



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**TESTE DE PROGENIES DE FAMILIAS F2 DE *Phaseolus vulgaris* L. (FABACEAE)**

Lucas de Souza Oliveira



Julho/2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

Câmpus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**TESTE DE PROGENIES DE FAMÍLIAS F2 DE *Phaseolus vulgaris* L. (FABACEAE)**

Lucas de Souza Oliveira

Bruno Ettore Pavan

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Ilha Solteira  
Julho/2024

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O48t Oliveira, Lucas de Souza.  
Teste de progênies famílias F2 de *Phaseolus vulgaris* L. (*Fabaceae*) / Lucas de Souza Oliveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024  
22 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -  
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,  
2024

Orientador: Bruno Ettore Pavan

Inclui bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Feijão-comum. 3. Variabilidade genética .  
4.

Elaborado por Raiane da Silva Santos - CRB:  
8/9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE  
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: **Teste de progênies de famílias F2 de *Phaseolus vulgaris* L (FABACEAE)**

ALUNO: LUCAS DE SOUZA OLIVEIRA - RA: 162054556

ORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

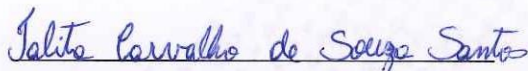
Aprovado (X) Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com nota obtida: 8,0

Comissão Examinadora:



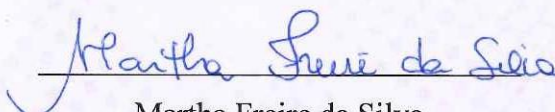
Bruno Ettore Pavan

(Orientador)



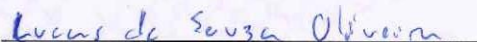
Talita Carvalho de Souza Santos

( Eng<sup>a</sup>. Florestal – Doutoranda PPGA)



Martha Freire da Silva

( Docente DFTASE)



Lucas de Souza Oliveira

Aluno

Ilha Solteira (SP), 13 de dezembro de 2024.

## Resumo

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento essencial no Brasil, contribuindo para a segurança alimentar e a economia agrícola. Este estudo teve como objetivo a seleção de progênies F2 de feijão comum em regiões do noroeste de São Paulo e leste do Mato Grosso do Sul, considerando a adaptação às condições climáticas adversas, especialmente em relação ao aumento da temperatura. O experimento foi conduzido em um solo Argissolo vermelho eutrófico utilizando 11 famílias de feijão em um delineamento em blocos incompletos. As variáveis analisadas incluíram altura das plantas, número de vagens por planta e produção de grãos. Os resultados indicaram que, apesar da forte influência ambiental sobre a maioria dos caracteres, a altura das plantas e o número de vagens apresentaram variabilidade genética significativa, sugerindo que esses caracteres podem ser promissores para a seleção de cultivares mais adaptadas a condições estressantes.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L; Feijão-comum; Variabilidade genética; Adaptação climática; Rendimento de grãos.

### **Abstract**

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a crucial food source in Brazil, significantly contributing to food security and agricultural economy. This study aimed to select F2 progenies of common bean in regions of northwestern São Paulo and eastern Mato Grosso do Sul, considering adaptation to adverse climatic conditions, particularly concerning rising temperatures. The experiment was conducted on Typic Hapludult soil using 11 bean families in an incomplete block design. Analyzed variables included plant height, number of pods per plant, and grain yield. Results showed that, despite the strong environmental influence on most traits, plant height and number of pods exhibited significant genetic variability, indicating that these traits may be promising for the selection of cultivars better adapted to stressful conditions.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L; Common bean; Genetic variability; Climatic adaptation; Grain yield.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	8
2.	REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1.	A CULTURA DO FEIJÃO .....	9
2.2.	MELHORAMENTO DO FEIJÃO .....	10
2.3.	SELEÇÃO DE PROGÊNIES F2 DE FEIJÃO .....	11
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	13
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
5.	CONCLUSÃO .....	19
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	19

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui um dos alimentos mais importantes e amplamente consumidos no Brasil, desempenhando um papel fundamental na segurança alimentar e na economia agrícola do país (Santos et al., 2015; Dalchiavon *et al.*, 2016). Sua produção e consumo estão intrinsecamente ligados à cultura brasileira, sendo essenciais para a população como fonte de proteína vegetal, fibras e diversos nutrientes indispensáveis, sendo consumidos principalmente em classes desfavorecidas. (Embrapa, 2023). Recentemente, *P. vulgaris* vem sendo destacado como alimento funcional devido à sua rica variedade de fitoquímicos com potenciais benefícios à saúde, incluindo macronutrientes (proteínas, aminoácidos, carboidratos, fibras alimentares), oligossacarídeos, fenóis, flavonoides, alcaloides entre outros (Mishra et al., 2010).

No Brasil, o cultivo do feijoeiro é uma prática disseminada em quase todos os estados, adaptando-se a diferentes sistemas de cultivo e condições edafoclimáticas variadas (Bertoldo et al., 2009; Dalchiavon et al., 2016). O calendário agrícola brasileiro observa três safras distintas: a safra "das águas", a safra "da seca" e a safra "de inverno", cada uma com suas particularidades de manejo e desafios específicos (Conab, 2020).

Em regiões como o cerrado brasileiro, a safra de inverno se destaca pelas maiores produtividades médias, impulsionadas pelo uso intensivo de irrigação, o que eleva o nível tecnológico do sistema de produção (Basso, 2021; Rodrigues, 2023) no entanto ainda há limitação pelas altas temperaturas alcançadas mesmo durante do inverno nesta região. Temperaturas elevadas, acima dos 30°C por períodos prolongados, podem resultar em efeitos adversos para a planta, como o abortamento de flores e vagens durante a fase reprodutiva, redução na formação de sementes por vagem e o número de vagens por planta, impactando diretamente a produtividade (Barbano et al., 2001; Hoffmann Junior et al., 2007).

Segundo a Embrapa (2023), devido ao aumento da temperatura, a produção de feijão no Brasil terá que crescer 44% até 2050. Nesse contexto, a seleção de progênies superiores em condições já extremadas pode surgir como uma ferramenta promissora para o desenvolvimento de cultivares que não apenas resistem, mas também prosperam em condições ambientais adversas, frequentemente encontradas no cerrado brasileiro.

De modo que a seleção entre e dentro de progênies possa resultar em avanços genéticos consistentes, isso permite a escolha das melhores famílias adaptadas às condições estressantes, bem como a seleção de indivíduos dentro dessas famílias, garantindo ganhos genéticos com maior precisão (Carvalho et al., 2014). Nesse contexto, as melhores plantas dentro de uma

população segregante são escolhidas com base em características desejáveis, como produtividade e resistência (Carvalho et al., 2014).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo a seleção de progênies F2 de *Phaseolus vulgaris* e o potencial de plantio nas regiões noroeste do estado de São Paulo e leste do Mato Grosso do Sul.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A cultura do feijão**

A importância do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na alimentação humana é indiscutível, destacando-se por sua riqueza em fibras, carboidratos e proteínas essenciais para o fornecimento de energia diária (Mesquita et al., 2007). No Brasil, o feijão é regulamentado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através do Regulamento Técnico de Feijão, que o classifica em dois grupos comerciais principais: feijão comum (grupo I) e feijão-caupi (grupo II) (Mapa, 2008).

Os principais centros de produção global estão concentrados na Ásia, América do Sul e América do Norte. Notavelmente, Índia, Mianmar e Brasil representam conjuntamente cerca de 45% da produção mundial, totalizando 11,548 milhões de toneladas em 2020 (Faostat, 2021). No Brasil, o Estado do Paraná se destaca como o maior produtor nacional em termos de volume e área cultivada (Salvador, 2021). A produção média anual de feijão-comum nos últimos 10 anos foi de aproximadamente 2.530.985 toneladas, cultivadas em uma área média de 1.745.267 hectares. As produtividades variam significativamente entre as safras, com médias de 1.450 kg/ha para a primeira safra, 1.173 kg/ha para a segunda safra e 2.549 kg/ha para a terceira safra (Embrapa Arroz e Feijão, 2021). As cultivares mais comuns de feijão, como o tipo carioca e preto do gênero *Phaseolus*, são predominantes no Centro-Oeste e Sul do Brasil, enquanto as cultivares de feijão-caupi do gênero *Vigna* são mais adaptadas às condições do Norte e Nordeste, devido à sua resistência ao estresse hídrico (Dourado Neto e Ito, 2006).

Embora o Brasil seja um dos maiores produtores globais, a exportação de feijão é limitada devido ao alto consumo interno, principalmente em regiões onde predominam agricultura familiar (Silva; Wander, 2013). A agricultura familiar, ocupa cerca de 80,9 milhões de ha, 23% da área total de estabelecimentos agropecuários e contribui com 23% da produção agropecuária nacional, totalizando 315 mil toneladas, gerando empregos e renda no campo (Ibge, 2017). No entanto, o consumo per capita de feijão tem declinado consideravelmente, refletindo uma redução de 52% entre 2002 e 2018, atribuída a fatores como o aumento dos

preços do produto e a crescente preferência por alimentos ultra processados (Ibge, 2020; Granado, 2021). Projeções indicam que essa tendência de queda no consumo pode persistir até 2025, destacando a necessidade urgente de estratégias para promover o consumo regular deste importante alimento na dieta brasileira (Granado, 2021).

Nesse contexto, o melhoramento genético emerge como uma solução viável e econômica para garantir uma produção robusta e sustentável de feijão, capaz de atender à demanda crescente e de proporcionar preços acessíveis no mercado nacional (Ferreira, 2008).

## 2.2. Melhoramento do feijão

Para aprimorar os programas de melhoramento genético do feijão-comum, é crucial compreender os locais de sua domesticação. Gepts e Debouck (1993) identificaram a América Central e a região andina (norte da Argentina, Bolívia e sul do Peru) como centros primários de domesticação. Essas áreas são reconhecidas por sua significativa diversidade genética, a qual influenciou a evolução e adaptação do feijão-comum ao longo dos séculos (Gepts e Debouck, 1993).

Estudos adicionais como o de Bitocchi et al. (2012), reforçam a importância desses centros como reservatórios fundamentais de variabilidade genética para o feijão-comum. Esta variabilidade é essencial para o desenvolvimento de variedades adaptadas a diferentes ambientes e para a melhoria da resistência a doenças e pragas, contribuindo assim para a segurança alimentar global.

Na época do Brasil colonial, o feijão era frequentemente cultivado como uma cultura secundária, sendo intercalado com as grandes plantações de café, cana-de-açúcar e algodão, com foco principal na subsistência dos colonos (Fernandes, 2017). Ao longo dos séculos, o feijão tornou-se uma das culturas mais importantes do país, com variedades adaptadas às diversas regiões brasileiras, contribuindo para a diversificação agrícola e a segurança alimentar (Embrapa, 2023). Apesar disso, o Brasil ainda enfrenta desafios na produção insuficiente para atender à demanda interna, resultando em necessidade periódica de importações para complementar o mercado (Conab, 2022).

A busca por variedades agrícolas de maior produtividade é fundamental nos programas de melhoramento genético. Além da produtividade, características como adaptação às variações climáticas, resistência a patógenos, tolerância à seca, fixação biológica de nitrogênio, colheita mecanizada e aumento do valor nutricional são prioritárias para os melhoristas (Tester E Langridge, 2010; Tsutsumi et al., 2015.). Essas características não apenas têm o objetivo de

melhorar a capacidade produtiva das culturas, mas também de aumentar a resiliência das plantas frente a desafios ambientais e de aprimorar a qualidade dos alimentos produzidos.

As condições ambientais exercem um impacto significativo na cultura do feijão, influenciando diretamente sua produção e qualidade (Beebe et al., 2013). Estudos destacam que variações climáticas extremas, como temperaturas elevadas e déficits hídricos, podem resultar em quedas substanciais na produtividade do feijão (Smith et al., 2018). Essas condições adversas são cada vez mais frequentes devido às mudanças climáticas globais, o que aumenta a necessidade de cultivares adaptáveis e resistentes (Brown et al., 2020).

A adaptação bem-sucedida dessas cultivares depende da compreensão da interação complexa entre genótipo e ambiente, conhecida como GxA (Gonzalez et al., 2021). A interação entre genótipos e ambientes pode ser dividida em duas categorias: interação simples e interação complexa. A interação simples ocorre devido às variações entre os genótipos, enquanto a interação complexa surge quando não há uma relação linear clara entre os genótipos em diferentes ambientes (Cruz e Regazzi, 1997).

Quando ocorre uma interação G x A complexa e significativa, são realizadas análises complementares para mitigar esses efeitos. Isso inclui a identificação de genótipos específicos para cada ambiente, a estratificação dos ambientes ou análises de adaptabilidade e estabilidade de produção, com o objetivo de identificar linhagens que apresentem consistência de desempenho (Cruz e Regazzi, 1997).

### 2.3. Seleção de progênes F2 de feijão

A seleção de progênes F2 no feijão desempenha um papel crucial no melhoramento genético da cultura, visando desenvolver novas variedades que combinem alta produtividade, resistência a doenças, adaptação a diferentes ambientes e qualidade superior dos grãos (Ramalho et al., 2001; Borém et al., 2017). Os benefícios potenciais do teste de progênes são vastos e multifacetados. Além de aumentar a produtividade agrícola, as cultivares alcançadas através dos testes são projetadas para oferecer grãos de feijão de maior tamanho, mais uniformes e com teor nutricional otimizado, atendendo às demandas crescentes por alimentos saudáveis e de qualidade (Ramalho et al., 2012; Resende et al., 2015). A resistência a pragas e doenças é outra vantagem que almejamos na escolha das progênes, diminuindo o uso de defensivos.

A adaptação das cultivares a uma ampla gama de condições ambientais, incluindo temperaturas extremas e solos adversos, oferece uma solução promissora para os desafios

climáticos em regiões como o cerrado brasileiro (Oliveira et al., 2020). Além de seus benefícios agronômicos, o teste de progênies também promove o crescimento econômico ao abrir novas oportunidades para o agronegócio, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a estabilidade econômica das comunidades rurais (Almeida et al., 2017).

O desenvolvimento e a implementação de seleção de progênies envolvem um processo meticuloso de pesquisa e desenvolvimento, iniciando com a identificação de variedades de feijão com características genéticas desejáveis, seguida de cruzamentos controlados para combinar esses traços em novas combinações genéticas promissoras (Carvalho et al., 2014). Este processo envolve a seleção cuidadosa de plantas individuais dentro de populações segregantes originadas de cruzamentos entre linhagens puras ou variedades com características complementares (Borém et al., 2017). A seleção das progênies mais robustas é realizada por meio de testes rigorosos de campo e laboratório, garantindo que apenas as cultivares mais adaptadas e produtivas avancem para a fase de comercialização (Costa et al., 2013).

Para assegurar a eficácia da seleção de progênies F2, são empregados métodos fenotípicos e genotípicos (Oliveira, 2019). Os métodos fenotípicos incluem avaliações diretas das características desejáveis, como produtividade, resistência a doenças e qualidade dos grãos, realizadas em campo e em condições controladas de laboratório (Oliveira, 2019). O método genealógico, por outro lado, utiliza-se a condução das populações segregantes, conhecido como pedigree. (Ramalho et al., 2001). No pedigree temos como prioridade a avaliação e seleção de plantas individuais de F2 e/ou F3 (Borém et al., 2017). As avaliações tem como objetivo obter os melhores valores genotípicos, assim selecionando as melhores progênies (Resende, 2007). A seleção recorrente é outra estratégia empregada, envolvendo cruzamentos controlados entre progênies selecionadas e genitores superiores para acumular características desejáveis ao longo de várias gerações (Salvador, 2018).

A análise de variância é aplicada para decompor a variação total em componentes genéticos e ambientais, permitindo estimar a contribuição genética para os caracteres de interesse (Falconer e Mackay, 1996). Espera-se que a variância genética seja significativa, refletindo uma ampla diversidade entre as progênies F2, o que é desejável para a seleção de características favoráveis.

A herdabilidade é um parâmetro crucial que quantifica a proporção da variação fenotípica total de um caráter atribuída à variação genética (Guerra; Oliveira, 2009). Valores elevados de herdabilidade ( $h^2 > 0,70$ ) indicam que diferenças fenotípicas observadas entre as

progênies F2 são principalmente determinadas por variação genética, aumentando a eficiência da seleção baseada em fenótipo (Silva; Lima, 2021).

Além disso, a correlação genotípica entre diferentes características permite avaliar como essas características estão geneticamente relacionadas (Cruz e Regazzi, 1997). Contudo correlações muito altas entre dois caracteres podem ser resultados do efeito indireto de terceiros (Carvalho et al. 1999). Correlações positivas ( $r > 0,50$ ) indicam que progênies F2 com características aceitáveis em um aspecto tendem a apresentar características positivas em outros aspectos (Carvalho, 2004). Essa informação é crucial para o desenvolvimento de variedades de feijão que combinem múltiplos atributos agronomicamente desejáveis.

Estudos mostram que a seleção de progênies F2 pode resultar em aumentos significativos de produtividade e resistência a estresses bióticos e abióticos (Gomes et al., 2017). Esses ganhos são obtidos pela fixação de alelos favoráveis presentes nas linhagens parentais e pela recombinação genética durante a segregação das progênies F2 (Bernardo, 2010; Ramalho et al., 2012; Borém e Miranda, 2013).

A diversidade genética mantida nas progênies F2 é crucial para a adaptação contínua das variedades às mudanças climáticas e novas pressões bióticas (Vello e Nazato, 2017). Métodos como ensaios multiambientais são utilizados para avaliar o desempenho das progênies F2 em diferentes condições de cultivo, garantindo sua estabilidade e adaptabilidade (Vello e Nazato, 2017).

Essa seleção inclui a complexidade das interações genéticas e ambientais que influenciam os caracteres de interesse. Estratégias avançadas de modelagem estatística são empregadas para enfrentar esses desafios, aprimorando a precisão da seleção (Silva; Lima, 2021). Perspectivas futuras incluem a integração de técnicas avançadas de genômica e bioinformática na seleção de progênies F2, permitindo uma compreensão mais profunda da arquitetura genética subjacente às características complexas do feijão e facilitando a seleção de genótipos superiores de maneira mais precisa e eficiente (Gonçalves; Ferreira, 2023).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE (Unidade Pomar) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, em solo "Typic Hapludult" (Argissolo vermelho eutrófico) durante 3 meses (04/2022 até 07/2022) (Santos et al., 2018). A área experimental está situada nas coordenadas geográficas de 20°25'35" de latitude Sul e 51°21'31" de longitude oeste, a uma altitude de 371 metros. O clima local é classificado como Aw,

caracterizado por precipitações durante o verão e estação seca no inverno, com média anual de precipitação em torno de 1316 mm, concentradas nos meses de outubro a março. A temperatura média anual é de 23,5°C, e a umidade relativa do ar varia entre 60% e 80% (Climate-Data.org, 2020).

Para a preparação do solo antes da semeadura, adotou-se o preparo convencional do solo, incluindo a incorporação de 357 kg ha<sup>-1</sup> de adubo formulado 08-28-16 (N-P-K). A semeadura foi realizada manualmente com uma plantadeira linha por linha, e a irrigação foi feita por sistema de aspersão. O controle de plantas daninhas foi realizado de forma mecânica, e não foram aplicados métodos para controle de insetos, doenças fúngicas ou bacterianas durante o período do experimento.

Foram testadas 11 famílias de feijão (Tabela 1) em estágio F2 oriundas de cruzamentos naturais e controlados entre linhagens de elite do programa de melhoramento de feijão Unesp/FEIS. Aferiu-se a segregação entre flores e tegumento das sementes das famílias F2 de cruzamentos naturais, para certificar que ocorreu o cruzamento.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos incompletos desbalanceados com as repetições variando de três a sete, devido ao número limitado de sementes. O número de sementes utilizadas foi de 90, 120, 150, 180 e 210, sendo 30 sementes por bloco em cada repetição, o espaçamento utilizado foi de 0,45 m ou 45 cm.

Para realizar as avaliações após a colheita, foram avaliadas todas as plantas da parcela, as características avaliadas foram: altura de plantas (ALP) a partir do nível do solo, número de vagens por planta (NVP), altura da inserção da primeira vagem (AVG), diâmetro médio do hipocótilo (DH) a 1 cm a partir do nó cotiledonar, número de grãos por vagem (NGV), peso de 1000 grãos (PG) e, por fim, produção de grãos por hectare (PROD).

**Tabela 1.** Descrição das famílias F2 de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) avaliadas em experimento em teste de progênes para condução de populações segregantes pelo método genealógico em Ilha Solteira - SP.

Família	Mãe	Origem	Tipo	Pai	Origem	Tipo
1	UNA	Cult.-IAC	Preto	-	-	-
2	T14	LS	Carioca	UNA	Cult.-IAC	Preto
3	Imperador	Cult.-IAC	Carioca	-	-	-
4	Bolinha	CI	Bolinha	-	-	-
5	I24	LS	Carioca	-	-	-
6	I55	LS	Carioca	I29	LS	Carioca
7	PL	-	Carioca	-	-	-
8	-	-	-	I60	LS	Carioca
9	I45	LS	Carioca	UNA	Cult.-IAC	Preto
10	-	-	-	-	-	-
11	I48	LS	Carioca	UNA	Cult.-IAC	Preto

LS: Linhagem superior pertencente ao programa de melhoramento de feijão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS). Cult.-IAC: Cultivar lançado pelo Instituto Agrônomo de Campinas. CI: Cultivar comercial desconhecido.

Inicialmente os dados foram submetidos à análise de deviance por variável resposta pelo método de máxima verossimilhança restrita, pelo melhor preditor não viesado (REML/BLUP), sendo determinados os componentes de variância e parâmetros genéticos para cada característica, como, variância genotípica, fenotípica e ambiental, herdabilidade no sentido amplo, ganho com a seleção (adotando uma pressão seletiva de 27%). Posteriormente efetuou a seleção pelo índice de seleção de Mulamba & Mock com a mesma pressão seletiva, selecionando entre e dentro das progênes. Foi adotado o modelo 59 do programa genético estatístico SELEGEN (Resende, 2002) para famílias F2 de plantas autógamas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

O coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ) nos indica o grau de precisão experimental. Segundo a classificação de Gomes (1985) o parâmetro é considerado médio quando está entre 10% e 20%. O coeficiente de variação ambiental acima de 20% pode ser considerado altos conforme Júnior (2017), de forma que os caracteres peso de 100 grãos (PG), número de grãos por vagens (NGV) e número de vagens por planta (NVP) apresentaram maior coeficiente de variação residual ( $CV_e$ ) com 28,50%, 28,02% e 26,73% respectivamente, não apresentando um bom controle ambiental e dificultando o processo de melhoramento. A

elevação do *CVe* se deve ao controle mecânico das plantas daninhas (capina), uma vez que nem todas as plantas são efetivamente controladas por esse método. Já *CVe* menor que 10% são considerados adequados (Júnior, 2017). O único caráter que obteve tal valor foi altura de plantas, com 9,46% (Tabela 2)

**Tabela 2.** Componentes de variação e Parâmetros genéticos de teste de Famílias F2 de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), para os caracteres: número de vagens por planta (NVP), altura de plantas (ALP), altura da primeira vagem (AVG), diâmetro do epicótilo (DH), produção de grãos (PG) e número de grãos por vagem (NGV) em Ilha Solteira - SP.

Par. Gen.	Atributos avaliados					
	NVP	ALP	AVG	DH	PG	NGV
$\sigma_a^2$	0,082	3,657	0,156	0,035	1,34	0,0053
$\sigma_{\text{parc}}^2$	10,69	13,87	2,125	0,362	207,2	0,39
$\sigma_e^2$	54,32	57,02	6,963	1,095	1117,9	1,833
$h_a^2\%$	0,13±0,38	4,91±22,38	1,69±1,40	2,38±1,66	0,10±0,36	0,25±0,56
$h_{mp}^2\%$	16,42	62,06	31,83	38,53	3,73	7,968
<i>CVgi</i> %	26,18	4,576	4,074	3,398	2,121	3,116
<i>CVe</i> %	26,74	9,467	15,77	11,356	28,51	28,02
<i>CVr</i> %	0,979	0,483	0,258	0,299	0,074	0,111

$\sigma_a^2$ : Variância genotípica aditiva;  $\sigma_{\text{parc}}^2$ : variância residual entre parcelas;  $\sigma_e^2$ : variância residual dentro de parcelas;  $h_a^2\%$ : Herdabilidade no sentido amplo;  $h_{mp}^2\%$ : Herdabilidade no sentido restrito; *CVgi*%: Coeficiente de variação genotípica; *CVe*%: Coeficiente de variação experimental; *CVe*%: Coeficiente de variação residual.

A presença de variabilidade genética em uma população é vista como um fator crucial para qualquer programa de melhoramento (Cruz et al., 2014; Gonçalves et al., 2016). De forma que quanto superior o Coeficiente de variação relativa (*CVr*) mais ganhos com a seleção podem ser alcançados (Júnior, 2017), em todas as características avaliadas demonstrou valores inferiores a 1, indicando que não é favorável a seleção, pois a variação ambiental é maior que a variação genética. Isso sugere que a seleção de famílias F2 de feijão comum resultará em pequenos ganhos. Coeficientes de determinação genotípica elevados (superiores a 75%) sugerem que o caráter em estudo foi pouco influenciado pelo ambiente, indicando que a população apresenta bom potencial para a seleção do caráter, possibilitando ganhos genéticos

por meio da seleção visual (Santos et al., 2015). Nenhum dos valores apresentados em  $h_{mp}^2$  estão acima de 75%, sugerindo que os caracteres foram influenciados pelo ambiente.

O coeficiente de variação genético permite inferir a respeito da variabilidade genética entre diferentes caracteres. Valores altos de  $CV_g$  (superiores a 25%) indicam que a população tem potencial para a seleção do caráter em análise, com a expectativa de obter ganhos significativos por meio da seleção (Correa et al., 2003). De acordo com a Tabela 2, apenas NVP, apresentou valor superior a 25%, indicando que esse caractere possui potencial promissor dentro da população analisada.

Os valores genotípicos dentro da família, demonstrado na Tabela 3, nos demonstram onde cada família se mostrou superior e inferior. Para o caractere número de vagens por planta (NVP) os valores genotípicos variam de -0,0527 a 0,0480. A família 9, com 0,0480, é a que apresenta o maior potencial produtivo. Segundo Rezende et al. (1999), uma boa variabilidade genética para NVP é essencial para o melhoramento, e valores positivos são promissores para aumentar a produtividade. Em contrapartida, a família 11, com -0,0527, mostra o menor potencial para produção de vagens, indicando menor produtividade.

Em relação à altura das plantas (ALP), os valores variaram de -2,4221 a 1,7998. A família 7, com 1,7998, mostra maior potencial de crescimento. Estudos de seleção precoce, como o de Beebe et al. (2013), destacam que plantas mais altas podem ser mais competitivas e resistentes. Por outro lado, a família 11, com -2,4221, indica plantas menos vigorosas e competitivas.

A altura da primeira vagem (AVG) variou de -0,2704 a 0,2914. A família 8, com 0,2914, tem as vagens mais altas, facilitando a colheita e reduzindo riscos de danos, conforme mostrado por Cruz e Regazzi (1997). Já a família 11, com -0,2704, tem as vagens mais baixas, aumentando a susceptibilidade a danos e doenças.

O diâmetro do epicótilo (DH) variou de -0,1529 a 0,1474. A família 7, com 0,1474, indica plantas mais robustas e resistentes, de acordo com Falconer e Mackay (1996). Em contraste, a família 5, com -0,1529, apresenta menor robustez.

A produção de grãos (PG) variou de -0,2108 a 0,1239. A família 10, com 0,1239, apresenta maior potencial para produção de grãos. Segundo Vello e Nazato (2017), altos valores de PG são cruciais para o rendimento. Em contrapartida, a família 7, com -0,2108, tem menor potencial de produção.

O número de grãos por vagem (NGV) variou de -0,0224 a 0,0246. A família 8, com 0,0246, indica maior eficiência produtiva, de acordo com Bernardo (2010). Por outro lado, a família 7, com -0,0224, apresenta menor número de grãos por vagem.

Os índices de seleção genotípica (GSI) variaram conforme a razão GSI/GSD (%). Foram selecionadas as melhores famílias em cada variável avaliada, os índices demonstrados na tabela são das famílias 4 (NVP), 5 (ALP), 2 (AVG), 3 (DH), 8 (PG) e 9 (NGV). A família 9, com 82,8571%, apresenta um bom potencial de resposta à seleção, conforme Resende (2002). Em contraste, a família 5, com 8,5414%, indica menor eficácia relativa.

**Tabela 3.** Valores genotípicos de famílias F2 de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) para os caracteres número de vagens por planta (NVP), altura de plantas (ALP), altura da primeira vagem (AVG), diâmetro do epicótilo (DH), produção de grãos (PG) e número de grãos por vagem (NGV) em teste de progênies implantado em Ilha Solteira – SP.

Família	Atributos avaliados					
	NVP	ALP	AVG	DH	PG	NGV
1	-0,0032	-0,6305	-0,0200	-0,0264	0,0422	-0,0110
2	-0,0099	0,5663	0,1847	0,0427	-0,0449	0,0025
3	0,0034	1,3825	0,0752	0,0631	-0,0165	0,0141
4	0,0281	-1,5213	-0,1771	-0,0884	0,0848	0,0013
5	-0,0416	0,9867	-0,1284	-0,1529	-0,0398	-0,0061
6	-0,0420	0,3153	-0,0558	-0,0501	-0,1163	-0,0160
7	-0,0527	1,7998	0,2032	0,1474	-0,2108	-0,0224
8	0,0148	-0,4249	0,2914	-0,0210	0,0740	0,0246
9	0,0480	0,5496	-0,1232	0,0035	0,0625	0,0138
10	-0,0420	-0,6015	0,0203	0,1460	0,1239	0,0048
11	-0,0527	-2,4221	-0,2704	-0,0640	0,0409	-0,0056
GSD	0,0394	1,3897	0,2264	0,1188	0,0942	0,0175
GSI	0,0201	0,1187	0,1290	0,0627	0,0605	0,0145
GSI/GSD (%)	51,0150	8,5414	56,9641	52,7778	64,1897	82,8571

NVP: Número de vagens por planta. ALP: Altura de plantas. AVG: Altura da primeira vagem. DH: Diâmetro do epicótilo. PG: Produção de grãos. NGV: Número de grãos por vagem. GSD: Desvio padrão genotípico.

GSI: Índice de seleção genotípica. GSI/GSD (%): Razão percentual do índice de seleção genotípica pelo desvio padrão genotípico.

## 5. CONCLUSÃO

A análise genética das famílias de feijão comum revelou que apenas alguns caracteres, como altura de plantas e número de vagens por planta (NVP), apresentaram variabilidade genética promissora para a seleção. A maior parte dos caracteres avaliados sofreu forte influência ambiental, dificultando o controle experimental e reduzindo o potencial de resposta à seleção. Assim, ganhos genéticos significativos são esperados apenas para caracteres com maior estabilidade e variabilidade genética. A família 7 destacou-se por apresentar o maior número de vagens por planta e a maior altura de plantas, indicando seu potencial para a seleção de genótipos mais produtivos e de porte ereto. Os resultados obtidos demonstram a importância da avaliação de famílias F2 para identificar fontes de variabilidade genética e selecionar genótipos superiores para o desenvolvimento de cultivares de feijão comum mais produtivas e adaptadas a diferentes condições ambientais.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA, D. G.; PEREIRA, D. F. Impacto de variedades de feijão sobre o solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 41, p. 451-459, 2018.

BEEBE, S. E.; RAO, I. M.; BLAIR, M. W.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A. Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, v. 4, p. 35, 2013.

BITOCCHI, E. et al. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 110, n. 17, p. E1298-E1306, 2012. DOI: 10.1073/pnas.1221969110.

BROWN, A. et al. *Climate Change and Agriculture: Impacts, Adaptation, and Mitigation*. Springer Nature, 2020.

CARVALHO, A. et al. Seleção de progênies de feijão por métodos progênicos. *Genética Agrícola*, v. 20, n. 1, p. 112-125, 2014.

CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, V. R.; CRUZ, C. D.; CASALI, V. W. D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, p. 603-613, 1999.

CAVALCANTI, M. G. et al. Seleção para características agronômicas no feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, p. 49-56, 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Anuário Brasileiro de Feijão 2020*. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 30 jun. 2024.

COSTA, F. S.; BARBOSA, C. C.; PINTO, L. H. S. Crescimento e produtividade de feijão sob diferentes sistemas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, Recife, v. 27, n. 2, p. 112-125, 2017.

COSTA, J. P. et al. Efeito do uso de biofertilizantes na produção de feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 42, p. 457-465, 2020.

COSTA, M. R.; ZIMMERMANN, M. J. O. *Melhoramento do feijoeiro*. Embrapa, 1988.

COSTA, P. et al. Estratégias de melhoramento genético progênico no feijão. *Revista Brasileira de Genética Agrícola*, v. 9, n. 4, p. 230-245, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. UFV, 1997.

CUNHA, M. A.; MARTINS, A. B.; FARIAS, G. A. da S. Avaliação de genótipos de feijão em diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Pesquisa Agrícola*, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 28-35, 2019.

DEBOUCK, D. G. The bean genomes. In: BASSETT, M. J. (Ed.). *Genetic Resources of Phaseolus Beans*. Kluwer Academic Publishers, p. 27-48, 1986.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Feijão: Cultivares e manejo para diferentes regiões do Brasil*. 2023. Disponível em: <http://www.embrapa.br/feijao>.

EMBRAPA-Arroz e Feijão. *Sistema de Produção de Feijão*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/sistema-de-producao/feijao>.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Faostat Database*. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

FERNANDES, E. C.; SILVA, M. A. da; SANTOS, L. P. da. Genética do feijão: teor e acúmulo de nutrientes em diferentes cultivares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 42, p. e0200044, 2018.

FERNANDES, P. A. O feijão no Brasil Colonial: Cultivo e importância econômica. *História & Cultura*, v. 6, n. 2, p. 45-58, 2017.

FERRARI, M. A.; GOMES, F. M. Melhoramento do feijão para adaptação a condições de clima temperado. *Revista Brasileira de Melhoramento Vegetal*, v. 20, p. 98-107, 2020.

- FERRAZ, P. R.; SANTOS, L. A. Feijão e segurança alimentar no Brasil. *Revista Brasileira de Segurança Alimentar*, v. 3, p. 142-153, 2018.
- GARCIA, F. A.; OLIVEIRA, G. B. de; ALMEIDA, A. C. de. Comportamento de genótipos de feijão em diferentes condições edafoclimáticas. *Revista Brasileira de Agricultura*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 203-215, 2020.
- GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). In: SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (Eds.). *Common Beans: Research for Crop Improvement*. CAB International, p. 7-53, 1993.
- GOMES, R. F. et al. Ganho genético na seleção de progênes F2 de feijão. *Genética Agrícola*, v. 44, n. 2, p. 112-125, 2017.
- GOMES, T. F.; ANDRADE, D. A.; SOUZA, R. S. de. Influência das condições climáticas na produtividade do feijão. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Fortaleza, v. 25, p. 177-187, 2019.
- GONZALEZ, P. et al. Genotype × Environment Interaction for Yield and Yield Components of Common Bean in Ethiopia. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 641520, 2021.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2017: Agricultura Familiar no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>.
- IBGE. *Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017-2018: Análise da disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9134-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html?=&t=o-que-e>.
- LIMA, M. C.; ALMEIDA, J. F. Características agronômicas de feijão no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Agropecuária*, v. 8, p. 34-44, 2019.
- LIMA, P. T.; FREITAS, A. M. M.; MARTINS, R. G. Respostas do feijão a diferentes tipos de solo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário*, Campinas, v. 33, p. 58-65, 2021.
- LOPES, P. C. et al. Viabilidade da produção de feijão orgânico. *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, v. 18, p. 220-225, 2021.
- MACÊDO, F. F. et al. Efeito da rotação de culturas na produtividade de feijão em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 17, n. 4, p. 423-430, 2022.
- MACHADO, J. T.; LUCAS, F. T. Melhoramento do feijão sob estresse ambiental. *Revista de Ciências Agrícolas*, v. 29, p. 123-134, 2021.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regulamento Técnico de Feijão*. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2008.

- MARTINS, D. R.; ARAÚJO, M. T. Manejo eficiente de feijão para áreas secas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, v. 14, p. 102-111, 2017.
- MARTINS, R. G.; SILVA, F. A. Tolerância de feijão à seca. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 28, p. 232-240, 2018.
- MELO, R. C. et al. Análise da qualidade nutricional e sensorial de diferentes tipos de feijão. *Revista de Ciências Nutricionais*, v. 24, n. 3, p. 201-210, 2018.
- MENDES, R. O.; GUSMÃO, C. M. F. Melhoramento de feijão para resistência ao murchamento bacteriano. *Revista Brasileira de Fitopatologia*, v. 19, p. 145-154, 2020.
- MESQUITA, F. R.; CARVALHO, J. L. V.; SILVA, M. A. Feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.): composição nutricional, fatores antinutricionais e potencialidade de uso. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 9, n. 1, p. 87-97, 2007.
- MONTEIRO, A. A.; BORGES, J. A. C. Inovações no manejo de feijão em áreas irrigadas. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, p. 301-312, 2019.
- MOREIRA, R. H. et al. Características físico-químicas do feijão em diferentes condições de cultivo. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2019.
- OLIVEIRA, L. C.; SILVA, S. G. Melhoramento do feijão para resistência a doenças. *Revista Brasileira de Fitopatologia*, v. 15, p. 56-65, 2021.
- OLIVEIRA, P. E. et al. Potencial genético de feijoeiro em sistemas agroecológicos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 14, p. 18-29, 2017.
- OLIVEIRA, R. et al. Adaptação de cultivares de feijão por meio da Progenese no cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 3, p. 210-225, 2020.
- OLIVEIRA, S. F.; ANDRADE, A. F.; SANTOS, J. C. dos. Comportamento do feijão em solos ácidos. *Revista Brasileira de Agricultura e Solo*, Fortaleza, v. 24, p. 112-120, 2015.
- PEREIRA, R. N.; CARVALHO, R. L.; GOMES, J. P. Estudo sobre o impacto das variedades de feijão na qualidade da produção. *Revista Agroecológica Brasileira*, Salvador, v. 34, p. 44-53, 2022.
- PINTO, G. S.; BARBOSA, T. A. S. Impactos das mudanças climáticas na produção de feijão. *Revista de Estudos Climáticos*, v. 12, p. 144-155, 2020.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1993. 271 p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 3, 2007.
- RESENDE, M. D. V.; et al. Multigeneration index in the within progenies bulk method for breeding of self-pollinated plants. *Crop Science*, Madison, 2015.

- REZENDE, M. C. et al. Variabilidade Genética no Feijão-Comum. *Revista Brasileira de Genética*, v. 22, n. 1, p. 85-92, 1999.
- RIBEIRO, M. F.; CASTRO, L. C.; PEREIRA, G. S. Genética e melhoramento do feijão para resistência a doenças. In: FERREIRA, L. S. (Org.). *Melhoramento Genético de Plantas*. 2. ed. Campinas: Embrapa, 2016. p. 233-245.
- RIBEIRO, M. F.; LOPES, M. P. Produtividade do feijão nas regiões Centro-Oeste e Nordeste. *Revista Brasileira de Agropecuária*, v. 10, p. 321-331, 2020.
- RODRIGUES, L. R. et al. Seleção de cultivares de feijão para resistência ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 7, p. 175-186, 2019.
- SALVADOR, F. V. Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro: Otimização das etapas de seleção e recombinação de progênies. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.
- SILVA, A. L. de S.; RIBEIRO, M. S.; PEREIRA, M. E. de L. Efeito do pH do solo na produção de feijão. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 4, p. 987-998, 2016.
- SILVA, A. S.; CARVALHO, R. L. A. Qualidade do feijão: avaliação e controle de qualidade. *Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos*, v. 35, p. 45-53, 2014.
- SILVA, E. M.; GONÇALVES, L. F. Melhoramento do feijoeiro por seleção recorrente. *Revista Brasileira de Melhoramento Vegetal*, v. 18, p. 107-117, 2015.
- SILVA, L. D. et al. Desempenho de cultivares de feijão sob estresse hídrico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 2, p. 209-215, 2011.
- SILVA, M. J. et al. Efeito da irrigação na produtividade do feijão. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 8, p. 210-218, 2021.
- SILVA, R. T. de; PEREIRA, J. G. do N. Produção sustentável de feijão no Brasil. *Revista de Economia Agrária*, v. 45, p. 99-110, 2020.
- SMITH, D. et al. Impact of Heat Stress on Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield. *Journal of Agricultural Science*, v. 12, p. 1-10, 2019.
- SOUSA, T. B. et al. Genética e melhoramento do feijão: Avanços e desafios. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Embrapa Arroz e Feijão, n. 73, 2016.
- SOUZA, E. P. et al. Melhoramento do feijão para resistência ao ataque de pragas. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 32, p. 107-114, 2022.
- SOUZA, F. D. et al. *Introdução ao Melhoramento Genético de Feijão: Seleção, Melhoramento e Progresso Genético*. UFV, 2019.
- TOLEDO, J. F. et al. Manejo integrado do feijão: estratégias para o controle de pragas e doenças. *Revista Brasileira de Fitossanidade*, v. 26, p. 1-12, 2020.

VIEIRA, L. D.; GOMES, R. F. Genética de populações de feijão: Estudo das interações genótipos-ambientes. *Genética e Melhoramento*, v. 10, p. 232-241, 2019.

WOLFF, E. A.; MORAES, G. A. Ação do clima sobre o cultivo do feijão no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, p. 93-101, 2012.

XAVIER, A. D.; HENRIQUES, D. P. Melhoramento de feijão para resistência a doenças. *Revista Brasileira de Melhoramento Vegetal*, v. 11, p. 151-162, 2020.

ZANINI, M. S. et al. O uso de marcadores moleculares no melhoramento do feijoeiro. *Revista Brasileira de Biotecnologia*, v. 6, n. 3, p. 23-34, 2017.

ZIMMERMANN, M. J. O.; BASTOS, L. P. Comportamento de cultivares de feijão sob diferentes sistemas de plantio. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 27, p. 125-133, 2016.

ZUCARELLI, G. E. et al. Melhoramento de feijão para produtividade em solos de baixa fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, p. 801-812, 2016.