		NDF	APF	NNF	NDM	APM	AIPV	NNT	NNP	NVC	NVT	PROD
69CB 50		45,00	44,00	10,00	120,00	58,00	13,50	14,50	12,00	50,00	51,50	25,58
69CON 28		51,50	35,00	9,00	143,00	82,00	20,50	21,50	19,00	51,50	52,00	32,34
69RIQ 16		46,50	28,00	8,50	130,50	57,00	14,50	15,00	12,00	38,50	39,50	23,22
69CON 31		44,50	38,50	10,00	127,50	52,50	11,00	13,50	10,00	29,00	32,50	32,42
69RIQ 3		52,00	42,50	10,00	135,50	91,50	11,50	20,50	17,00	49,00	49,00	17,43
69RIQ 26		52,00	42,50	9,00	138,00	88,50	12,50	19,50	16,50	51,00	52,50	20,41
69CON 48		41,00	35,00	9,00	101,00	72,00	10,00	16,00	13,50	58,50	61,00	17,36
69CB 55		41,00	39,00	11,00	101,00	76,00	13,00	16,50	14,50	69,50	72,00	32,77
69CON 1		49,00	42,00	11,00	135,50	114,00	14,50	24,00	21,00	50,00	52,00	29,54
69RIQ 25		45,50	23,00	8,00	103,00	49,00	11,00	15,50	12,00	39,00	40,00	21,62
69CB 11		46,00	44,00	10,00	129,50	95,50	22,00	21,00	18,00	65,50	66,50	20,54
69CON 31		45,00	52,00	9,00	122,00	58,00	10,00	15,00	12,00	58,00	59,00	20,96
69CON 26		39,00	37,00	8,00	100,00	67,00	9,00	17,00	14,00	39,00	41,00	19,86
69CON 16		51,50	44,50	9,50	136,00	63,00	7,50	13,50	11,00	65,50	70,00	26,67
69CB 54		43,00	40,00	9,00	102,50	61,00	13,00	15,00	12,50	49,00	51,00	22,13
69CB 52		48,50	38,00	9,00	129,00	86,00	15,00	20,00	17,00	62,50	65,50	21,56
69CON 10		44,00	41,00	9,00	121,00	48,00	12,00	13,00	12,00	64,00	67,00	27,57
69CON 58		45,50	35,50	8,50	123,00	45,50	10,00	13,00	11,00	32,00	32,50	15,30
69CON 38		46,50	35,00	9,00	124,50	84,50	15,50	21,00	17,50	64,00	67,00	20,07
69RIQ 1		49,50	48,50	10,00	146,00	109,50	27,50	22,00	16,50	42,50	43,50	17,74
69RIQ 33		51,50	46,00	10,50	144,00	100,00	18,50	25,50	18,00	91,50	91,50	25,94
69CON 50		43,00	34,50	9,00	121,50	53,50	11,00	14,50	12,50	67,50	69,00	26,18
69CON 46		47,00	34,50	9,00	124,00	78,50	16,00	22,00	19,00	67,50	67,50	24,03
69CB 1		43,50	40,00	9,00	122,00	83,50	12,00	18,00	15,00	40,50	41,00	15,53
69CON 1		46,00	37,00	9,50	133,00	75,50	17,00	20,00	15,00	48,00	48,50	21,56
69CON 2		44,00	40,00	9,00	128,50	87,50	16,50	19,00	15,00	30,00	31,50	14,71
69CB 21		41,50	34,50	9,00	112,00	52,00	10,50	15,00	11,00	38,50	38,50	12,57
69CON 8		53,00	39,00	9,50	128,00	73,00	9,50	19,00	16,50	55,00	55,00	24,44
69RIQ 12		47,50	45,00	9,00	137,00	115,00	24,50	23,00	18,50	34,50	34,50	15,81
69RIQ 47		45,00	47,50	10,00	128,50	98,00	21,50	19,00	14,00	45,50	45,50	16,84
69RIQ 46		43,00	44,50	10,00	109,50	72,00	12,00	16,00	14,00	44,50	46,00	14,48
69CB 16		43,00	42,50	9,00	111,00	68,00	15,50	14,50	12,00	48,00	51,50	16,99
69CB 37		43,00	37,50	9,00	118,50	81,00	17,50	20,50	16,00	47,00	48,00	17,92
69CON 3		40,00	34,00	9,00	105,50	43,00	9,50	12,50	11,00	38,00	39,00	11,79
69RIQ 54		40,00	30,00	9,00	105,00	55,00	12,00	16,50	13,00	39,50	42,00	13,94
69RIQ 32		43,50	35,50	8,50	114,00	66,50	10,00	15,00	11,00	27,50	28,50	20,66
69CON 6		46,00	33,00	9,00	136,00	78,00	16,00	19,50	14,50	46,50	49,50	24,69
69CB 23		43,00	38,50	9,00	112,00	84,50	17,00	20,50	18,00	54,00	55,00	13,73
69CON 5		45,00	32,00	8,00	126,50	37,00	11,00	20,00	16,00	42,00	42,00	20,18
BR/MG46 Conquista		45,00	53,00	9,00	122,00	72,00	15,00	18,00	15,00	41,00	42,00	17,08

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNP: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

A Tabela 5 mostra os valores dos 40 genótipos de soja selecionados indiretamente pelo caráter NNF e mostra valores de NDF variando entre 40 e 45 dias e NDM variando entre 100 e 120 dias. A APF variou de 28 a 44 cm, APM variou de 43 a 98 cm e AIPV variou de 8 a 18 cm. NNF variou de 8 a 11 nós, NNT variou de 13 a 20 e NNP variou de 9 a 18 nós. O caráter de NVC de 11 a 70 vagens por planta e o caráter NVT variou de 13 a 73 vagens por planta. O caráter PROD variou 6,45 a 33 gramas por planta, sendo que o genótipo 69CB 55 foi o que apresentou o maior valor.

A Tabela 6 mostra os valores dos 40 genótipos de soja selecionados indiretamente pelo caráter APM e mostra valores de NDF variando entre 38 e 50 dias e NDM variando entre 100 e 146 dias. A APF variou de 26 a 44 cm, APM variou de 59 a 115 cm e AIPV variou de 9 a 25 cm. NNF variou de 8 a 11 nós, NNT variou de 15 a 24 e NNP variou de 11 a 19 nós. O caráter de NVC de 21 a 72 vagens por planta e o caráter NVT variou de 24 a 78 vagens por planta. O caráter PROD variou 8 a 85 gramas por planta, sendo que o genótipo 69CON 28 foi o que apresentou o maior valor.

A Tabela 7 mostra os valores dos 40 genótipos de soja selecionados indiretamente pelo caráter NNT e mostra valores de NDF variando entre 43 e 53 dias e NDM variando entre 93 a 144 dias. A APF variou de 26 a 47 cm, APM variou de 61 a 115 cm e AIPV variou de 8 a 22 cm. NNF variou de 8 a 11 nós, NNT variou de 17 a 23 e NNP variou de 14 a 21 nós. O caráter de NVC de 22 a 72 vagens por planta e o caráter NVT variou de 25 a 78 vagens por planta. O caráter PROD variou 8 a 80 gramas por planta, sendo que o genótipo 69CON 28 foi o que apresentou o maior valor.

A Tabela 8 mostra os valores dos 40 genótipos de soja selecionados indiretamente pelo caráter PROD e mostra valores de NDF variando entre 40 e 52 dias e NDM variando entre 102 e 143 dias. A APF variou de 23 a 47 cm, APM variou de 57 a 115 cm e AIPV variou de 9 a 22 cm. NNF variou de 8 a 11 nós, NNT variou de 13 a 26 e NNP variou de 9 a 24 nós. O caráter de NVC de 27 a 72 vagens por planta e o caráter NVT variou de 30 a 76 vagens por planta. O caráter PROD variou 11 a 33 gramas por planta, sendo que o genótipo 69CB 55 foi o que apresentou o maior valor.

As estimativas dos ganhos de seleção pelo índice de Mulamba e Mock (1978) funcionam de forma a posicionar os genótipos em um “*rank*”, sendo que cada caráter será atribuído um valor absoluto e estes valores são posteriormente somados e aqueles que possuírem os melhores números serão classificados como os melhores genótipos. Este índice mostrou que os caracteres de PROD (24,23%) e APM (17,81%) possuem os melhores ganhos, o caráter NDM (-0,3%) foi o único que demonstrou seleção negativa e

demais caracteres tiveram ganhos que variaram entre 1,88% e 9,96% (Tabela 9). A tabela 10 mostra os valores dos 40 melhores genótipos selecionados deste experimento, ordenados pelo índice de Mulamba e Mock (1978) e revela que os três melhores genótipos foram 69CON 28, 69CB 14 e 69RIQ 3 (Tabelas 9 e 10).

TABELA 9. Estimativas dos ganhos de seleção (%) para 11 caracteres pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba & Mock (1978) para 40 genótipos de soja no município de Uberlândia – MG.

Caracteres	Ganho de seleção (%)
NDF	0,00
APF	0,00
NNF	3,77
NDM	-0,30
APM	17,81
AIPV	9,96
NNT	5,08
NNP	1,88
NVC	3,62
NVT	3,91
PROD	24,23
Total	69,96

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

TABELA 10. Médias das 40 genótipos de soja selecionados pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba & Mock (1978), no município de Uberlândia – MG.

Genótipo	Caracteres										
	NDF	APF	NNF	NDM	APM	AIPV	NNT	NNP	NVC	NVT	PROD
69CON 28	51,50	35,00	9,00	143,00	82,00	20,50	21,50	19,00	51,50	52,00	32,34
69CB 14	44,50	36,00	10,00	116,00	70,00	14,00	18,50	15,00	61,00	62,50	14,69
69RIQ 3	52,00	42,50	10,00	135,50	91,50	11,50	20,50	17,00	49,00	49,00	17,43
69CON 48	41,00	35,00	9,00	101,00	72,00	10,00	16,00	13,50	58,50	61,00	17,36
69CB 55	41,00	39,00	11,00	101,00	76,00	13,00	16,50	14,50	69,50	72,00	32,77
69CON 1	49,00	42,00	11,00	135,50	114,00	14,50	24,00	21,00	90,00	90,00	85,54
69CB 11	46,00	44,00	10,00	129,50	95,50	22,00	21,00	18,00	65,50	66,50	20,54
69CB 16	57,00	49,00	11,00	93,00	68,00	8,00	18,00	15,00	94,00	100,00	16,69
69CON 51	46,50	38,50	10,00	144,00	96,50	19,50	23,00	19,50	63,00	63,50	17,95
69CB 54	43,00	40,00	9,00	102,50	61,00	13,00	15,00	12,50	49,00	51,00	22,13
69CB 31	40,50	37,50	10,50	101,00	65,00	13,00	16,50	13,00	47,50	50,00	9,71
69CB 52	48,50	38,00	9,00	129,00	86,00	15,00	20,00	17,00	62,50	65,50	21,56
69CON 10	44,00	41,00	9,00	121,00	48,00	12,00	13,00	12,00	64,00	67,00	27,57
69CON 57	41,00	28,00	9,00	105,00	59,00	13,00	16,00	12,50	36,00	37,50	11,92

69CB	44	41,00	35,00	10,00	103,00	71,00	15,00	18,00	16,00	47,00	52,00	11,76
69RIQ	45	47,50	31,00	9,50	125,50	61,50	15,00	21,00	15,00	38,00	38,50	11,74
69CON	38	46,50	35,00	9,00	124,50	84,50	15,50	21,00	17,50	64,00	67,00	20,07
69RIQ	1	49,50	48,50	10,00	146,00	109,50	27,50	22,00	16,50	42,50	43,50	17,74
69CB	58	43,50	42,00	9,00	107,50	98,00	18,50	20,00	17,00	39,00	36,00	11,38
69RIQ	33	51,50	46,00	10,50	144,00	100,00	18,50	25,50	18,00	91,50	91,50	25,94
69CON	50	43,00	34,50	9,00	121,50	53,50	11,00	14,50	12,50	67,50	69,00	26,18
69CB	13	40,50	43,00	10,50	102,50	79,50	14,50	18,00	15,00	50,50	54,00	11,75
69CB	50	41,00	42,50	9,50	102,00	84,00	14,00	17,00	14,00	32,50	36,50	11,79
69CON	46	47,00	34,50	9,00	124,00	78,50	16,00	22,00	19,00	67,50	67,50	24,03
69CB	1	43,50	40,00	9,00	122,00	83,50	12,00	18,00	15,00	40,50	41,00	15,53
69CON	1	46,00	37,00	9,50	133,00	75,50	17,00	20,00	15,00	48,00	48,50	21,56
69CON	2	44,00	40,00	9,00	128,50	87,50	16,50	19,00	15,00	30,00	31,50	14,71
69CON	8	53,00	39,00	9,50	128,00	73,00	9,50	19,00	16,50	55,00	55,00	24,44
69RIQ	12	47,50	45,00	9,00	137,00	115,00	24,50	23,00	18,50	34,50	34,50	15,81
69RIQ	47	45,00	47,50	10,00	128,50	98,00	21,50	19,00	14,00	45,50	45,50	16,84
69RIQ	46	43,00	44,50	10,00	109,50	72,00	12,00	16,00	14,00	44,50	46,00	14,48
69CB	16	43,00	42,50	9,00	111,00	68,00	15,50	14,50	12,00	48,00	51,50	16,99
69CB	37	43,00	37,50	9,00	118,50	81,00	17,50	20,50	16,00	47,00	48,00	17,92
69RIQ	54	40,00	30,00	9,00	105,00	55,00	12,00	16,50	13,00	39,50	42,00	13,94
69RIQ	53	41,50	33,50	9,00	102,50	61,00	14,50	15,50	13,00	54,50	56,00	15,10
69CB	19	40,00	36,00	8,50	108,50	62,50	14,50	16,00	13,00	50,00	51,50	11,78
69CON	31	49,00	44,00	9,50	135,50	88,50	22,00	22,50	17,00	65,00	65,50	10,39
69CB	47	41,00	36,00	9,00	105,50	67,50	15,00	16,00	13,50	42,00	42,50	11,03
69CON	6	46,00	33,00	9,00	136,00	78,00	16,00	19,50	14,50	46,50	49,50	24,69
69CB	23	43,00	38,50	9,00	112,00	84,50	17,00	20,50	18,00	54,00	55,00	13,73

NDF: número de dias para o florescimento; NNF: número de nós no florescimento; APF: altura de plantas no florescimento, em cm; NDM: número de dias para a maturidade; APM: altura de plantas na maturidade, em cm; AIPV: altura de inserção da primeira vagem, em cm; NNM: número de nós na maturação; NNP: Número de nós produtivos; NVC: número de vagens cheias; NVV: Número de vagens vazias; NVT: número de vagens totais; PROD: produção de grãos, em gramas.

4. CONCLUSÕES

A seleção direta para a produção de grãos em progênies F₃ em soja proporcionou ganho de seleção de 48,64% e ganhos indiretos entre 10 e 20 % para os caracteres NNF, APM e NNT. O uso do índice de Mulamba e Mock proporcionou ganho de seleção de 24,27% para a produção de grãos por planta e ganhos de 3 a 17 % nos demais caracteres.

Pela seleção direta para produtividade de grãos por planta as progênies F₃ superiores foram 69CB 50, 69CON 28, 69RIQ 16, 69CON 31 e 69RIQ 3. A seleção pelo índice de Mulamba e Mock permitiu selecionar as progênies 69CON 28, 69CB 14, 69RIQ 3, 69CON 48 e 69CB 55.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.C.B.; SILVA, A.J.; FERRAUDO, A.S.; UNEDA-TREVISOLI, S.H.; MAURO, A.O.D. Strategies for selecting soybean genotypes using mixed models and multivariate approach. **African Journal of Agricultural Research**. Lagos, v.11, n.1, p.23-31, 2016.
- BEZERRA, A.R.G.; SEDIYAMA, T.; SILVA, F.L.S.; BORÉM, A.; SILVA, A.F.; SILVA, F.C.S. Agronomical Aspects of the Development of Cultivars. In LOPES, F.S. et al. (eds.) **Soybean Breeding**. Springer, p. 395-412, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57433-2_21.
- BHERING, L.L.; PEIXOTO, L.A.; CRUZ, C.D. Parental Selections. In LOPES, F.S. et al. (eds.) **Soybean Breeding**. Springer, p. 395-412, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57433-2_8.
- BI, Y.; LI, W.; XIAO, J.; LIN, H.; LUI, M.; LIU, M.; LUAN, X.; ZHANG, B.; XIE, X.; GUO, D.; LAI, Y. Heterosis and Combining Ability Estimates in Isoflavone Content Using Different Parental Soybean Accessions: Wild Soybean, a Valuable Germoplasm for Soybean Breeding, **Plos one**, San Francisco, v.10, n.1, p1-13, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114827>.
- BIZARI, E.H.; VAL, B.H.P.; PEREIRA, E.M.; MAURO, A.O.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.1, p.110-117, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170012>.
- CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Safra 2018/19** – Terceiro Levantamento, Brasília, v.6, n.3, Dezembro, 2018.
- COSTA, M. M.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100007>.

COSTA, M.M.; DI MAURO, A.O.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; ARRIEL, N.H.C.; BARBARO, I.M.; SILVEIRA, G.D.; MUNIZ, F.R.S. Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.101-108, 2008. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57433-2_11.

CRUZ, C.D.; RODRIGUES, H.S.; ROSADO, R.D.S.; BHERING, L.L. Biometrics Applied to Soybean Breeding. **Soybean Breeding**. Viçosa p.193-227, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57433-2_11.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**, Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, p. 279, 1987.

FEDERER, W.T. **Experimental design** – theory and application. New York, 1956. <https://doi.org/10.1097/00010694-195604000-00015>.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames, Iowa State University, p. 12, 1977.

LEE, S.H.; BAILEY, M.A.; MIAN, M.A.R.; CARTER, T.E.; ASHLEY, D.A.; HUSSEY, R.S.; PARROT, W.A.; BOERMA, H.R. Molecular Markers Associated with Soybean Plant Height, Lodging, and Maturity across Locations. **Crop Science**. Madison, v.36, p.778-735, 1996. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600030035x>.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**. Cairo, v. 7, p. 40-51, 1978.

MUNIZ, F.R.S.; MAURO, A.O.D.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; OLIVEIRA, J.A.; BARBARO, I.M.; ARRIEL, N.H.C.; COSTA, M.M. Parâmetros genéticos e fenotípicos

em populações segregantes de soja. **Revista Brasileira de oleaginosas e fibrosas**. Campina Grande v.6, n.3, p.609-616, 2002.

PEREIRA, E.M.; SILVA, F.M.; VAL, B.H.P.; PIZOLATO NETO, A.; MAURO, A.O.; MARTINS C.C.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H. Canonical correlations between agronomic traits and seed physiological quality in segregating soybean populations. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n.2, p.1-11, 2017. <https://doi.org/10.4238/gmr16029547>.

PERINI, L.J.; FONSECA-JÚNIOR, N.S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.2531-2544, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Sup1p2531>.

SEDIYAMA T., TEIXEIRA R.C.; BARROS H.B. Origem, Evolução e importância econômica. In: **Tecnologias de produção e usos da soja** (Sediyama T, eds.). Mecenas, Londrina, 2015.

SOARES, I.O.; REZENDE, P.M.; BRUZI, A.T.; ZAMBIAZZI, E.V.; ZUFFO, A.M.; SILVA, K.B.; GWINNER, R. Adaptability of Soybean cultivars in different crop years. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n.3, p.8995-9003, 2015. <https://doi.org/10.4238/2015.August.7.8>.