

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Gabriela Melgaço de Abreu

**DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE FEJJOEIRO COMUM GRÃO
CARIOCA**

Unai

2022

Gabriela Melgaço de Abreu

**DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM GRÃO
CARIOCA**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Oliveira Batista

Unai
2022

Gabriela Melgaço de Abreu

**DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM
GRÃO CARIOCA**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Oliveira Batista

Data de aprovação 23/02/2022.



Prof^a. Dr^a. Renata Oliveira Batista
ICA/UFVJM - Unai - MG
SIAPE: 1300421

Prof^a. Dr^a. Renata Oliveira Batista
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM



Dr^a. Lisandra Magna Moura
Universidade Federal de Viçosa - UFV



Prof. Dr. Leonardo Corrêa da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO)/Campus Araguatins

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados até aqui.

Aos meus pais, Sidnei e Dimanara, pelo amor e carinho incondicional, e por sempre acreditarem em mim mais do que eu mesma. Ao meu irmão, Mateus, pelo apoio e carinho, e por sempre me incentivar na conclusão do curso.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional e pessoal, ao longo do curso, e em especial a Dr^a. Renata Oliveira Batista pela orientação no desenvolvimento desse trabalho e amizade construída, e ao Dr. Alessandro Nicole, pela ajuda na condução do experimento e pelos bons conselhos.

Aos colegas e amigos que sempre me apoiaram em todos os momentos, em especial, Northon, Maria Luiza, Beatriz, Kaline, Marco Aurélio, Luiz Henrique, Gustavo, Welder, Maria Eduarda, Isamara, Enayara e Larissa por sempre ajudarem na condução do experimento.

As amigas Thais e Amanda, por todo apoio, companheirismo, pela amizade, pelos momentos alegres e os difíceis compartilhados ao longo do curso e por sempre me incentivarem a continuar a caminhada.

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro relacionado ao projeto 438698/2018.

RESUMO

O feijão é um grão com extrema importância no Brasil, por ser rico em proteínas, carboidratos, ferro e aminoácidos e fazer parte da alimentação básica dos brasileiros. Apesar de ser amplamente cultivado, cultivares que atendam às atuais demandas dos produtores e consumidores ainda são escassas especialmente do grupo comercial carioca, mais plantado e consumido no país. Os programas de melhoramento trabalham com diferentes linhas de pesquisa a fim de atingir esse objetivo e, para isso, a diversidade genética entre acessos são essenciais para subsidiar futuros cruzamentos. O objetivo com este trabalho foi realizar a caracterização morfoagronômica e analisar a diversidade genética de um conjunto de 23 cultivares e uma linhagem elite de feijoeiro comum grão carioca. O experimento foi conduzido em área experimental da Fazenda Experimental Santa Paula (FESP) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus de Unaí, Minas Gerais. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados com três repetições sendo a parcela constituída de 2 linhas de 2 metros espaçadas em 0,5 m. Foram avaliadas dez características e os dados foram submetidos à análise de variância, seguido do teste de agrupamento de Scott e Knott. Para a análise da diversidade genética entre os genótipos foi empregada análise multivariada com base na distância generalizada de Mahalanobis, realizando posteriormente os métodos aglomerativos de otimização de Tocher e método hierárquico “UPGMA”. Pela análise de variância foi possível observar que todas as características foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F. Foram gerados 15 grupos de diversidade genética pela distância e pelo emprego do método de otimização de Tocher, afirmando assim a diversidade entre os genótipos avaliados. Baseado na complementariedade de alelos favoráveis para todas as características, indica-se o cruzamento entre a linhagem VC 17 e a cultivar IAC Formoso para geração de população segregante a fim de iniciar um programa de melhoramento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Análise multivariada. Caracterização agronômica. Cultivares comerciais.

ABSTRACT

Common bean is a grain with extreme importance in Brazil because it is rich in protein, carbohydrates, iron and amino acids and is part of the basic diet of Brazilians. Despite being widely cultivated, cultivars that meet the current demands of farmers and consumers are still scarce, especially of the commercial group carioca, the most planted and consumed in the country. The breeding programs work with different lines of research to achieve this goal and, for this, the genetic diversity among accessions is essential to support future crossings. The objective of this work was to perform the morphogronomic characterization and to analyze the genetic diversity of a set of 23 cultivars and an elite line of common bean carioca type. The experiment was conducted in the experimental area of Fazenda Experimental Santa Paula (FESP) of the Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus de Unaí, Minas Gerais. The experimental design adopted was randomized blocks with three repetitions and the plot consisted of two 2-meter rows spaced at 0.5 m apart. Ten characteristics were evaluated, and the data were submitted to variance analysis, followed by Scott and Knott's grouping test. To analyze the genetic diversity among the genotypes, multivariate analysis was employed based on the generalized Mahalanobis distance, and then the agglomerative methods of Tocher optimization and the hierarchical method "UPGMA" were performed. By the analysis of variance, it was possible to observe that all characteristics were significant at 1% probability by the F test. Fifteen genetic diversity groups were generated by the distance and using the Tocher optimization method, thus affirming the diversity among the genotypes evaluated. Based on the complementarity of favorable alleles for all characteristics, we indicate the crossing between the lineage VC 17 and the cultivar IAC Formoso to generate a segregating population to initiate a breeding program.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Multivariate analysis. Morphoagronomic characterization. commercial cultivars.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
REFERÊNCIAS.....	9
DIVERSIDADE GENETICA ENTRE GENÓTIPOS DE FEJJOEIRO COMUM GRÃO CARIOCA	12
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAIS E MÉTODOS	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de grande importância econômica e social para o Brasil ocupando lugar de destaque na culinária e agricultura brasileira. O grão é reconhecido como uma importante fonte de proteína, minerais e carboidratos na dieta da maior parte da população. Juntamente com o arroz o grão compõe a alimentação básica do brasileiro, em especial o de baixa renda. Além disso, a cultura é presente como fonte de renda para a agricultura familiar (BORÉM; CARNEIRO, 2015).

A Embrapa Arroz e Feijão (2019), considerando as últimas décadas, relatou uma queda no consumo per capita de feijão pelo brasileiro, entretanto o Brasil continua entre os maiores consumidores do grão no mundo com consumo médio aparente per capita de cerca de 15 kg/hab/ano.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão ficando atrás apenas da Índia e Myanmar que, juntamente com os Estados Unidos, China e México, são responsáveis por produzir 19 milhões de toneladas, representando 61% da produção mundial (FAOSTAT, 2019). Na produção nacional o estado de Minas Gerais se destaca como o maior produtor de feijão, produzindo em 2017 aproximadamente 397.267 toneladas do grão em 215.940 hectares, cerca de 1,8 ton.ha⁻¹. A região noroeste é a maior produtora do grão no estado, com destaque para os municípios de Paracatu com produção de 57.635 toneladas, seguido por Unaí com 54.472 toneladas e Guarda-Mor com 21.078 (IBGE, 2017). Segundo a CONAB, estima-se que a soma das três safras 2021/2022 seja de 3,1 milhões de toneladas, representando 7,9% a mais que as safras de 2020/2021, que foi de 2,88 milhões de toneladas.

O feijoeiro é uma planta de ciclo curto e, portanto, apresenta uma vantagem para o agricultor que consegue adaptar a janela de plantio sem ter que abandonar a produção de outras culturas no mesmo ano. Nesse cenário, o Brasil tem três épocas distintas de plantio de feijoeiro que favorece o fornecimento constante do grão ao longo de todo ano (CONAB, 2021).

A primeira safra de feijão, conhecida como “safra das águas”, semeada entre agosto e dezembro é cultivada principalmente na região Sul. A segunda safra, chamada “safra da seca”, é cultivada de janeiro a abril, com ocorrência geral no território brasileiro enquanto a terceira safra, chamada “safra de outono/inverno”, é semeada de maio a julho e ocorre principalmente nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste (CONAB, 2021). A cultura do feijoeiro por se tratar de uma espécie cultivada em diversos ambientes e países, possui alta variabilidade genética, apresentando variadas cores e tamanhos.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) define os grupos comerciais de feijoeiro visando a classificação dos cultivares conforme cor do tegumento e tamanho do grão. Os tipos comerciais de feijão são: preto, mulatinho, roxo, vermelho, rosinha, Manteigão e carioca (BORÉM; CARNEIRO, 2015). Todavia, o feijão carioca, cujo grão apresenta cor de fundo creme e rajas marrom se destaca como preferência do brasileiro representando 70% do feijão consumido em todo território nacional (PEREIRA *et al.*, 2019).

A média da produtividade de feijão no Brasil é considerada baixa, em torno de 900 kg ha⁻¹, entretanto a cultura apresenta potencial genético para atingir 5.000 kg ha⁻¹, e alguns produtores que empregam alto nível tecnológico alcançam produtividade superiores a 3.000 kg ha⁻¹ (BORÉM; CARNEIRO, 2015). Entre os vários fatores que acarretam essa baixa produtividade podemos citar a predominância de pequenos e médios produtores que utilizam baixo nível tecnológico na produção do grão (LIMA, *et al.*, 2020). Interferência de fatores climáticos como a escassez e má distribuição das chuvas, dificuldade da mecanização na colheita, ausência de controle e suscetibilidade a pragas e doenças, são outras razões para esse baixo rendimento médio (NUNES *et al.*, 2017).

Grandes produtores que optam por produzir feijão tem escolhido pelo cultivo na safra de inverno (BORÉM; CARNEIRO, 2015). Durante essa safra a irrigação da cultura é necessária e é empregado alto nível tecnológico, como uso de irrigação por pivô central, tornando as lavouras menos suscetíveis aos fatores climáticos, para que haja maior estabilidade da produção. Além disso, possibilita a produção de grãos com melhor qualidade, porque a colheita é feita em ambiente seco, reduzindo assim o risco de danos aos grãos, como grãos germinados e manchados (TERRA *et al.*, 2019). Apesar de gerar maior custo de produção a lucratividade dos produtores na safra de inverno é maior (RICHETTI; MELO 2014). Entretanto vale ressaltar que apesar da crescente participação de produtores tecnificados na produção de feijão no Brasil, os agricultores familiares ainda têm uma participação significativa na produção do grão no país. As duas primeiras safras juntas são produzidas basicamente por esses pequenos produtores, que chega a 42% da produção total do grão do país (IBGE, 2017).

Levando em consideração a importância socioeconômica da cultura em nosso país e o potencial produtivo da mesma, faz-se necessário investimento no melhoramento genético da cultura. Dentre as várias características objetivo dos programas de melhoramento atuais podemos citar: arquitetura de plantas direcionando facilitar tratamentos culturais e colheita mecanizada, resistência a pragas e doenças, aspecto comercial além de produtividade de grãos (AREVALO *et al.*, 2020).

Na literatura são encontrados diversos relatos ressaltando ganhos genéticos significativos e a importância do melhoramento genético no lançamento de cultivares (TORGA *et al.*, 2010; BARILI *et al.*, 2016; ANJOS *et al.*, 2019; ROCHA *et al.*, 2019; CARMO *et al.*, 2020). Esses ganhos atribuíram às cultivares características como maior produtividade de grãos, tolerância à seca, mais resistência a patógenos e pragas, melhor adaptação à colheita mecanizada, incremento em valor nutricional e melhores condições de cozimento. Além desses fatores, o melhoramento contribuiu para a redução do custo de produção com menos uso de insumos alcançando maiores produções (VENCOVSKY; RAMALHO, 2000).

O melhoramento do feijoeiro no Brasil é realizado principalmente por instituições do setor governamental, como: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV) (VIEIRA *et al.*, 2005; RAMALHO; ABREU, 2015). Essas instituições conseguiram contribuir significativamente com o incremento de produtividade do feijão ao longo dos anos, que passou de uma produção de 500 kg ha⁻¹ para 1.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014).

O feijão por ser uma espécie cultivada em vários países do mundo e em diferentes ambientes, leva a apresentar uma variabilidade genética ampla dentro dos seus caracteres morfoagronômicos (TSUTSUMI *et al.*, 2015). Rocha *et al.* (2014) ressaltam que uma ampla variabilidade genética viabiliza a identificação de genótipos superiores que podem gerar progênies com características desejadas. Os autores enfatizam que a grande variabilidade genética dentro desta espécie é de extrema importância para o sucesso dos programas de melhoramento, desde que exploradas adequadamente.

Um dos primeiros passos em um programa de melhoramento é o conhecimento da diversidade genética da cultura por meio do estudo das características morfológicas e agronômicas das plantas (ELIAS *et al.*, 2007). É possível obter esse conhecimento da diversidade genética de diferentes formas, desde algumas técnicas tradicionais, como as análises morfológicas e agronômicas, ou com o uso de metodologias mais específicas que envolvem o uso de análises bioquímicas, citogenéticas e moleculares (SILVA, 2011a). Em programas de melhoramento geralmente são utilizados cruzamentos entre linhagens e cultivares do mesmo grupo, grupos estes constituídos por cultivares que apresentam características morfoagronômicas mais aceitas na região e que se complementam (BURLE *et al.*, 2010).

A identificação da divergência genética para selecionar genótipos superiores pode ser realizada de várias formas, dentre elas destaca-se as técnicas biométricas, podendo ser de

forma quantitativa ou preditiva. Na quantitativa temos como exemplo a análise dialélica, em que se faz necessário realizar o cruzamento entre os genitores e posteriormente a avaliação de todas as combinações híbridas obtidas. No entanto, a necessidade de avaliações dos genitores e de todas as combinações pode tornar-se de difícil execução por ser onerosa (SULZBACHER *et al.*, 2017). Por outro lado, os métodos preditivos dispensam a obtenção prévia das combinações híbridas por considerarem as diferenças agronômicas, morfológicas, fisiológicas ou moleculares exibidas pelos genitores na determinação da divergência genética (CRUZ *et al.*, 2014).

Vários estudos de diversidade genética do feijoeiro têm orientado melhoristas na escolha de genitores que se complementem quanto a alelos favoráveis para várias características (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2008, CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2009, COELHO *et al.*, 2010, CABRAL *et al.*, 2011). A variabilidade detectada pela análise de diversidade genética pode levar a obtenção de ganhos genéticos mais prósperos e levar a redução de cruzamentos desnecessários (ELIAS *et al.*, 2007).

A análise de diversidade genética do feijoeiro pode ser realizada com várias características onde as principais são: número de vagem por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, altura de planta e produtividade de grãos (TAVARES *et al.*, 2018). Vale ressaltar que se observa em vários estudos que a massa de 100 grãos é a característica que mais contribui para a diferenciação genética (COELHO *et al.*, 2007, CABRAL *et al.*, 2011, CORREA; GONÇALVES, 2012). De acordo com Mambrin (2015) o melhoramento de caracteres morfológicos, fenológicos e de produção, como redução da altura de inserção da primeira vagem, redução do ciclo, aumento do número de vagens por plantas e massa de 100 grãos, contribuiriam significativamente para o aumento da produtividade de grãos do feijoeiro. Sendo assim, a seleção de genitores baseada em caracteres morfológicos, fenológicos e de produção pode representar uma boa alternativa no processo de seleção de feijoeiro com superioridade fenotípica.

Considerando o potencial genético do feijoeiro e seu valor social no Brasil, em especial cultivares de grão carioca, ressalta-se que o estudo da variabilidade genética entre diferentes genótipos possibilita explorar o potencial destes visando sua aplicação no melhoramento.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho realizar a caracterização morfoagronômica e analisar a diversidade genética de um conjunto de 23 cultivares e uma linhagem elite de feijoeiro comum grão carioca.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, R. S. R. *et al.* New Proposals to Estimate Unbiased Selection Gain and Coefficient of Variation in Traits Evaluated Using Score Scales. **Crop Science**, v.59, n. 3, p. 937-944, 2019.
- AREVALO, A. C. M. *et al.* Parâmetros genéticos, correlações e componentes principais para caracteres agronômicos em genótipos de feijoeiro comum do grupo carioca. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e3179119831-e3179119831, 2020.
- BARILI, L. D.; VALE, N. M.; MOURA, L. M.; PAULA, R. G.; SILVA, F. F.; CARNEIRO, J. E. S. Genetic progress resulting from forty-three years of breeding of the carioca common bean in Brazil. **Genetic and Molecular Research**, v. 15, n. 3, p. 1-11, 2016b.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A Cultura. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. 1. ed. **Viçosa: Ed. UFV**, 2015. p.9.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A Cultura. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. 1. ed. **Viçosa: Ed. UFV**, 2015. p.41 - 42.
- BURLE, M.L. *et al.* Microsatellite diversity and genetic structure among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Brazil, a secondary center of diversity. **Theoretical and Applied Genetics**. V. 121, n. 5, p. 801-813, 2010.
- CABRAL, P.D.S., SOARES, T.C.B., LIMA, A.B.P., ALVES, D.S., NUNES, J.A. Diversidade genética de acessos de feijão comum por caracteres agronômicos. **Revista Ciência Agronômica**, 42, 898-905. 2011.
- CARGNELUTTI FILHO, A, N.D., JOST, E. Número necessário de experimentos para a análise de agrupamento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, 39,371-378. 2009.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural**,38,2138-2145. 2008.
- CARMO, R. L. *et al.* A half century of a bean breeding program in the South and Alto Paranaíba regions of Minas Gerais. Lavras, **Crop Breeding and Applied Biotechnology** - 20(2): e295420211, 2020.
- COELHO, C. M. M. *et al.* Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, 31,1177-1186. 2010.
- COELHO, C. M. M. *et al.* Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007. CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da colheita brasileira**: março de 2014. Brasília, 2014.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v.9 – Safra 2021/22, n.º.1 – Primeiro levantamento, Brasília, p. 38, outubro 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v.9 – Safra 2021/22, n.º.1 – Primeiro levantamento, Brasília, p. 36, outubro 2021.

CONAB. **A cultura do feijão**. 2018. Disponível em <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/outraspublicacoes/item/download/20853_f0a7557abe8ad36450ed33db2615bca4>. Acesso em 27 de novembro de 2021.

CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 206-212, 2012.

CRUZ, C. D. CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. v. 2, 3ª ed. **Viçosa: Editora UFV**, Universidade Federal de Viçosa. 668p. 2014.

ELIAS, H. T. *et al.* Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 42, n. 10, p. 1443-1449, out. 2007.

FAOSTAT. Crops. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 01 nov. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/30916-em-maio-ibge-preve-safra-de-262-8-milhoes-de-toneladas-para-2021>. Acesso em: 27 de outubro de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Censo agropecuário 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 27 de outubro de 2021.

LIMA, A. R. S. *et al.* Agronomic performance of common bean lines and cultivars in the Cerrado/Pantanal ecotone region. **Research, Society and Development**, 9(7): 1-19, e121973666. 2020.

MAMBRIN, R. B. *et al.* Seleção de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada em caracteres morfológicos, fenológicos e de produção. **Revista de Agricultura**, v.90, n.2, p. 141 - 155. 2015.

NUNES, C. S. *et al.* Métodos de controle e pragas nas lavouras de feijão. **Revista Tecnológica**, v. 6, n. 1, p. 128–146, 2017.

PEREIRA, H. S. *et al.* Genetic diversity among common bean cultivars based on agronomic traits and molecular markers and application to recommendation of parent lines. **Euphytica**, v. 215, n. 2, p. 1-16, 2019.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Obtenção de Cultivares In: CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão do Plantio a Colheita**. Viçosa, Ed. UFV, pp. 96-114. 2015.

RICHETTI, A.; DE MELO, C. L. P. Viabilidade econômica da cultura do feijão-comum, safra da seca 2015, em Mato Grosso do Sul. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

ROCHA, F.; STINGHEN, J. C.; GEMELI, M. S.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Análise dialéctica como ferramenta na seleção de genitores em feijão. **Revista Ciência Agronômica**, 45(1), p.74-81. 2014.

ROCHA, J. R. A. S. C.; NUNES, K. V.; CARNEIRO, A. L. N.; MARÇAL, T. S.; SALVADOR, F. V.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S. Selection of Superior Inbred Progenies toward the Common Bean Ideotype. **Agronomy Journal**, v. 111, p. 1181-1189, 2019.

SILVA, R. N. O. Diversidade genética em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) por marcadores morfoagronômicos e moleculares. **Teresina: UFPI**, 175p., 2011

SULZBACHER, L. J. *et al.* Análise da divergência genética através de caracteres agronômicos em genótipos de feijão comum. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23, 2017.

TAVARES, T. C. O.; SOUSA, S. A.; LOPES, M. B. S.; VELOSO, D. A.; FIDELS, R. R. Divergência genética entre cultivares de feijão comum cultivados no estado do Tocantins. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 3, p.76-82, jul./set. 2018.ISSN 2358-6303.

TERRA, F. S. A. *et al.* Produtividade e qualidade dos grãos de cultivares de feijoeiro cultivado na safra das águas e de inverno. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 118, n. 2, p. 10, 2019.

TORGA, P. P.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, H. S.; FERREIRA, D. F.; LEITE, M. E. Seleção de famílias de feijoeiro baseada na produtividade, no tipo de grãos e informações de QTLs. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 95-100, 2010.

TSUTSUMI, C. Y. *et al.* Melhoramento genético do feijoeiro: avanços, perspectivas e novos estudos, no âmbito nacional. **Nativa**, V. 03, n. 03, p. 217-223, 2015.

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Contribuições do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**. p. 57-89. 2000.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, J.E.S. Melhoramento do Feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. 22. ed. **Viçosa: Ed. UFV**, p. 301-391. 2005.

DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM GRÃO CARIOCA

RESUMO

O feijoeiro comum é um dos alimentos básicos da população brasileira e possui elevada importância nutricional e cultural. O estudo da diversidade genética entre genótipos de feijoeiro é importante para facilitar o processo de conhecimento e direcionamento dos programas de melhoramento da cultura, sobretudo de grão carioca, grupo comercial mais consumido e plantado no país. O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre genótipos de feijoeiro comum grão carioca. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Santa Paula (FESP) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus de Unaí, Minas Gerais. Avaliou-se 23 cultivares e uma linhagem elite de feijoeiro comum, em delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Os caracteres morfoagronômicos avaliados foram: Número de dias para o florescimento, Ciclo, Altura no florescimento, Arquitetura de planta, Massa de 100 grãos, Diâmetro do hipocótilo, Forma da semente, Grau de achatamento da semente, Número de vagens por planta e Produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, seguido do teste de agrupamento de Scott e Knott. Para a análise da divergência genética foi empregada análise multivariada com base na distância generalizada de Mahalanobis, realizando posteriormente o método de otimização Tocher e o método hierárquico UPGMA. Todas as características foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F, indicando variabilidade entre os genótipos para os caracteres avaliados. Pelo emprego do método de otimização de Tocher, foram gerados 15 grupos de diversidade genética evidenciando a diversidade entre os genótipos avaliados. Os genótipos apresentaram divergência quanto às características agrônômicas avaliadas, sendo produtividade de grãos a que mais contribuiu para estimar a diversidade genética. Baseado na complementariedade de alelos favoráveis para todas as características, indica-se o cruzamento entre a linhagem VC 17 e a cultivar IAC Formoso para geração de população segregante a fim de iniciar um programa de melhoramento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Variabilidade Genética. Melhoramento Genético. Genótipo.

GENETIC DIVERSITY AMONG COMMON BEAN GENOTYPES OF COMMON BEAN CARIOCA GRAIN TYPE

ABSTRACT

The common bean is one of the staple foods of the Brazilian population and has high nutritional and cultural importance. The study of genetic diversity among bean genotypes is important to facilitate the process of knowledge and direction of improvement programs for the crop, especially for the carioca grain, the commercial group most consumed and planted in the country. The objective of this work was to evaluate the genetic divergence among genotypes of common carioca bean. The experiment was carried out at Fazenda Experimental Santa Paula (FESP) of the Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus de Unaí, Minas Gerais. We evaluated 23 cultivars and an elite line of common bean, in a randomized block design with three repetitions. The morpho-agronomic characters evaluated were number of days to flowering, cycle, height at flowering, plant architecture, mass of 100 grains, diameter of the hypocotyl, seed shape, seed flattening degree, number of pods per plant and productivity. The data obtained were submitted to analysis of variance, followed by Scott and Knott's grouping test. For the analysis of genetic divergence, multivariate analysis was employed based on the generalized Mahalanobis distance, subsequently performing the Tocher optimization method and the UPGMA hierarchical method. All characteristics were significant at 1% probability by the F test, indicating variability among genotypes for the evaluated characters. By using the Tocher optimization method, 15 genetic diversity groups were generated, showing the diversity among the genotypes evaluated. The genotypes showed divergence regarding the agronomic characteristics evaluated, being grain yield the one that most contributed to estimate the genetic diversity. Based on the complementarity of favorable alleles for all characteristics, we indicate the crossing between the VC 17 strain and the cultivar IAC Formoso to generate a segregating population to initiate a breeding program.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Genetic variability. Breeding. Genotypes.

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) se destaca como um dos principais legumes de consumo humano com expressiva importância econômica e social em todo o mundo (FAO, 2021). No Brasil, o feijão faz parte da dieta básica de grande parte da população, sobretudo os de baixa renda. Além da relevância na alimentação humana, o país se destaca como terceiro produtor mundial do grão com produção anual em torno de 2,7 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2021). Diante do fato da cultura apresentar potencial genético para produtividade média de 5.000 kg ha⁻¹, e alguns agricultores conseguirem 3.000 kg ha⁻¹ (BORÉM e CARNEIRO, 2015), a produtividade média do no país ainda é considerada baixa (977 kg ha⁻¹) (CONAB, 2021).

Entre os diversos fatores que acarretam a baixa produtividade de grãos no feijoeiro podemos citar escassez e má distribuição das chuvas, dificuldades na colheita mecanizada, suscetibilidade das cultivares adotadas a pragas e doenças e ausência de controle fitossanitário (NUNES *et al.*, 2017; LIMA, *et al.*, 2020). A predominância de pequenos e médios produtores que utilizam baixo nível tecnológico ao longo do ciclo da cultura também limita a produtividade de grãos. Por outro lado, grandes produtores que optam por produzir feijão tem escolhido pelo cultivo na safra de inverno (BORÉM; CARNEIRO, 2015). Durante essa safra é empregado alto nível tecnológico como uso de irrigação por pivô central o que torna as lavouras menos vulneráveis aos fatores climáticos resultando em maior estabilidade da produção (TERRA *et al.*, 2019). Apesar de gerar maior custo de produção a lucratividade dos produtores na safra de inverno é maior (RICHETTI; MELO, 2014).

A produtividade de grãos do feijoeiro é uma das características de maior importância nos programas de melhoramento, principalmente tratando-se do grupo comercial carioca que corresponde a 70% do consumo nacional do grão (PEREIRA *et al.*, 2019). Entretanto, poucas cultivares comerciais deste grupo apresentam resistência a doenças, arquitetura ereta e alto potencial produtivo quando considerados simultaneamente. Assim, os programas de melhoramento genético desta cultura trabalham no desenvolvimento de cultivares que atendam não só as necessidades do consumidor, mas também do produtor.

Um dos primeiros passos em um programa de melhoramento é a escolha de genitores. Essa seleção se baseia em estudos de diversidade genética que indiquem genitores que gerem progênies com elevado potencial para a extração de linhagens superiores e economize cruzamentos não contrastantes (LOARCE *et al.*, 1996). Na cultura do feijoeiro estes

estudos têm orientado os melhoristas na indicação de cruzamento em que os genitores se complementem quanto a alelos favoráveis para várias características agronômicas (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2008, CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2009, COELHO *et al.*, 2010, CABRAL *et al.*, 2011).

Cultivado em diversos países do mundo e em diferentes ambientes de produção, o feijão apresenta extensa variabilidade genética em suas características (TSUTSUMI *et al.*, 2015). O fato de aproximadamente 85% dos produtores de feijão utilizarem sementes salvas para plantio, colabora na preservação e manutenção da diversidade genética da cultura, entretanto dificulta o ganho em sanidade e produtividade da lavoura (SANTOS; SILVEIRA; JAMHOUR, 2019). Essas cultivares tradicionais de feijão, apresentam variadas características que podem incrementar ganhos genéticos em novas cultivares, contribuindo para a obtenção de cultivares mais produtivas, resistentes ou tolerantes pela adaptação local que esses acessos possuem (DIDONET, 2013). Observando a ampla variação de características do feijão, é de extrema importância estudos sobre diversidade genética da cultura baseados em características agronômicas de cultivares comerciais e linhagens elites, em condições representativas de cultivo da safra de inverno.

Considerando o potencial genético do feijoeiro e seu valor social no Brasil, em especial cultivares de grão carioca, ressalta-se que o estudo da variabilidade genética entre diferentes genótipos possibilita explorar o potencial destes visando sua aplicação no melhoramento. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho realizar a caracterização morfoagronômica e analisar a diversidade genética de um conjunto de 23 cultivares e uma linhagem elite de feijoeiro comum grão carioca.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Material genético

Vinte e três cultivares e uma linhagem elite de feijoeiro comum grão carioca foram selecionadas para compor o experimento na safra de inverno 2021 (tabela 1).

Tabela 1. Genótipos de feijoeiro comum grão carioca com seus respectivos detentores, hábito de crescimento, tipo de crescimento e porte. Unai, MG inverno 2021

Genótipo	Detentor	Hábito de crescimento	Tipo de crescimento	Porte
VC 17	Epamig	-*	-*	-*
BRS AMETISTA	Embrapa	Indeterminado	Tipo III	Semi-ereta
BRS ESTILO	Embrapa	Indeterminado	Tipo II	Ereto
BRS NOTAVEL	Embrapa	Indeterminado	Tipo II	Arbustivo
BRS PONTAL	Embrapa	Indeterminado	Tipo III	Semi-Prostado
BRSMG UAI	Embrapa	Indeterminado	Tipo II	Ereto
BRSMG TALISMÃ	Embrapa	Indeterminado	Tipo III	Prostada
BRS PÉROLA	Embrapa	Indeterminado	Tipo II/III	Semi-Prostado
IPR ANDORINHA	IAPAR	Determinado	Tipo I	Semi ereto
IPR CAMPOS GERAIS	IAPAR	Indeterminado	Tipo II	Ereto
IPR COLIBRI	IAPAR	Determinado	Tipo I	Ereto
IPR ELDORADO	IAPAR	Indeterminado	Tipo II	Semi - Ereto
IPR QUERO QUERO	IAPAR	Indeterminado	Tipo III	Semi - Ereto
IPR SARACURA	IAPAR	Indeterminado	Tipo II	Semi- Ereto
IPR SIRIRI	IAPAR	Indeterminado	Tipo II	Semi- Ereto
IAC ALVORADA	IAC	Indeterminado	Tipo III	Semi- Ereto
IAC APUÃ	IAC	Indeterminado	Tipo II	Semiereto
IAC FORMOSO	IAC	Indeterminado	Tipo II	Semiereto
IAC IMPERADOR	IAC	Determinado	Tipo II	Semi - Ereto
IAC YBATÉ	IAC	Indeterminado	Tipo II	Semi- Ereto/Ereto
DAMA	TAA	Indeterminado	Tipo III	Prostado
TAA MARHE	TAA	Determinado	Tipo I	Semiereto
IAC POLACO	IAC	Determinado	Tipo I	Semi- ereto
BRS FC 401 RMD	Embrapa	Indeterminado	Tipo III	Prostada

* Linhagem não inscrita no Registro Nacional de Cultivares (RNC) e sem descritores morfológicos registrados.

Caracterização da área

O ensaio de campo foi conduzido na Fazenda Experimental Santa Paula (FESP), localizada no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus Unai, MG, a qual possui uma área total de 150 hectares e coordenadas geográficas latitude 16°26'09.8" Sul e longitude 46°54'02.3" Oeste. A região apresenta um clima do tipo tropical, com estações chuvosas no verão e seca no inverno (classificação de Köppen Aw) e temperatura média anual de 27°C (NAIEM *et al.*, 2014). O regime de precipitação média anual varia entre 1.200 e 1.500 mm, dividindo-se em um período chuvoso de outubro a março (de 770 a 810 mm) e outro período seco de maio a setembro (de 5

a 49 mm). O relevo da FESP caracteriza-se como plano e suave ondulado, com altitude média de 621 metros e declividades variantes entre 0,08 e 16% (EMBRAPA, 2018).

O experimento foi alocado no setor de Grandes Culturas, na área destinada ao feijoeiro comum. O solo do local é caracterizado com Latossolo Vermelho e apresenta a seguinte caracterização química com base em análise de solo (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultados da análise química de solo

pH (H ₂ O)	P me ^h -1	P rem.	P resina		Na ⁺	K ⁺	S-SO ⁴	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
	mg dm ⁻³							Cmol _c dm ⁻³				
5,2	4,7	ns	ns	ns	ns	386	9	0,99	2,1	1,3	0,2	2,20
M.O	C.O.	SB	t	T	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
dag kg ⁻¹					%	mg dm ⁻³						
2,2	1,3	4,40	4,60	6,60	67	4	0,15	7,1	193	22,9	7,90	

ns: não significativo; H: hidrogênio; SB: soma das bases trocáveis; t: capacidade de troca catiônica; T: capacidade de troca catiônica em pH = 7; m: alumínio permutável; V: saturação por bases; MO: matéria orgânica.

Implantação do experimento e delineamento experimental

O solo da área foi preparado para plantio convencional com uma gradagem feita com grade intermediária e três gradagens com grade niveladora. A adubação de plantio foi feita com base na análise de solo e recomendação para a cultura do feijoeiro com nível tecnológico 4, conforme Ribeiro *et al.* (1999). A quantidade aplicada consistiu em uma mistura de 90 kg ha⁻¹ de Uréia, 555,55 kg ha⁻¹ de Super Simples e 34,48 kg ha⁻¹ de KCl. O plantio foi realizado na safra de inverno de 2021.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo a parcela constituída de 2 fileiras de 2 metros espaçadas em 0,5 m. A semeadura manual que ocorreu dia 11/05/2021 respeitou a densidade de 15 plantas por metro.

Dez dias após a emergência (DAE) realizou-se a primeira aplicação de inseticida de contato e ingestão para controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*) com o produto comercial Decis 25 EC (Deltametrina) obedecendo a dose de 0,12 L ha⁻¹, com aplicação feita por bomba costal. Aos 17 DAE foi realizada uma capina manual para controle das plantas infestantes. Nos estádios V3 a V4 (19 DAE) foi feita a adubação de cobertura com 136,36 kg ha⁻¹ de Uréia. Após 15 dias da primeira aplicação de inseticida foi feita a segunda aplicação para o controle da mesma praga com a mesma dose e produto. Aos 15 dias após a segunda aplicação de Decis foi necessária a aplicação do inseticida Engeo Pleno, inseticida sistêmico de contato e ingestão ainda para o controle da vaquinha na dose na dose 0,1 L ha⁻¹ cada.

A irrigação foi realizada pelo método de aspersão convencional, sempre que necessário, com o objetivo de manter as condições de umidade ideais para o desenvolvimento da cultura.

Características avaliados

Dez características morfoagronômicas contidos nos “Descritores Mínimos de Feijão” sugerido pelo Serviço Nacional de Proteção a Cultivares (SNPC) (MAPA, 2015) foram avaliados conforme descrição abaixo:

- **Dias até o florescimento (DF):** número de dias da emergência até uma flor completamente aberta em pelo menos 50% das plantas da parcela.
- **Altura no florescimento (AF):** altura da planta, em centímetros, no estágio fenológico R6, mensurada do nível do solo até o ápice da haste principal (sem esticar), considerando um ponto homogêneo e representativo da parcela.
- **Ciclo (CIC):** número de dias da emergência de pelo menos 50% das plantas da parcela até que pelo menos 90% das vagens estivessem secas no ponto de colheita.
- **Arquitetura de planta (ARQ):** arquitetura da planta avaliada no florescimento considerando a porção central da parcela conforme escala de notas de Ramalho *et al.* (1998) em que:
 - 1- Planta ereta com uma haste, poucas ramificações;
 - 2- Planta ereta com algumas ramificações, guia curta;
 - 3- Planta semiprostrada com ramificações, guia mediana;
 - 4- Planta prostrada com ramificações, guia longa; e
 - 5- Planta completamente prostrada com muitas ramificações, guias muito longas.
- **Massa de 100 grãos (M100):** massa de 100 grãos, em gramas, amostradas aleatoriamente em cada parcela e aferida em balança de precisão.
- **Diâmetro do hipocótilo (DH):** avaliação do diâmetro do hipocótilo, em milímetro, de cinco plantas aleatórias com paquímetro digital na ocasião da maturação fisiológica, 1 cm abaixo do nó cotiledonar.
- **Forma da semente – Índice J (IJ):** aferida em cinco sementes amostradas aleatoriamente em cada parcela de acordo com Puerta Romero (1961), citado no MAPA (2015) e classificadas em:
 - Esférica (1,16 a 1,42);
 - Elíptica (1,43 a 1,65);

- Oblonga/reniforme curta (1,66 a 1,85);
- Oblonga/reniforme média (1,86 a 2,0) e
- Oblonga/reniforme longa (>2,0).

$$\text{Sendo } J = \frac{\text{Comprimento}}{\text{Largura}}$$

- **Grau de achatamento da semente – Índice H (IH):** aferido em cinco sementes amostradas aleatoriamente em cada parcela, de acordo com Puerta Romero (1961) citado no MAPA (2015), sendo classificada em:

- Achatada ($\leq 0,69$ – nota 1);
- Semi-cheia (0,70 a 0,79 – nota 2) e
- Cheia ($\geq 0,80$ – nota 3)

$$\text{Sendo } H = \frac{\text{Espessura}}{\text{Largura}}$$

- **Número de vagens por planta (NVP):** número de vagens de cinco plantas tomadas aleatoriamente na parcela na ocasião da colheita.
- **Produtividade de grãos (PROD):** massa de grãos colhidos em cada parcela e convertida em kg ha^{-1} na umidade de 13%.

Análise genético-estatística

Os dados de todos foram submetidos à análise de pressuposições (homogeneidade e normalidade dos resíduos) pelos testes Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade. Em seguida realizou-se a análise de variância pelo teste F e, posteriormente, as médias foram agrupadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Modelo estatístico $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$, em que:

Y_{ij} : é a informação da parcela do genótipo i no bloco j ; m : é a média geral do experimento; t_i : efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3 \dots 24$; b_j : efeito do bloco j , sendo $j = 1, 2, 3$; e_{ij} : erro experimental ao nível de parcela (atribuído ao tratamento i e ao bloco j).

A diversidade genética entre os genótipos foi estimada por meio da distância Euclidiana Média usando matriz de dissimilaridade e pela análise multivariada com base na distância generalizada de Mahalanobis, realizando posteriormente os métodos aglomerativos

de otimização de Tocher e método hierárquico “UPGMA”. Todas as análises foram realizadas por meio do programa Genes (CRUZ, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de todas as características atenderam às pressuposições da ANOVA, que são a homogeneidade e normalidade dos resíduos. Pela análise de variância foi possível observar que todas as características foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F, evidenciando variabilidade genética entre os genótipos de feijoeiro para as mesmas (Tabela 3). Os coeficientes de variação (CV%) foram baixos (menores que 17%), indicando alta precisão experimental e adequado controle ambiental, exceto para NVP e PROD que foi de 27,89% e 23,35% respectivamente. De acordo com Krause *et al.* (2012) resultados de CV mais elevados são esperados para caracteres ligados à produção, como é o caso de M100 grãos NVP, características controladas por vários genes e, por isso, mais influenciadas pelo ambiente. Rezende e Duarte (2007) ressaltam valores máximo de CV para feijão em 20%, o que corrobora com os resultados encontrados em nosso trabalho. Krause *et al.* (2012) também relatam que valores abaixo de 20% se encontram adequado para a cultura, e que quanto menor o valor de CV, mais precisos são os parâmetros e mais precisa poderá ser a seleção de acessos com base nesses dados.

O agrupamento das médias dos genótipos pelo teste Scott-Knott está apresentado na tabela 4. Para a característica DF os genótipos foram divididos em três grupos que variaram de 31 a 46 dias e apresentaram média de 39,18 dias. Em relação a AF, os genótipos foram divididos em dois grupos que variaram de 43,67 a 59,33 cm, com média de 50,4 cm de altura na ocasião do florescimento. O teste separou em dois grupos para a característica CIC, que variou de 81 a 97,33 dias, com média de 87,55 dias. Nenhuma cultivar apresentou ciclo inferior a 75 dias, o que a classificaria como precoce. Os genótipos em geral foram classificados em ciclo semiprecoce e os que apresentaram CIC de 75 a 85 dias, em ciclo normal de 85 a 95 dias e somente a FC 401 RMD foi classificada em tardia com ciclo acima de 95 dias.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2018), menores médias para as características dias até o florescimento, altura no florescimento e ciclo indicam melhor performance desta cultivar no quesito precocidade, florescendo mais rápido e levando à colheita mais cedo, otimizando tempo, entretanto nenhum genótipo alcançou tal performance. Rodrigues *et al.* (2021) avaliaram 58 genótipos de feijoeiro comum e obtiveram valores de CV de 2,07 e 3,99% para as características dias para o florescimento e ciclo da cultura, respectivamente, e médias de 37,29 e 84,98, respectivamente, valores próximos dos resultados obtidos no presente trabalho.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para dias até o florescimento (DF), altura no florescimento (AF), ciclo (CIC), arquitetura de planta (ARQ), massa de 100 grãos(M100), diâmetro do hipocótilo (DH), índice J (IJ), índice H (IH), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de 24 genótipos de feijoeiro comum grão carioca na safra de inverno de 2021. Unai-MG, 2021

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		DF	AF	CIC	ARQ	M100	DH	IJ	IH	NVP	PROD
Blocos	2	0,1805	19,7639	171,9305	0,2917	2,8085	3,3048	0,0051	0,0981	555,2517	665.402,0346
Genótipos	23	47,3907**	51,6225**	46,0483**	2,2319**	5,5716**	2,3024**	0,0160**	0,4016**	170,2180**	4.310.722,6084**
Resíduo	46	6,4849	17,6190	14,9305	0,2627	1,7017	0,6688	0,0023	0,0642	72,6679	1.107.878,4327
Média		39,18	50,40	87,5556	3,1667	22,3486	6,7342	1,457896	4,693911	30,5667	4.507,59
CV (%)		6,50	8,33	4,41	16,18	5,84	12,14	3,33	5,40	27,89	23,35

** Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4 - Médias dos caracteres dias para o florescimento (DF), altura no florescimento (AF), ciclo (CIC), arquitetura (ARQ), massa de 100 grãos (M100), diâmetro do hipocótilo (DH), índice J (IJ), índice H (IH), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de 24 genótipos de feijoeiro comum grão carioca. Unai-MG, inverno de 2021

GENÓTIPOS	DF (dias)	AF (cm)	CIC (dias)	ARQ (nota)	M100 (g)	DH (mm)	IJ (mm)	IH (mm)	NVP (nº)	PROD (kg,ha ⁻¹)
VC 17	46 a	52,33 a	94,67 a	3,33 d	23,97 a	6,13 b	1,48 b	4,64 b	25,27 b	5879.72 a
BRS AMETISTA	38 b	50,67 a	88,67 a	3,33 d	23,77 a	7,51 a	1,54 a	4,51 c	29,27 b	4502.40 a
BRS ESTILO	39,67 b	59,33 a	89,33 a	2 b	22,4 a	7,23 a	1,45 b	4,72 b	28,67 b	5920.28 a
BRS NOTAVEL	35,67 b	52 a	85,67 b	3 c	23,07 a	6,21 b	1,38 b	5,13 a	25,07 b	4946.83 a
BRS PONTAL	40,67 a	48 b	91,33 a	4 e	22,63 a	6,31 b	1,44 b	4,80 b	32,87 b	5280.55 a
BRSMG UAI	38 b	50,67 a	85,33 b	1 a	20,53 b	7,69 a	1,52 a	4,27 c	25,67 b	3665.50 b
BRSMG TALISMÃ	31 c	46,33 b	86 b	3,33 d	22,27 a	6,52 b	1,41 b	4,97 a	28,93 b	4780.23 a
PÉROLA	43,33 a	52,67 a	92,33 a	2,67 c	23,33 a	6,012 b	1,43 b	5,06 a	24,07 b	4880.89 a
IPR ANDORINHA	37 b	43,67 b	82,67 b	2,67 c	24,43 a	6,03 b	1,51 a	4,52 c	30,67 b	2901.12 b
IPR CAMPOS GERAIS	43 a	46 b	90 a	2,67 c	19,8 b	8,49 a	1,39 b	4,73 b	47,60 a	1537.68 b
IPR COLIBRI	31 c	46,33 b	83 b	3,67 d	21,67 b	6,11 b	1,56 a	4,02 c	27,53 b	3261.77 b
IPR ELDORADO	39,67 b	47,67 b	84,67 b	3,33 d	21 b	6,99 a	1,53 a	4,33 c	43,73 a	4185.77 b
IPR QUERO-QUERO	35,67 b	53,67 a	86 b	2,67 c	21,93 a	6,48 b	1,39 b	4,91 b	28,40 b	5599.73 a
IPR SARACURA	43,67 a	44,33 b	90 a	4 e	22,33 a	8,24 a	1,52 a	4,44 c	50,80 a	4638.76 a
IPR SIRIRI	39,33 b	50 a	82 b	2,33 c	19,5 b	7,06 a	1,57 a	4,08 c	26,67 b	3229.01 b
IAC ALVORADA	38 b	52 a	85,67 b	3,33 d	23,93 a	7,39 a	1,44 b	4,81 b	27,13 b	3539.74 b
IAC APUÃ	40,67 a	55,33 a	86,33 b	3,33 d	22,27 a	7,38 a	1,57 a	4,24 c	35,60 b	4687.17 a
IAC FORMOSO	39,67 b	45,33 b	87,67 b	3 c	22,43 a	8,07 a	1,45 b	4,87 b	39,80 a	5001.20 a
IAC IMPERADOR	35,67 b	47,67 b	81 b	3 c	22,4 a	6,36 b	1,52 a	4,44 c	28,67 b	2929.42 b
IAC YBATÉ	38 b	57 a	85,67 b	2 b	20,4 b	6,84 a	1,32 b	5,54 a	23,13 b	3606.87 b
DAMA	45,33 a	53 a	88 a	4,33 e	21,53 b	5,50 b	1,33 b	5,12 a	26,73 b	6081.57 a
TAA MARHE	38 b	53 a	89,33 a	4 e	23,83 a	5,52 b	1,41 b	4,78 b	25,27 b	6104.69 a
IAC POLACO	38 b	55 a	88,67 a	4 e	23,7 a	6,19 b	1,40 b	4,67 b	25,93 b	5531.59 a
FC 401 RMD	45,33 a	47,67 b	97,33 a	5 e	23,23 a	5,33 b	1,39 b	5,04 a	26,13 b	5489.63 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Scott e Knott ($p < 0,05$)

Quanto a característica ARQ, os genótipos apresentaram notas de 1 a 5 (Tabela 4), com média de 3,17 e CV de 16,18% (tabela 3). O ideótipo para essa característica são plantas com arquitetura ereta por facilitarem os tratos culturais, permitirem a colheita mecanizada e diminuïrem o microclima favorável à incidência de doenças, permitindo assim a melhor qualidade dos grãos (OLIVEIRA *et al.*, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2018; LEMOS *et al.*, 2020).

Moura *et al.* (2013) conduziram experimentos em duas safras para avaliação da arquitetura de plantas no feijoeiro, utilizaram 36 linhagens, e obtiveram CV de 15,50% e média de 4,75 de nota de arquitetura. No presente trabalho o CV foi maior (16,18%) e a média da nota menor (3,17), apresentando cultivares com menos tendência ao acamamento e arquitetura mais ereta. A cultivar BRSMG Uai foi o único genótipo que apresentou excelente arquitetura de planta com nota 1. Vários trabalhos ressaltam esta cultivar por sua arquitetura ereta (RAMALHO *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2022; SILVA, 2018; CARNEIRO, 2021).

Para a característica M100 observou-se variação de 19,5 a 24,43 gramas, média de 22,35 g e CV de 5,84%, sendo que todos os genótipos foram divididos em dois grupos (tabela 4). Chiorato (2004) citou a baixa M100 do feijoeiro (de 20 a 30 g), evidenciando a importância de melhorar tal característica. No entanto, Leite *et al.* (2019) trabalhando com a diversidade genética de 25 genótipos de feijoeiro comum, obtiveram massa média de 100 grãos de 24,46 g, valor aproximado da média do nosso trabalho (22,35 g). Sulzbacher *et al.* (2017) relataram, em estudo de divergência genética entre 21 genótipos de feijoeiro comum, média de 21,79 g. Vale ressaltar que a cultivar IPR Andorinha apresentou maior massa de 100 grãos com média de 24,43 g.

Analisando os dados do DH, foram formados dois grupos com médias variando de 5,33 a 8,49 mm (Tabela 4) e média geral de 6,73 mm e CV de 12,14% (Tabela 3). Vários autores relatam que a arquitetura de planta é complexa e dependente de outras características como hábito de crescimento, comprimento de entrenós e altura da planta, entretanto o diâmetro do hipocótilo se destaca pela elevada associação de causa e efeito na arquitetura (SANTOS; VENCOVSKY 1986; TEIXEIRA *et al.*, 1999; MOURA *et al.*, 2013).

Moura *et al.* (2013) relataram que plantas com maiores valores de DH apresentam arquitetura mais ereta, possibilitando maior sustentação da planta e evidenciando a correlação direta e positiva entre estes caracteres. Silveira *et al.* (2018) relataram ter encontrado variações entre 3,38 mm e 8,50 mm para DH trabalhando com a cultivar BRSMG Realce, intervalo

semelhante ao observado em nosso trabalho. Anjos *et al.* (2018), trabalhando em um programa de seleção recorrente para DH visando ganho genético na arquitetura de plantas de feijoeiro, observaram médias de 4,76 mm, valor inferior ao observado neste trabalho (6,73 mm). O trabalho de Moura e colaboradores indicou que DH tem causa e efeito no DH e que classificação de arquitetura com base em nota é subjetiva e muito influenciável, corroborando com o trabalho de Anjos *et al.* (2018). Vale ressaltar que o DH sofre influência da população de plantas final da parcela, o que pode ser observado pois, apesar da cultivar IPR Campos Gerais ter apresentado a maior média de DH (8,49 mm), sua arquitetura não foi ereta.

Para a característica forma da semente ou índice IJ a média foi de 1,46 mm, variando de 1,32 a 1,57 mm com CV de 3,33% (Tabela 4). As médias dos genótipos foram divididas em dois grupos com sementes classificadas em esféricas (1,16 a 1,42) e elípticas (1,43 a 1,65). A avaliação da semente quanto a forma e as características comerciais são aspectos importante para seleção e recomendação de cultivares, com a finalidade de potencializar a aceitação do consumidor (SILVA *et al.*, 2016). Esses autores observaram médias de IJ de 1,36 a 1,73 mm, apresentando uma abrangência maior que o presente trabalho. A linhagem VC 17 que apresentou IJ de 1,49 mm nesse experimento, em nosso trabalho apresentou 1,48 mm; resultados semelhantes que a classificam como elíptica em ambos os estudos. Carbonell *et al.* (2010) destacam que a preferência comercial dos brasileiros é por grãos elípticos aos esféricos e reniformes, sendo os grãos da linhagem VC 17 dentro da preferência dos consumidores.

O índice IH (razão entre a espessura e a largura) compreendeu valores entre 4,02 mm e 5,54 mm, dividindo os genótipos em três grupos, com média de 4,69 mm e CV de 5,40% (tabela 4). Todos os genótipos foram classificados como cheios e grandes, sendo esses padrões valorizados pelos consumidores brasileiros (CARBONELL *et al.*, 2010). Esses autores descreveram em experimento com 19 genótipos de feijoeiro comum, descrevem a cultivar IPR Siriri como semi-achatada. Por outro lado, no presente estudo, esta mesma cultivar foi classificada como cheia. Assim como outros caracteres, o IH sofre influência do meio e tende a modificar a espessura e largura de acordo com o crescimento do grão.

O NVP oscilou de 23,13 a 50,80 estabelecendo dois grupos com média geral de 30,57 (Tabela 4). Esta é um dos principais componentes na determinação da produtividade de grãos do feijoeiro, sendo de extrema importância para a cultivar alcançar seu potencial produtivo (FAGERIA *et al.*, 2008). Observa-se que plantas mais desenvolvidas produzem maior número de estruturas reprodutivas propiciando maiores produtividades como também ressaltado por Soratto *et al.* (2006). Arevalo *et al.* (2021) em estudo com 10 genótipos de feijão

roxo, relatam média de 20,52 vagens por planta. A cultivar IPR Saracura foi a que apresentou maior número de vagens por planta, todavia não ficou entre as mais produtivas, provavelmente por apresentar poucos grãos por vagens.

A produtividade de grãos variou de 1.537,68 kg ha⁻¹ a 6.104,69 kg ha⁻¹, apresentando média geral da característica de 4.507,58 kg ha⁻¹ com todos os genótipos divididos em dois grupos (Tabela 4). A produtividade é a característica que expressa o potencial genético da cultivar que faz com que esta seja mais procurada pelos agricultores (BORÉM; CARNEIRO, 2015). Terra *et al.* (2019) avaliando dez cultivares em duas safras relatou produtividade de grãos variando de 1.784,00 kg ha⁻¹ a 3.608,00 kg ha⁻¹. Esses autores observaram produção de 3.452,00 kg ha⁻¹ da cultivar BRSMG Talismã, enquanto em nosso trabalho alcançamos média de 4780,23 kg ha⁻¹. O incremento significativo em produtividade para esta cultivar pode estar relacionado aos tratos culturais, manejo fitossanitário ou adaptabilidade da cultivar com o ambiente de produção.

Tavares *et al.* (2018) estudando a diversidade genética de 19 cultivares de feijoeiro relataram média de 1.388,24 kg ha⁻¹ com produtividade oscilando de 907,00 kg ha⁻¹ a 1.861,00 kg ha⁻¹. A nível de recomendação para a região, as cultivares TAA Marhe, Dama, BRS Estilo e VC 17 foram as mais produtivas apesar de não diferirem das demais cultivares do primeiro grupo representado pela letra a. Considerando outras características relevantes, destacamos a linhagem VC 17 cuja produtividade de grãos foi 5.879,72 kg ha⁻¹, apresentando também alto número de vagens e massa de 100 grãos, importantes componentes da produtividade. Vale ressaltar que as cultivares Pérola e Dama, as mais cultivadas na região por serem mais produtivas, apresentaram menor produtividade de grãos em relação a VC 17, porém dentro do padrão da região para as cultivares.

O emprego do método de otimização de Tocher fundamentado na distância generalizada de Mahalanobis permitiu a formação de quinze grupos distintos de forma a alocar os genótipos mais divergentes em grupos diferentes (Tabela 5). O grupo 1 foi composto pelo maior número de genótipos, sete no total. Os grupos 2, 3 e 4 foram compostos por dois genótipos e os demais grupos compostos apenas por um genótipo. Nenhuma tendência de agrupamento foi observada entre os genótipos, do mesmo modo que Cabral *et al.* (2018) relatam em estudo com 57 genótipos de feijoeiro de forma que o grupo 1 é mais contrastante com o grupo 15. A análise de agrupamento tem como finalidade agrupar por critério de classificação genótipos em vários grupos, de forma que haja homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (ALBALLAT; AL-ARABY, 2019).

Rodrigues *et al.* (2021) descrevem a formação de seis grupos trabalhando com 58 genótipos, com a maioria dos genótipos alocados nos três primeiros grupos. Em comparação com o presente trabalho é possível observar que, mesmo trabalhando com menos genótipos, estes apresentaram alta variabilidade genética para as 10 características avaliadas comprovada pela quantidade de grupos formados. Alballat e Al-Araby (2019) em estudo de diversidade genética de feijoeiro obtiveram divisão de 27 genótipos em cinco grupos, onde a maior parte deles ficaram no primeiro grupo, resultado semelhante ao obtido em nosso trabalho. Enfatiza-se que, comparando o nosso trabalho com o citado anteriormente, apesar de apresentar menos genótipos, podemos sugerir maior variabilidade genética e maior chance de escolha de genitores que gerem progênes superiores em gerações segregantes entre os genótipos deste trabalho.

Tabela 5 - Grupos de genótipos com padrões similares, gerado pelo método de otimização de Tocher, utilizando a distância Mahalanobis como medida de dissimilaridade entre genótipos de *Phaseolus vulgaris* L. no município de Unaí-MG

GRUPOS	GENÓTIPOS
1	IPR SIRIRI; FC 401 RMD; IPR CAMPOS GERAIS; IAC YBATÉ; VC 17; IPR COLIBRI; IPR SARACURA
2	IPR ANDORINHA; DAMA
3	BRSMG UAI; TAA MARHE
4	PÉROLA; IPR ELDORADO
5	IPR QUERO-QUERO
6	BRSMG TALISMÃ
7	IAC POLACO
8	IAC IMPERADOR
9	BRS ESTILO
10	IAC FORMOSO
11	IAC APUÃ
12	BRS NOTÁVEL
13	IAC ALVORADA
14	BRS AMETISTA
15	BRS PONTAL

A contribuição relativa das características para dissimilaridade genética entre os genótipos de feijoeiro enfatizou 99,99% de contribuição da produtividade de grãos, o que mostra que a importância dessa característica dentro de todas as avaliadas (Tabela 6). Segundo Corrêa e Gonçalves (2012), saber a contribuição relativa das características para a dissimilaridade genética direciona o descarte daquelas que cooperem pouco para a discriminação dos genótipos, diminuindo o número de caracteres avaliados e consequentemente mão de obra em experimentação. Entretanto vale ressaltar que apesar das características NVP e M100 não terem apresentado contribuição relativa expressiva para a diversidade genética

entre os genótipos, não deve ser descartada, por serem os componentes primários da produção (FERRÃO *et al.*, 2002).

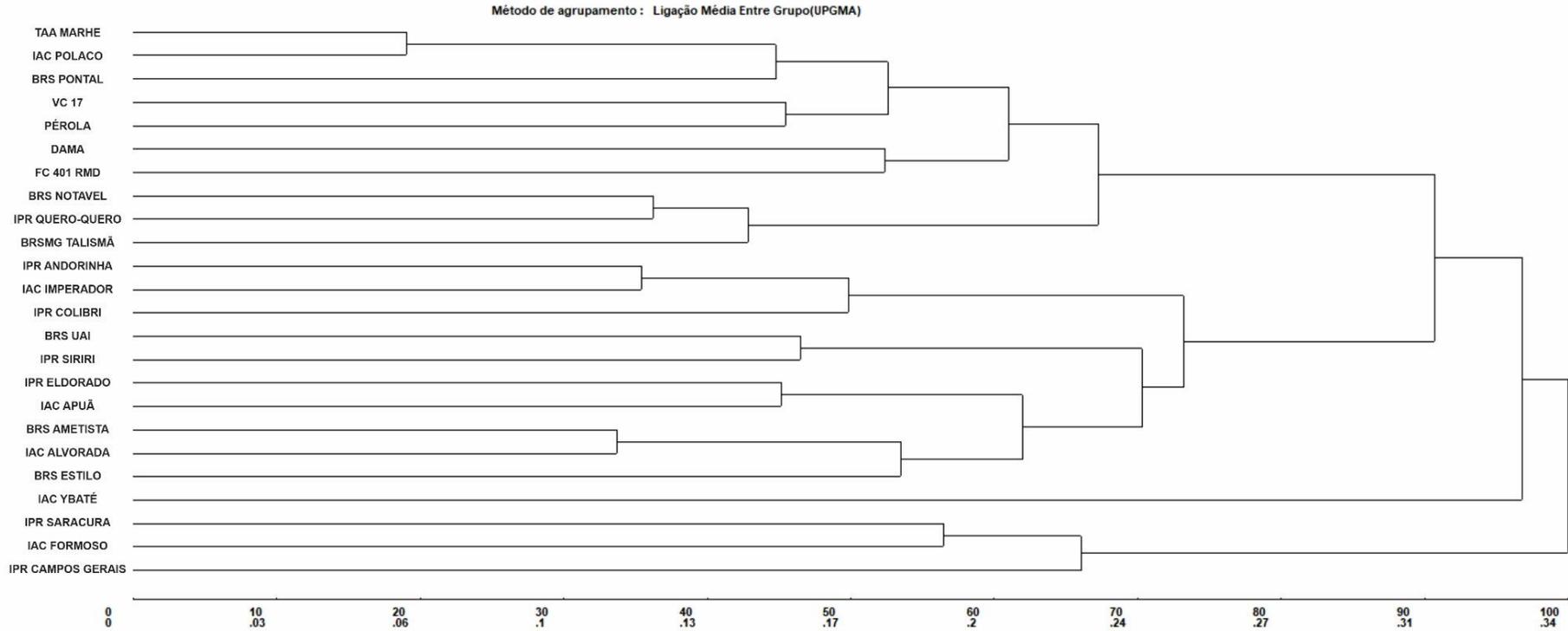
Estes caracteres são relevantes em programas de melhoramento visando a seleção de genótipos superiores e corroboram com os resultados obtidos por outros pesquisadores já citados. Alballat e Al-Araby (2019) observaram contribuição relativa de 76,06% para altura de planta, 5,71% para número de vagem por planta e apenas 4,23% para produtividade de grãos, resultados divergentes dos apresentados neste trabalho. Essas variações na importância de caracteres para a divergência entre genótipos podem ser explicadas pelo fato desses caracteres serem determinados por muitos genes, sofrerem grande influência do meio e variando muito nos trabalhos realizados sobretudo em ambientes diferentes.

Tabela 6 - Contribuição relativa dos caracteres dias para o florescimento (DF), altura no florescimento (AF), ciclo (CIC), arquitetura (ARQ), peso de 100 grãos (P100), diâmetro do hipocótilo (DH), índice J (IJ), índice H (IH), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) para a divergência entre 24 genótipos de feijoeiro comum grão carioca Unai-MG, 2021

CARACTERÍSTICAS	IMPORTÂNCIA RELATIVA (%)
DF	.001
AF	.001
CIC	.0009
ARQ	.0
P 100	.0001
DH	.0
IJ	.0
IH	.0
NVP	.0034
PROD	99.9934

O agrupamento realizado pelo método Hierárquico UPGMA utilizando distância Euclidiana Média (Figura 1) submetido a um corte de 70%, foi possível observar a formação de seis grandes grupos indicando grande variabilidade genética dos genótipos. Quando alteramos esse ponto e levamos o corte para 40%, observamos a formação de 20 grupos, sendo 4 formados por 2 genótipos e os demais formados por apenas uma cultivar; modificação também observada por Glasenapp *et al.* (2015) avaliando diversidade genética em soja. Todavia Rodrigues *et al.* (2021) relatam ter conseguido resultados semelhantes, entretanto seus genótipos foram agrupados em apenas três grupos, indicando menor variabilidade genética do que entre os genótipos do presente estudo. Observou-se que, de forma geral, as cultivares e a linhagem estudados foram bastante divergentes entre si considerando os caracteres avaliados.

Figura 1 - Dendrograma da divergência genética entre 24 genótipos de feijoeiro comum grão carioca baseado no método de agrupamento de ligações médias (UPGMA) utilizando a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade.



Esse trabalho demonstra que o melhoramento genético, ao contrário do que imaginado pela sociedade, é passível de incrementar a diversidade genética e potencial genético para características agronômicas sem reduzir a variabilidade e sem aumentar a vulnerabilidade genética (LOUWAARS, 2018). A grande variação observada nas características morfoagronômicas avaliadas e comprovadas pelos testes de agrupamento indica que é possível selecionar genitores promissores para uso em programas de melhoramento que visem melhorar características relacionadas à arquitetura da planta, produção de grãos e qualidade de sementes, simultaneamente.

Alguns autores (SETOTAW *et al.*, 2010; SUINAGA *et al.*, 2003) indicam a seleção de genitores com a máxima divergência genética para maximizar a heterose nos híbridos e aumentar assim a probabilidade de obtenção de progênes superiores. Todavia, selecionar diferentes genitores com base apenas em características individuais não é tão interessante quanto selecionar com base em um conjunto ideal de características (ABREU *et al.*, 2004). Neste sentido, o ideal é a escolha de genitores de grupos distintos por estes apresentarem maiores distâncias genéticas e conseqüentemente serem mais contrastantes (ROTILI *et al.*, 2012; VIDYAKAR *et al.*, 2017).

A variabilidade genética observada entre os genótipos estudados, comprovada pelo número de grupos formados, é imprescindível para o planejamento e utilização desses genótipos em cruzamentos futuros visando progênes superiores, porém sem reduzir a variabilidade genética.

Analisando todos os dados adquiridos no decorrer do trabalho, chegamos à indicação da combinação entre a linhagem VC 17 e a cultivar IAC Formoso (VC 17 X IAC Formoso), por estarem em diferentes grupos e apresentarem complementariedade para as características agronômicas. Essas cultivares destacaram-se por associar características de interesse agrônomo como produtividade e qualidade dos grãos.

Assim, essa cultivar e essa linhagem tem potencial para serem indicadas como genitores em programas de melhoramento visando a obtenção de populações segregantes promissoras para a extração de novas linhagens que venham a ser novas cultivares. A linhagem VC 17 apresenta excelente potencial produtivo (5879,72 kg ha⁻¹) e alta massa de 100 grãos, além de apresentar tolerância ao mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (TEIXEIRA *at al.*, 2019), já a cultivar IAC Formoso, tem um excelente DH e ótimo número de vagens por planta. Além disso, a cultivar IAC Formoso apresenta resistência múltipla aos principais patógenos do feijoeiro com alelos de resistência a antracnose, mancha angular, murcha de fusarium

(*Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli*) (PAULINO *et al.*, 2022) e podridão radicular seca (*Fusarium solani*) (CARBONELL *et al.*, 2010).

Mesmo não apresentando arquitetura ereta como desejado, o uso destes genótipos em cruzamentos promissores não é impedimento, já que na região Noroeste de Minas Gerais, a arquitetura está sendo manejada com o travamento das plantas através de produtos como propiconazole, Stimulate e herbicidas. Assim, é possível incluir cultivares superiores nos caracteres citados mesmo que estes apresentem arquitetura prostrada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe grande diversidade genética entre os genótipos para os caracteres dias até o florescimento, altura no florescimento, ciclo, arquitetura de planta, massa de 100 grãos, diâmetro do hipocótilo, forma da semente, grau de achatamento da semente, número de vagens por planta e produtividade de grãos.

A característica produtividade de grãos é a que mais contribui para a dissimilaridade genética entre os genótipos, entretanto não podemos descartar as características massa de 100 grãos e número de vagens por planta, uma vez que são componentes de produção.

A linhagem VC 17 e a cultivar IAC Formoso apresentam divergência entre si e complementariedade em relação às características avaliadas. O cruzamento entre elas apresenta maior chance de heterose e de obtenção de progênies superiores nas gerações segregantes.

Os caracteres analisados por diferentes técnicas estatísticas colaboram na identificação de cultivares mais promissoras para compor blocos de cruzamentos de acordo com o objetivo do programa de melhoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. B. *et al.* Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.3, p.547-552, jul-set 2004.
- ALBALLAT, I. A.; AL-ARABY, A. A. Al. Characterization, Genetic Diversity, and Clustering of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Accessions Based on Seed Yield and Related Traits. **Egyptian Journal of Horticulture**, v. 46, n. 2, p. 195-213, 2019.7.
- ANJOS, R. S. R. *et al.* Selection for hypocotyl diameter results in genetic gain in common bean plant architecture. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 417-425, 2018.
- AREVALO, A. C. M. *et al.* Análises multivariadas em genótipos de feijão roxo no ecótono Cerrado-Pantanal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e517101623749-e517101623749, 2021.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A Cultura. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. 1. ed. **Viçosa: Ed. UFV**, 2015. p.10-97.
- CABRAL, P.D.S., SOARES, T.C.B., LIMA, A.B.P., ALVES, D.S., NUNES, J.A. Diversidade genética de acessos de feijão comum por caracteres agronômicos. **Revista Ciência Agronômica**, 42, 898-905. 2011.
- CABRAL, P. D. S. *et al.* Investigation of the genetic diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars using molecular markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 17, n. 4, p. 1-11, 2018.
- CARBONELL, S. A. M. *et al.* Commercial grain size in common bean cultivars/Tamanho de grao comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2067-2074, 2010.
- CARBONELL, S. A. M. *et al.* IAC Formoso: new carioca common bean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 374-376, 2010.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural**, 38, 2138-2145. 2008.
- CARGNELUTTI FILHO, A, N.D., JOST, E. Número necessário de experimentos para a análise de agrupamento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, 39, 371-378. 2009.
- CARNEIRO, A. L. N. Potencial de famílias e populações de feijão carioca oriundas de dois ciclos de seleção recorrente. 2021.
- CHIORATO, A. F. **Divergência genética em acessos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) do banco de germoplasma do Instituto Agronômico**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado)- Instituto Agronômico-IAC, Campinas-SP, 2004.

- COELHO, C. M. M; *et al.* Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, 31,1177-1186. 2010.
- COELHO, C. M. M. *et al.* Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: v.9 – Safra 2021/22, n.º.1 – Primeiro levantamento**, Brasília, p. 38, outubro 2021.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: v.8 – Safra 2020/21, n.º.12 – Primeiro levantamento**, Brasília, p. 38, outubro 2021.
- CRUZ, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016.
- CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 206-212, 2012.
- DIDONET, A. D. Produção informal de semente de feijão comum com qualidade. **Embrapa Arroz e Feijão-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2013.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2018. 306 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (SILVA, O. F.) **Dados de conjuntura da produção de feijão comum (Phaseolus vulgaris L.) no Brasil: 1985 a 2020**. Disponível em:
http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/feijao/dadosConjunturais_feijao_bahia.htm
 Acesso em: 20. Nov. 2021.
- FAGERIA, N. K. F.; SANTOS, A. B.; STONE, L. F. **Índices adequados de pH e de saturação por bases na produtividade do feijoeiro em solo de cerrado no Sistema Plantio Direto**. Embrapa Arroz e Feijão, 2008.
- FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Anuário de produção**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/>. Acesso em: 20. Nov. 2021.
- FERRÃO, M. A. G. *et al.* Divergência genética em feijoeiro em condições de inverno tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1089-1098, 2002.
- GLASENAPP, J. S. *et al.* Diversity of agronomic and molecular traits of the soybean cultivars with different levels of phakopsora pachyrhizi resistance. **Bioscience journal**, v. 31, n. 1, p. 25-36, 2015.
- GONÇALVES, D. L. *et al.* Variabilidade genética de germoplasma tradicional de feijoeiro comum na região de Cáceres-MT. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 100-107, 2016.

KÖEPPEN, W. Climatologia: con um estudio de los climas de la tierra. México: fondo de cultura economica, 478. 1948.

KRAUSE, W. *et al.* Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem. **Revista Ciência Agronômica**. v.43, p.522-531, 2012.

LEITE, P. H. M. P. *et al.* Diversidade genética em cultivares e linhagens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando análises multivariadas. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.28, n.3, p.268-279, 2019.

LEMOS, R. C. *et al.* A half century of a bean breeding program in the South and Alto Paranaíba regions of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, 2020.

LIMA, A. R. S. *et al.* Agronomic performance of common bean lines and cultivars in the Cerrado/Pantanal ecotone region. **Research, Society and Development**, 9(7): 1-19, e121973666. 2020.

LOARCE, Y.; GALLEGU, R.; FERRER, E. A comparative analysis of the genetic relationship between rye cultivars using RFLP and RAPD markers. **Euphytica**, Wageningen, v. 88, p. 107-115, 1996.

LOUWAARS, N. P. Plant breeding and diversity: A troubled relationship?. **Euphytica**, v. 214, n. 7, p. 1-9, 2018.

MAPA. **Descritores mínimos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/agricolas>. 2015. Acesso em 15. set. 2021.

MOURA, M. M.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, vol. 48, num. 04, p. 417-425, 2013.

NAIEM, U.J. *et al.* **Solos e avaliação do potencial agrossilvipastoril das microrregiões Paracatu e Unai – Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2014. 106p.: il.; ISBN: 978-85-99764-39-8.

NUNES, C. S. *et al.* Métodos de controle e pragas nas lavouras de feijão. **Revista Tecnológica**, v. 6, n. 1, p. 128–146, 2017.

OLIVEIRA, A. C. *et al.* Desempenho agronômico de cultivares de feijão em função da adubação fosfatada no sul do Estado do Tocantins. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 27, n. 1, p.50–59, 2014.

OLIVEIRA, D. P. *et al.* Inoculation with *Rhizobium tropici* can totally replace N-fertilization in the recently released BRSMG Uai bean cultivar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 44, p. e52475-e52475, 2022.

PAULINO, J. F. C. *et al.* Combining disease resistance and postharvest quality traits by early marker-assisted. **Sci. Agric**, v. 79, n. 2, p. e20200233, 2022.

PEREIRA, H. S. *et al.* BRS FS305: cultivar de feijão para exportação com grãos calima. 2019.

PUERTA ROMERO, J. Variedades de judias cultivadas en Espana: nueva clasificacion de la especie *Phaseolus vulgaris* L. Savi. 1961.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* BRSMG Uai: common bean cultivar with carioca grain type and upright plant architecture. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 261-264, 2016.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1998.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2007.

RICHETTI, A.; DE MELO, C. L. P. Viabilidade econômica da cultura do feijão-comum, safra da seca 2015, em Mato Grosso do Sul. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. C.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação. **Viçosa**, 1999. 306 p.

RIBEIRO, N. D. *et al.* Phenological, plant architecture, and grain yield traits on common bean lines selection. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 657-666, 2018.

RODRIGUES, A. P. S. *et al.* Caracterização morfoagronômica de genótipos de feijoeiro comum quanto à precocidade. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e35410615951-e35410615951, 2021.

ROTILI, E. A. *et al.* Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p.516-521, 2012.

SANTOS, A. R. S. *et al.* Diversidade genética entre linhagens elite de feijão-comum estimada com base em marcadores microssatélites. 2019.

SANTOS, F. G.; SILVEIRA, E. R.; JAMHOUR, J. Atributos de qualidade de sementes salvas de feijão. **Revista Técnico-Científica**, n. 22, 2019.

SANTOS, J.B; VENCOSKY R. Controle genético de algumas plantas componentes de arquitetura em feijão seco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 21: 957-963, 1986.

SETOTAW, T. A.; DIAS, L. A. S.; MISSIO, R. F. Genetic divergence among barley accessions from Ethiopia. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.10, p. 116-123, 2010.

SILVA, M. B. O. *et al.* **Technological quality of grains of common beans selected genotypes from the carioca group.** 2016.

SILVA, A. C. Escolha de genitores e populações de feijoeiro com ênfase em resistência à murcha-de-fusário. 2018.

SILVEIRA, P. M.; NASCENTE, A. S.; SILVA, J. G. The effect of longitudinal distribution and seed depth on grain yield of common bean. **Journal of seed science**, v. 40, p. 90-97, 2018.

SORATTO, R. P. ; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:259-265. 2006.

SUINAGA, F. A.; CASALI, V. W. D.; SILVA, D. J. H.; PICANÇO, M. C. Dissimilaridade genética de fontes de resistência de *Lycopersicon* spp. a *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.4, p.371-376, 2003.

SULZBACHER, L. J. *et al.* Análise da divergência genética através de caracteres agronômicos em genótipos de feijão comum. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23, 2017.

TAVARES, T. C. O. *et al.* Divergência genética entre cultivares de feijão comum cultivados no estado do Tocantins. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 76-82, 2018.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Controle genético de plantas arquitetura no feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genética e Biologia Molecular** 22: 577-582, 1999.

TEIXEIRA, P. H. *et al.* Management of white mold in common bean using partial resistance and fungicide applications. **Crop Protection**, v. 124, p. 104867, 2019.

TERRA, F. S. A. *et al.* Produtividade e qualidade dos grãos de cultivares de feijoeiro cultivado na safra das águas e de inverno. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 118, n. 2, p. 10, 2019.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento genético do feijoeiro, avanços, perspectivas e novos estudos. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 217-223, 2015.

TSUTSUMI, C. Y. *et al.* Melhoramento genético do feijoeiro: avanços, perspectivas e novos estudos, no âmbito nacional. **Nativa**, V. 03, n. 03, p. 217-223, 2015.

VIDYAKAR, V.; LAL, G.M.; SINGH, M. K.; KUMAR, A. Study on genetic diversity in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 6, n. 6, p.184-187, 2017.