



**DOMINGOS ARMANDO SOQUIR JEQUE**

**POTENCIAL DE LINHAGENS DE FEIJÃO VERMELHO NO  
CAMPO DAS VERTENTES DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS –MG**

**2023**

**DOMINGOS ARMANDO SOQUIR JEQUE**

**POTENCIAL DE LINHAGENS DE FEIJÃO VERMELHO NO CAMPO DAS  
VERTENTES DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Vinicius Quintão Carneiro

Orientador

Prof. Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro

Coorientador

**LAVRAS – MG  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor (a).**

Jeque, Domingos Armando.

Potencial de linhagens de feijão vermelho no campo das  
vertentes de Minas Gerais / Domingos Armando Jeque. - 2023.  
52 p. : il.

Orientador (a): Vinicius Quintão Carneiro.

Coorientador (a): José Eustáquio de Souza Carneiro.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Phaseolus vulgaris L. 2. Feijão vermelho. 3. Melhoramento  
genético. I. Carneiro, Vinicius Quintão. II. Carneiro, José Eustáquio  
De Souza. III. Título.

**DOMINGOS ARMANDO SOQUIR JEQUE**

**POTENCIAL DE LINHAGENS DE FEIJÃO VERMELHO NO CAMPO DAS  
VERTENTES DE MINAS GERAIS**

**POTENTIAL OF RED BEAN LINES IN CAMPO DAS VERTENTES OF MINAS  
GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2023

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves UFLA

Dr. Tiago, de Souza Marçal UFLA

Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé EPAMIG

Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro

Orientador

Prof. Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro

Coorientador

**LAVRAS – MG  
2023**

*A Deus,*  
OFEREÇO

*Minha família, em especial aos meus pais Armando Jequê e Laura Sebastião,*  
*a quem eu devo o que me tornei.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente toda minha gratidão, a Deus eu agradeço, por proporcionar momentos de muitas bênçãos recebidas.

Aos meus pais, Armando Soquir Jeque e Laura Sebastiao, por todo amor incondicional, carinho e compressão em todos momentos.

Agradeço a toda minha família pelo suporte e orações, Celestina, Denilsa, Bruno, Madiba, Faquir, Saide, Anita, Derac Mako. Tia Natalia, Jacinta e Efigênia Mavie. Avó Celestina.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade de estudo, aprendizado e crescimento acadêmico na realização do mestrado. Ao meu orientador, o Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro, agradeço por cada minuto despendido comigo, por toda atenção, ajuda e ensinamentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PPGGM) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), por todos os conhecimentos transmitidos e por toda atenção e cuidado que têm com os alunos.

A equipe do melhoramento do feijoeiro, por todas as conversas, o empenho e dedicação nos trabalhos e por fazerem esses momentos serem mais leves e prazerosos.

À todos os meus amigos que foram um presente nesse caminhada, que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.

## RESUMO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande importância socioeconômica no Brasil. Esta espécie apresenta grande diversidade de tipos comerciais, dos quais os feijões do tipo carioca e preto são os mais consumidos no Brasil. Entretanto, há outros tipos de grãos que apresentam importância regionalizada, como o feijão vermelho, amplamente cultivado na Zona da Mata Mineira. Apesar da demanda crescente pelo feijão vermelho nas mesorregiões da Zona da Mata e dos Campos das Vertentes em Minas Gerais, poucas são as iniciativas dos programas de melhoramento visando a obtenção de cultivares com esse tipo de grão. Por isso, os programas de melhoramento do feijoeiro da UFLA e da UFV desempenham importante função na recomendação de cultivares com esses tipos de grãos para Minas Gerais. Esse trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de linhagens de feijão vermelho a fim de identificar potenciais genitores para compor cruzamentos e futuros ensaios de VCU. Foram avaliadas 48 linhagens de feijão vermelho de origem da UFV e do CIAT em experimentos conduzidos nas safras das águas e outono-inverno de 2020 e 2021, na seca de 2022 no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. O delineamento experimental para todos os experimentos foi de blocos casualizados com três repetições. As características avaliadas foram produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), aspecto dos grãos, arquitetura de planta e severidade de cretamento bacteriano. Foram realizadas análises de variâncias individuais e conjunta para todas características e aplicado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott. Também foram quantificados os percentuais da parte complexa da interação entre genótipos e pares de ambientes e as correlações de Pearson entre os pares de ambientes. A fim de caracterizar a adaptabilidade das linhagens avaliadas foi utilizado o método do centroide. Foi detectada interações genótipos por ambientes significativos para todos os caracteres avaliados na análise conjunta de variância. A interação genótipos por ambientes foram predominantemente de natureza complexa para os caracteres produtividade de grãos, severidade de cretamento bacteriano e arquitetura de plantas, enquanto que para aspecto dos grãos foi de natureza simples. As linhagens BRSMG Marte, UFV5, CIAT2 e CIAT5 apresentaram potencial para serem utilizadas em blocos de cruzamentos em programas de melhoramento de feijão vermelho pois demonstraram elevado potencial produtivo, boa adaptabilidade, grãos com aceitação comercial e plantas com arquitetura ereta. Por isso, as linhagens UFV5, CIAT2 e CIAT5 tem potencial para serem incluídas em ensaios de valor de cultivo e uso.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Feijão vermelho. Melhoramento genético.

## ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has great socioeconomic importance in Brazil. This species presents a great diversity of commercial types, of which the carioca and black beans are the most consumed in Brazil. However, there are other types of grains that are regionally important, such as red beans, widely cultivated in the Zona da Mata Mineira. Despite the growing demand for red bean in the mesoregions of Zona da Mata and Campos das Vertentes in Minas Gerais, there are few initiatives in breeding programs aimed at obtaining cultivars with this type of bean. Therefore, the UFLA and UFV bean breeding programs play an important role in recommending cultivars with these types of grains for Minas Gerais. This work aimed to evaluate the performance of red bean lines in order to identify potential parents to compose crosses and future tests of VCU. Forty-eight red bean lineages originating from UFV and CIAT were evaluated in experiments carried out in the 2020 and 2021 wet and autumn-winter harvests, in the 2022 drought at the Center for Scientific and Technological Development of the Federal University of Lavras. The experimental design for all experiments was randomized blocks with three replications. The evaluated characteristics were grain yield ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), grain appearance, plant architecture and severity of bacterial blight. Individual and joint analyzes of variance were performed for all characteristics and the Scott-Knott mean grouping test was applied. The percentages of the complex part of the interaction between genotypes and pairs of environments and the Pearson correlations between pairs of environments were also quantified. In order to characterize the adaptability of the evaluated lines, the centroid method was used. Significant genotype-by-environment interactions were detected for all traits evaluated in the joint analysis of variance. The interaction between genotypes and environments was predominantly of a complex nature for the traits grain yield, bacterial blight severity and plant architecture, while for appearance of the grains it was of a simple nature. The BRSMG Marte, UFV5, CIAT2 and CIAT5 lines showed the potential to be used in blocks of crosses in red bean breeding programs because they showed high productive potential, good adaptability, grains with commercial acceptance and plants with erect architecture. Therefore, the strains UFV5, CIAT2 and CIAT5 have the potential to be included in trials of value for cultivation and use.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Red bean. Genetic improvement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Projeção dos escores dos dois fatores das linhagens de feijão vermelho.....40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Origem das linhagens e cultivares de feijão vermelho avaliadas na mesorregião do Campo das Vertentes.....	25
Tabela 2- Escala de notas utilizada na avaliação da arquitetura de planta.....	25
Tabela 3- Resumo das análises de variância conjuntas de produtividade de grão ( $\text{kg/ha}^{-1}$ ) (PROD), aspecto de grão (AG), arquitetura de planta (ARQ) e severidade de Crestamento bacteriano (CB), referente a avaliação das 48 linhagens de feijão Vermelho.....	30
Tabela 4 - Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte complexa da interação linhagens por pares de ambientes para produtividade de grãos.....	31
Tabela 5- Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte complexa da interação linhagens por pares de ambientes para severidade de crestamento bacteriano.....	32
Tabela 6- Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte Complexa da interação linhagens por pares de ambientes para arquitetura de Plantas.....	33
Tabela 7- Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte Complexa da interação linhagens por pares de ambientes para aspecto dos grãos.....	33
Tabela 8- Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nas safras outono-inverno e águas de 2020, outono-inverno e águas de 2021 e seca de 2022.....	34
Tabela 9- Médias de produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), classificação quanto à adaptabilidade e probabilidade das linhagens de pertencer a cada classe de adaptabilidade, segundo Rocha et al. (2005). ....	36

Anexo 1- Média de produtividade de grão (kg/ha) referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de inverno e águas de 2020, inverno e águas 2021 e seca 2022.....	49
Anexos 2- Média de aspecto de grão referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de águas de 2020, inverno e águas 2021 e seca 2022. ....	50
Anexos 3- Média de arquitetura da planta referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de inverno e águas de 2020, inverno e águas 2021 e seca 2022.....	51
Anexos 4- Média do crestamento bacteriano referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de águas de 2020, inverno 2020 a 2021 e seca 2022.....	52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Cultivo do feijoeiro no Mundo e no Brasil .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Melhoramento do feijão Vermelho.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Hibridação.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1 Seleção recorrente.....</b>	<b>19</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Potencial de linhagens de feijão vermelho da UFV e do CIAT.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Características avaliadas .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Análises Estatísticas.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.1 Análises individuais e conjuntas de variância.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.2 Decomposição da interação linhagens por ambientes (L x A) .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.3 Adaptabilidade das linhagens .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.4 Seleção baseada em análise de fatores visando arquitetura de plantas e aspecto dos grãos.....</b>	<b>28</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 Análise conjunta de variância .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 Análises individuais de variância .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Adaptabilidade das linhagens de feijão vermelho .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4 Análise de fatores aplicada a seleção das linhagens.....</b>	<b>38</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>MATERIAL SUPLEMENTAR- ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta elevado valor nutritivo, rico em proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos antioxidantes (Silva et al. 2009), sendo uma importante fonte de energia e de proteína de baixo custo quando comparada aos produtos de origem animal, além gerar emprego e renda para população. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão e considerado o maior consumidor (FAO, 2022).

O cultivo do feijoeiro no Brasil, ao longo do período das safras agrícolas 1976/77 a 2020/2021, teve sua área de produção reduzida de 4538,7 para 2923,4 mil hectares, entretanto sua produção aumentou de 2215,2 para 2876,3 mil toneladas. Observou-se, também, um incremento na produtividade de grãos, passando de 488,0 kg.ha<sup>-1</sup> (1976/77) para 984 kg.ha<sup>-1</sup> (2020/21) (CONAB, 2022).

Os cinco principais Estados brasileiros produtores da cultura (Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia) são responsáveis por cerca de 68% do total produzido (CONAB, 2020). Nestes Estados predomina o cultivo de feijão do grupo comercial carioca, que é o mais produzido e consumido no País. Entretanto, em algumas regiões do Brasil outros grupos também se destacam como preto e vermelho. No Brasil há um predomínio de cultivares de feijão carioca e preto registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), uma vez que esses tipos comerciais recebem maior atenção dos programas de melhoramento por serem os mais produzidos no País. Programas de Melhoramento estes que conforme Vieira, Borém, Ramalho *et al.* (2005) são de empresas públicas. Atualmente, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022), existem cerca de 387 cultivares de feijão comum registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), desenvolvidas principalmente por instituições públicas de pesquisa, como, por exemplo, o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) (Carbonell et al., 2012), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Lopes et al., 2012), Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) (Moda-Cirino et al., 2012) e Universidade Federal de Lavras (UFLA) (Lemos et al., 2020).

No Estado de Minas Gerais o feijão do grupo vermelho, apesar de ser restrito a determinadas regiões, têm alcançado preços acima dos demais grupos, atraindo assim uma parcela significativa dos produtores. No caso específico do feijão vermelho cultivado na Zona da Mata de Minas, o grande entrave é a falta de cultivares melhoradas. Dentre as cultivares recomendadas no Estado estão o BRSMH Ouro Vermelho e a BRSMG Marte, que se

sobressaem pela qualidade comercial dos grãos e a arquitetura ereta de plantas, respectivamente. Estas cultivares foram desenvolvidas pelo programa de melhoramento do feijoeiro da Universidade Federal de Viçosa, localizada no Zona da Mata de Minas Gerais, que tem se destacado por desenvolver linhagens de feijão vermelho. Este programa é um dos únicos que desenvolvem linhagens de feijão vermelho no Estado (CARNEIRO et al., 2006). Portanto, programas de melhoramento localizados em Minas Gerais, que ainda não se dedicavam ao feijão vermelho, como o da Universidade Federal de Lavras tem a importante função de desenvolver linhagens superiores desse tipo comercial adaptadas às condições ambientais da mesorregião do Campos das Vertentes.

O Programa de Melhoramento da Universidade Federal de Lavras (UFLA), considerando a importância do feijão-vermelho na mesorregião de Campo das Vertentes e a demanda por novas cultivares, também tem se proposto a dedicar-se ao melhoramento de feijão vermelho. A seleção recorrente por ser uma das principais estratégias empregadas no melhoramento de feijão dos diferentes tipos comerciais da cultura (AMARO et al., 2007; COSTA et al., 2019; RAMALHO et al., 2005<sup>a</sup>; REZENDE et al., 2014; SILVA et al., 2007; SILVA et al. 2010; SINGH et al., 1999) também foi escolhida para o melhoramento do feijão vermelho. Menezes Júnior (2011) obteve após um ciclo de seleção recorrente 7% de progresso genético para produtividade dos grãos em feijão vermelho. Já Melo (2016) obteve estimativa média de 4,81% de progresso genético para produtividade de grãos ao avaliar dois ciclos de seleção recorrente para este tipo comercial. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e identificar linhagens promissoras de feijão-vermelho com potencial para serem utilizadas em recombinações no programa de seleção recorrente e/ou utilizadas em ensaios de valor de cultivo e uso (VCU).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cultivo do feijoeiro no Mundo e no Brasil**

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em mais de 120 países sob diferentes temperaturas, intensidades de luz, umidade relativa, distribuição pluviométrica e níveis tecnológicos, aspectos que contribuem para a produção mundial instável (Pereira et al., 2018; FAO, 2022). Sendo uma importante fonte de energia e de proteína de baixo custo quando comparada aos produtos de origem animal, além gerar emprego e renda para população. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial do grão e considerado o maior consumidor (FAO 2022). O Brasil é um dos principais países produtores, colhendo 2.366.527

toneladas em 2020, sendo 85% das cultivares de grão tipo carioca e preto (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2022).

No cenário nacional, os estados que representam a maior produção são o Paraná, seguido por Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia, os quais representam cerca de 68% do total produzido no país (CONAB, 2020). Em 2020, a produção mundial de feijão foi de 27 milhões de toneladas, com destaque para Índia, Myanmar e Brasil (FAO, 2022). Na safra 2020/21, o Brasil produziu 2,87 milhões de toneladas, em uma área de 2,9 milhões hectares, alcançando produtividade média de 984 kg ha<sup>-1</sup>. No cenário nacional, as maiores produtividades de grãos foram obtidas pelo Distrito Federal e pelo estado de Goiás, com rendimento de grãos de 2712 kg ha<sup>-1</sup> e 2449 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (CONAB, 2022). Inicialmente, no Brasil, o cultivo de feijão era realizado principalmente por agricultores familiares em pequenas áreas. Atualmente, seu cultivo envolve pequenos, médios e grandes produtores, ao longo de todo o país, em diferentes épocas de semeadura e com diferentes sistemas de manejo (Lemos et al., 2020).

A maior produção de feijão comum no Estado concentra-se nas Regiões Noroeste, Sul, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (SILVA e WANDER, 2018). O plantio nessas regiões é predominantemente comercial, com emprego de altos níveis de tecnologia nas lavouras. Destas, a utilização da irrigação por aspersão via pivô central tem favorecido o cultivo do feijoeiro, inclusive em sistema de rotação com outras culturas, e proporcionado aos produtores incremento nos níveis de produtividade (SILVA e WANDER, 2018). Isso tem viabilizado uma cultura competitiva e atraído grandes investimentos em infraestrutura e maquinário (SILVA e WANDER, 2018). Na safra de outono-inverno, entre os dez maiores municípios produtores destacam-se Unaí e Paracatu. Entretanto, os municípios de Patos de Minas e Varjão de Minas também são destaque pelas produtividades obtidas (SILVA e WANDER, 2018).

A área cultivada com feijão no Brasil, ao longo do período das safras agrícolas 1976/77 a 2020/21, foi reduzida, saindo de 4538,7 para 2923,4 mil hectares. Entretanto, observou-se um aumento da produção e da produtividade de grãos. Na safra 1976/77, o Brasil produziu cerca de 2215,2 mil toneladas com produtividade de grãos de 488 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que na última safra (2020/21), a produção nacional foi de 2876,3 mil toneladas, alcançando produtividade de grãos de 984 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2022).

O cultivo de feijão no Brasil é estabelecido em três calendários de zoneamento agrícola. A primeira denominada como safra das águas, com semeadura de julho a outubro e colheita de novembro a abril. A segunda como safra da seca, com semeadura de janeiro a março e colheita de abril a julho. A terceira como safra de outono/inverno, principalmente na região sudeste do

Brasil, com semeadura de abril a julho e colheita de agosto a outubro (MAPA, 2018). Segundo dados da Conab (2021), para o calendário agrícola 2019/2020, a primeira safra representou 35,8% do total da produção nacional de grãos da leguminosa, a segunda safra 40,39% e a terceira safra 23,81%. Esses cultivos na maioria das vezes são realizados na safra de “outono-inverno” e tem se obtido produtividades médias superiores a 3000 kg.ha<sup>-1</sup> (BORÉM; CARNEIRO, 2015; HOLTZ et al., 2018).

Diferentes tipos de feijão comum são cultivados no Brasil e podem ser classificados pelo seu tipo comercial em branco, preto e cores (carioca, vermelho, jalo, mulatinho, roxo e rosinha) (BALDANI; TEIXEIRA; SANTOS, 2002; VIEIRA et al., 2005; SOUZA et al., 2013). O feijão carioca é o mais consumido e produzido em todo o território nacional e representa 70% da produção. Devido a esta maior preferência pelo feijão carioca, a maior parte dos programas de melhoramento de feijão do país visam principalmente o desenvolvimento de novas cultivares desse tipo de feijão (BOTELHO et al., 2010; COSTA et al., 2010; CUNHA et al., 2005; MELO et al., 2006; RAMALHO et al., 2005a; SILVA et al., 2007). Apesar disso, o feijão vermelho assume uma posição de destaque no Estado de Minas Gerais, pois tem uma ampla aceitação nas mesorregiões da Zona da Mata e Campos das Vertentes. Devido a essa maior demanda por esse tipo de feijão, o preço por saca também é mais elevado que dos feijões carioca, o que tem incentivado o cultivo no Estado.

O Estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor nacional de feijão comum no Brasil. A produtividade média de feijão primeira Safra 21/22 em Minas Gerais foi de 1342,4 kg<sup>-1</sup>, representam uma redução de, aproximadamente, 10% em relação a última safra. Na safra 2021/2022 foram cultivados 314,5 mil ha de feijão nas 3 safras no estado de Minas Gerais, a 1ª safra se manteve novamente como a maior e mais representativa safra de feijão do estado, ela sozinha respondeu nesta safra por 41,4% de todo o feijão produzido no estado. A safra de feijão 1ª safra 2022/2023 numa primeira estimativa, considera-se que a área de plantio de feijão 1ª safra no estado de Minas Gerais deverá alcançar uma área de 147,0 mil ha, redução de 2,2% em relação à safra anterior. Deste total, 122,2 mil ha de feijão cores, 8,3 mil ha de feijão preto e 16,5 mil ha de feijão caupi (CONAB, 2023).

## **2.2 Melhoramento do feijão Vermelho**

Os principais programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil concentram-se no setor público, como os da Embrapa Arroz e Feijão (Embrapa), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado

de Minas Gerais (Epamig), Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Instituto Agronômico do Paraná (Iapar) e têm dado ênfase a feijões de grãos tipo carioca e preto, por serem os mais consumidos no país (VIEIRA et al., 2005). Mesmo com a crescente demanda por feijão vermelho em Minas Gerais, como na Zona da Mata e no Campo das Vertentes, há poucas iniciativas dos programas de melhoramento visando a obtenção de cultivares com esse tipo de grão (SILVA et al., 2005). Somente a UFV tem se dedicado ao desenvolvimento de linhagens de feijão vermelho no Estado de Minas Gerais.

O principal entrave para a produção de feijão vermelho no país era a falta de cultivares. Os produtores da região da Zona da Mata utilizavam cultivares com baixo potencial produtivo e suscetíveis às principais doenças da cultura como por exemplo a cultivar vermelhinho. Outra linhagem é o Vermelho 2157 que apresenta um potencial produtivo mais elevado, mais resistente, porém apresenta grãos com desuniformidade de coloração (VIEIRA, 2005). Devido a extrema importância desse tipo de grão em Minas Gerais, o Programa Feijão da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no final da década de 1990, começou a se dedicar também ao melhoramento desse tipo de grão, visando disponibilizar aos produtores cultivares melhoradas, com elevada produtividade, garantindo, assim, a viabilidade da produção de feijão vermelho. No programa de melhoramento de feijão da Universidade Federal de Viçosa, as primeiras linhagens de feijão vermelho foram obtidas por Vieira et al. (2000). As cultivares Ouro Vermelho e BRSMG Marte de origem desta instituição tem se destacado no Estado de Minas Gerais por apresentarem grãos com bom aspecto comercial e arquitetura ereta de plantas, respectivamente.

As principais estratégias empregadas no melhoramento do feijão vermelho são a hibridação e a seleção recorrente. Vários são os exemplos de sucesso do emprego destas estratégias no desenvolvimento de linhagens deste grupo comercial (MELO et al., 2016; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; MENEZES JÚNIOR, 2011).

### **2.3 Hibridação**

As principais estratégias de melhoramento utilizadas na cultura do feijoeiro se enquadram em três categorias: a introdução de linhagens superiores desenvolvidas pelos programas de melhoramento do país ou do exterior; a utilização da variabilidade natural disponível no genótipo em uso pelos agricultores; e o uso de variabilidade oriunda de cruzamentos artificiais (hibridação) (RAMALHO et al., 2012). Essa terceira estratégia tem sido a mais empregada no melhoramento da cultura.

A hibridação é a principal estratégia no melhoramento de plantas, e tem como objetivo reunir alelos favoráveis que estão distribuídos em diferentes genitores. O seu emprego é rotina nos programas de melhoramento de feijão e tem sido a principal fonte de novas linhagens do feijoeiro (VIEIRA et al., 2005; MELO et al., 2006; ROCHA, 2008; COUTO et al., 2008). Na condução de um programa de melhoramento por hibridação, deve-se dar atenção às seguintes etapas: escolha dos genitores, realização dos cruzamentos e obtenção das populações segregantes e a escolha do método de condução destas populações. A utilização de algum critério na escolha dos genitores é indispensável para se melhorar a eficiência do programa de hibridação.

### **2.3.1 Seleção recorrente**

No melhoramento de espécies autógamas com emprego da hibridação durante a condução das populações segregantes por autofecundação não é possível aproveitar alelos favoráveis em diferentes indivíduos/progênies. Portanto, se faz necessário o uso de novas hibridações entre as linhagens obtidas por esta estratégia (RAMALHO et al., 1993). Além disso, os melhoristas trabalham com muitos caracteres quantitativos, o que dificulta o processo de seleção e faz com que o melhoramento seja realizado em etapas (RAMALHO et al., 2012a).

A seleção recorrente é uma alternativa viável para os programas de melhoramento de plantas autógamas. Segundo Ramalho et al. (2012a), a seleção recorrente é qualquer processo cíclico de melhoramento, envolvendo a obtenção de progênies, avaliação e recombinação das melhores visando um novo ciclo de seleção. Por meio dessa estratégia, espera-se o aumento da frequência de alelos favoráveis, expressos pela melhoria da característica de interesse, mantendo a variabilidade genética. Além disso, a seleção recorrente permite incluir novos genitores a cada ciclo de seleção e recombinação.

Apesar desta estratégia ter sido proposta para espécies alógamas devido à facilidade na condução dos cruzamentos, a seleção recorrente tem sido empregada com sucesso no melhoramento de plantas autógamas. Exemplos de sucesso da seleção recorrente são observados em culturas como o arroz (MORAIS JÚNIOR et al., 2017; CORDEIRO E RANGEL, 2011), feijão (ALVES et al., 2015; ARANTES et al., 2010; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; RAMALHO et al., 2005), trigo (ZHANG et al., 2015; NIU et al., 2010) e soja (POSADAS et al., 2014).

A seleção recorrente envolve basicamente três etapas: obtenção da população base, avaliação de indivíduos ou progênies e recombinação dos selecionados para obtenção do ciclo

seguinte. A primeira etapa da seleção recorrente consiste na obtenção da população base, que garante o sucesso em curto, médio e longo prazo. Nesta etapa, os genitores são escolhidos de forma que se associe alta média e a maior variabilidade genética possível (RAMALHO et al., 2012). A média alta indica que os genitores são bem adaptados. Já, a maior variabilidade genética, implica que os genitores se complementam (RAMALHO et al., 2012). Assim, devem ser escolhidas como genitores do programa de seleção recorrente linhagens e, ou, cultivares mais adaptadas às condições de cultivo e de diferentes origens. Linhagens pouco adaptadas podem aumentar a variabilidade, porém reduzem a média populacional. Se for necessário incluir linhagens mal adaptadas, deve-se conduzir, à parte, um programa de retrocruzamento, para aumentar seus níveis de adaptação e, só depois, incluir seus descendentes no intercruzamento.

Dependendo do número de genitores empregados nos cruzamentos, o número de populações segregantes gerado pode ser grande o que é inviável do ponto de vista prático. Segundo Baenzinger e Peterson (1991) existem dois métodos que podem ser empregados para a seleção de populações segregantes. O primeiro utiliza as informações apenas dos genitores e o segundo que leva em consideração as informações de seus descendentes. Considerando apenas os que utilizam o comportamento das progênies, os cruzamentos dialélicos, estimativa de  $m + a + d$  e a metodologia de Jinks e Pooni (1976) são os métodos que mais têm sido utilizados (PIMENTEL et al., 2010; RAMALHO et al., 2012; RAMALHO e LAMBERT, 2004).

A segunda etapa é a avaliação e seleção dos melhores indivíduos ou progênies a serem utilizados na recombinação. A seleção pode ser realizada de duas maneiras: no âmbito de indivíduo, também denominada de seleção fenotípica ou massal; e seleção no âmbito de progênies, na qual se utiliza a população estruturada em progênies endogâmicas (RAMALHO et al., 2012). Para caracteres com herdabilidade alta a seleção pode ser realizada visualmente na geração  $S_0$ , ou seja, realiza-se a seleção fenotípica individual. A seleção recorrente fenotípica tem sido utilizada para alguns caracteres em plantas autógamas, como resistência à antracnose (COSTA et al., 2019), resistência à mancha-angular (ARANTES et al., 2010; AMARO et al., 2007, NAY et al., 2019), arquitetura de plantas (PIRES et al., 2014) e para precocidade (SILVA; RAMALHO; ABREU, 2007). Entretanto, a seleção recorrente fenotípica por ser baseada exclusivamente no fenótipo dos indivíduos da população, nem sempre é efetiva. Para caracteres quantitativos, como a produtividade de grãos, a seleção visual tem se mostrado ineficiente (PATIÑO e SINGH, 1988).

A seleção recorrente baseada na avaliação de progênies permite que o melhorista realize a seleção baseada em avaliações realizadas em experimentos com repetições, conduzidos em diferentes ambientes. Essa estratégia tem sido usada para alguns caracteres na cultura do feijoeiro, como a produtividade e aspecto de grão (MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008; RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005; SILVA et al., 2010), precocidade, aspecto de grão e produtividade (REZENDE JÚNIOR et al., 2016), resistência à mofo branco (LEITE et al., 2016); arquitetura de plantas (ANJOS et al., 2018), produtividade, arquitetura e aspecto de grão para o tipo vermelho (FREITAS et al., 2012; MELO et al., 2016; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; MENEZES JÚNIOR, 2011).

A última etapa da seleção recorrente consiste na recombinação dos melhores indivíduos ou progênies. Uma das vantagens de se utilizar a seleção recorrente é a possibilidade de introduzir novas linhagens como genitores no momento da recombinação (RAMALHO et al., 2012). Existem alguns esquemas de cruzamentos para esta etapa como por exemplo os dialelos circulantes, em que os genitores participam em pelo menos dois cruzamentos, o que reduz o número de cruzamentos a serem efetuados. Uma alternativa que tem sido utilizada com sucesso no feijoeiro é a metodologia proposta por Bearzoti (1997). Nesse esquema, os cruzamentos são realizados conforme o dialelo circulante, em que cada genitor participa de dois cruzamentos a cada ciclo de seleção. Dessa forma, são utilizadas cerca de 20 populações base e derivada de cada uma delas aproximadamente 19 progênies. Essas são avaliadas em experimento com repetição, o que permite a seleção da melhor progênie de cada uma das populações para a recombinação conforme o dialelo circulante. Esse esquema permite que nos sucessivos ciclos de intercruzamentos a contribuição de cada população seja a mesma (GERALDI, 2005).

Vários são os trabalhos que evidenciam o sucesso da seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro. Melo (2016) obteve ganho genético de 6,12% para produtividade de grãos ao empregar a seleção recorrente no melhoramento do feijão do tipo vermelho. Freitas (2012), avaliando três ciclos de seleção recorrente em feijão vermelho, obtiveram progresso genético de 40,05% para produtividade de grãos, 59,21% para resistência à ferrugem, 12,90% para arquitetura de plantas e 12,76% para aspecto de grãos, comprovando a eficiência dessa estratégia no melhoramento do feijoeiro.

Silva et al. (2010) ao avaliar em oito ciclos de seleção recorrente de feijão carioca observou um progresso genético de 3,3% por ciclo para produtividade de grãos. Já Pires et al. (2014) observaram um progresso genético de 1,62% por ciclo para arquitetura de plantas e 6,81% para a produtividade de grãos. Menezes Júnior et al. (2007) ao avaliarem três ciclos de seleção recorrente obtiveram progresso genético para produtividade e aspecto de grão de 3,13%

e 11,24%, respectivamente. Já para arquitetura de plantas, o progresso foi negativo (-5,11%), uma vez que progênies com notas mais baixas apresentam melhor arquitetura de plantas. Utilizando essa mesma estratégia, Silva et al. (2007) avaliando cinco ciclos de seleção para precocidade em feijão carioca, concluíram que a seleção recorrente fenotípica foi eficiente em reduzir o número de dias para o florescimento, com progresso de 2,2% ao ano.

#### **2.4 Interações genótipos x ambientes (G x A)**

A interação entre genótipos e ambientes (GxA), definida como o comportamento diferenciado dos genótipos frente às variações ambientais, é considerada um dos principais desafios no melhoramento de plantas. Essa interação dificulta a recomendação de genótipos para vários ambientes, além de dificultar a estimação dos ganhos genéticos, resultando em menor êxito dos programas de melhoramento (SILVA; DUARTE, 2006; CRUZ et al., 2014). A interação GxA é decorrente, então, de diferenças em adaptação dos genótipos aos diferentes ambientes, resultantes de diferenças de constituição gênica (CHAVES, 2001).

A interação GxA pode ser de natureza simples ou complexa. A interação simples ocorre quando não há mudança na classificação dos genótipos nos diferentes ambientes. Esse tipo de interação não causa problema na recomendação, pois os melhores genótipos em um ambiente também o são em outro (CRUZ et al., 2014). A interação complexa ocorre quando há mudança na classificação dos genótipos em relação aos ambientes avaliados. Neste caso, a seleção dos genótipos com base na média considerando os ambientes não é adequada, podendo acarretar em seleção de genótipos mal adaptados a determinadas situações (CHAVES, 2001).

A diversidade das épocas de semeadura, conforme zoneamento agrícola para a cultura do feijoeiro no Brasil, resulta na exposição de cultivos a uma diversidade de ambientes (MENEZES JUNIOR, 2011). Essa diversidade edafoclimática compromete, em muitas situações, o desempenho de cultivares de feijão, o que resulta em baixas produtividades, consequentemente baixa rentabilidade. Vários fatores influenciam no desenvolvimento de cultivares de feijão e a expressão de suas características fenotípicas, destacando-se a interação entre tais características e o ambiente, conhecida como interação genótipos x ambientes (G x A) (PEREIRA et al., 2015). De acordo com os autores esta interação explica o que é observado para algumas cultivares comerciais, que apresentam características fenotípicas diferentes em diferentes regiões de um mesmo estado.

Quando é detectada interação GxA, a partir da análise de variância conjunta dos ensaios, é possível adotar-se duas estratégias para minimizar os seus efeitos. A primeira é a estratificação

ambiental, que se baseia na recomendação particularizada dos genótipos para sub-regiões. Neste caso, ambientes semelhantes são agrupados em sub-regiões dentro das quais a interação é não significativa (RAMALHO et al., 2012). Além disso, quando ocorrem ambientes com padrões similares de respostas de genótipos, a estratificação permite reduzir o número de ambientes da rede de ensaios (MENDONÇA et al., 2007). Contudo, mesmo com a estratificação ambiental uma fração da interação ainda pode permanecer, devido a fatores ambientais incontrolláveis, como temperatura e pluviosidade (CRUZ et al., 2012). A segunda estratégia é a recomendação generalizada para toda uma região, baseada na partição do comportamento dos genótipos em parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (CHAVES, 2001; MAIA et al., 2013). A maioria dos estudos sobre interação GxA em feijão, milho e soja adotam estudos de adaptabilidade e estabilidade para auxiliar a recomendação de cultivares, e uma menor parte aborda a estratificação ambiental (BRANQUINHO et al., 2014). Nesse sentido, os programas de melhoramento buscam genótipos altamente produtivos, com estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos diversos ambientes que compreendem a região em que são recomendados (SILVA; DUARTE, 2006).

De acordo com Cruz et al. (2012) existem muitas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade, sendo que a escolha do melhor método depende dos dados experimentais, da precisão requerida e do tipo de informação desejada. Como exemplos de metodologias, podem ser citados: o método proposto por Plaisted e Peterson (1959), baseado na análise de variância; os métodos propostos por Finlay e Wilkinson (1963), Eberhart e Russell (1966) e Verma et al. (1978), que se baseiam em análises de regressão linear; o método baseado na análise de regressão bissegmentada, apresentado por Cruz et al. (1989); e alguns métodos não paramétricos, como: Lin e Binns (1988), Carneiro (1998) e Rocha et al. (2005).

Durante a fase final do melhoramento genético de cultivares de feijoeiro, antecedendo seu lançamento comercial, todas as linhagens passam por ensaios de valor de cultivo e uso (VCUs), submetendo as linhagens a avaliações por meio de ensaios com repetições em diferentes ambientes, representando variadas condições ambientais às quais a cultivar pode ser submetida (PEREIRA et al., 2009). Neste sentido, identificar genótipos com elevada estabilidade fenotípica, minimizando os efeitos da relação G x A, contribuem na recomendação de novas cultivares, assim como tornam o processo mais seguro (MELO et al., 2007).

Os ensaios de VCU são obrigatórios para inscrição do novo cultivar no Registro Nacional de Cultivares (RNC), junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). No caso do feijoeiro, essas avaliações devem ocorrer em pelo menos três locais de importância para a cultura, por um período mínimo de dois anos e devem seguir as instruções

do MAPA em relação aos tratos culturais, delineamento experimental e características a serem avaliadas (Brasil, 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Potencial de linhagens de feijão vermelho da UFV e do CIAT

Um total de 48 linhagens de feijão do grupo comercial vermelho oriundas da UFV e do CIAT (Tabela 1) foram avaliadas durante os anos de 2021 e 2022 nas safras da seca, outono-inverno e águas.

Tabela 1. Origem das linhagens e cultivares de feijão vermelho avaliadas na mesorregião do Campo das Vertentes.

ID	Linhagem	Origem	ID	Linhagem	Origem
1	CIAT 20	CIAT	25	CIAT 2	CIAT
2	Vermelhinho	CRIOULA	26	VR 25	UFV
3	CIAT 16	CIAT	27	CIAT 15	CIAT
4	CIAT 10	CIAT	28	UFV 16	UFV
5	UFV 1	UFV	29	CIAT 9	CIAT
6	UFV 11	UFV	30	CIAT 8	CIAT
7	VR 22	UFV	31	UFV 5	UFV
8	CIAT 13	CIAT	32	CIAT 7	CIAT
9	UFV 8	UFV	33	OVR	UFV
10	UFV 3	UFV	34	CIAT 3	CIAT
11	BRSMG MARTE	CONVÊNIO	35	CIAT 14	CIAT
12	Safira	EMBRAPA	36	UFV 2	UFV
13	BRSMG Ouro Vermelho	CONVÊNIO	37	CIAT 6	CIAT
14	UFV 15	UFV	38	VR 26	UFV
15	UFV 6	UFV	39	CIAT 5	CIAT
16	CIAT 23	CIAT	40	CIAT 11	CIAT
17	UFV 4	UFV	41	CIAT 4	CIAT
18	CIAT 1	CIAT	42	PUAD	INTRODUÇÃO
19	UFV 14	UFV	43	UFV 13	UFV
20	CIAT 12	CIAT	44	CIAT 22	CIAT
21	CIAT 17	CIAT	45	CIAT 18	CIAT
22	CIAT 21	CIAT	46	UFV 7	UFV
23	UFV 10	UFV	47	UFV 12	UFV
24	CIAT 19	CIAT	48	UFV 9	UFV

<sup>1</sup> UFV: Universidade Federal de Viçosa <sup>2</sup> CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical. <sup>3</sup> CONVÊNIO: Convênio firmado entre UFLA, UFV, EMBRAPA e EPAMIG.

Os experimentos foram conduzidos no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras situado a 919 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste. O delineamento adotado nesses experimentos foi o de blocos casualizados com três repetições. As parcelas foram constituídas de duas linhas de dois metros, com espaçamento de 0,6 metros entre linhas. As testemunhas foram Vermelhinho, BRSMG marte, Safira, BRSMG Ouro Vermelho PUAD e OVR. Os tratos culturais foram adotados conforme Carneiro e Borém (2014).

### 3.2 Características avaliadas

A produtividade de grãos foi obtida em g/parcela e posteriormente convertida para kg/ha. A arquitetura de plantas foi avaliada por meio de uma escala de notas de 1 a 9 (Tabela 2), proposta por Collicchio et al. (1997).

Tabela 2. Escala de notas utilizada na avaliação da arquitetura de planta.

Nota	Especificação
1	Hábito I ou II, planta ereta uma haste e inserção alta das primeiras vagens
2	Hábito I ou II, planta ereta, com uma guia curta
3	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas ramificações
4	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas guias longas
5	Hábito II ou III, planta ereta, com muitas ramificações e tendência à prostrada
6	Hábito II ou III, planta semiereta, pouco prostrada
7	Hábito III, planta semiereta, pouco prostrada
8	Hábito III, prostrada
9	Hábito III, planta com internódios longos, muito prostrada

Fonte: Collicchio et al. (1997).

O aspecto comercial dos grãos foi avaliado por meio de uma escala de notas de 1 a 5 (Ramalho et al., 1998) adaptada por Melo (2020) para o feijão vermelho, a nota 1 refere-se ao padrão de grão vermelho: brilhante, não achatado, de formato elíptico e peso médio de 100 sementes entre 22 g e 24 g; nota 2 ao grão tipo vermelho com deficiência em uma das características mencionadas no padrão; nota 3 ao grão tipo vermelho com deficiência em duas das características mencionadas no padrão; nota 4 ao grão tipo vermelho com deficiência em três características mencionadas no padrão; e nota 5 ao grão totalmente fora do padrão vermelho.

A severidade de crestamento bacteriano comum foi avaliada em campo (ocorrência natural do patógeno *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), por meio de uma escala de notas, conforme proposto por Schoonhoven e Pastor Corrales (1987), com notas de 1 a 9, na qual: 1- sem sintomas visíveis, 3- Aproximadamente 2% da superfície foliar coberta com poucas e pequenas lesões. As vagens geralmente não apresentam lesões. 5- Aproximadamente 5% da superfície foliar ficam cobertas com pequenas lesões que começam a coalescer e em alguns casos são cercadas por um halo amarelo resultando em manchas menores. Lesões nas vagens são pequenas e não são coalescentes. 7- Aproximadamente 10% da superfície foliar ficam com médias e grandes lesões acompanhadas pelo halo amarelo e necrose. Lesões nas vagens são grandes e coalescentes e, frequentemente, mostram exsudatos bacteriano. 9- Mais que 25% da superfície foliar com grande coalescência e, geralmente, lesões necróticas resultando na desfolhação. Lesões nas vagens coalescentes e por extensivas áreas, exibindo abundante exsudação bacteriana e, às vezes, causa a má formação e aborto das vagens.

### 3.3 Análises Estatísticas

#### 3.3.1 Análises individuais e conjuntas de variância

Os dados de cada experimento de avaliação das 48 linhagens de feijões vermelho quanto as características mensuradas foram submetidas à análise individual de variância. Para isso, foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_j + g_i + e_{ij},$$

Em que,  $Y_{ij}$ : valor observado na parcela que recebeu a linhagem  $i$  no bloco  $j$ ;  $\mu$ : média geral do experimento;  $b_j$ : efeito do bloco  $j$ ;  $g_i$ : efeito da linhagem  $i$ ;  $e_{ij}$ : é o erro aleatório experimental associado à observação  $Y_{ij}$ . As médias das linhagens foram submetidas ao teste de Scott-Knott (Scott and Knott, 1974) para as variáveis em que foi observado efeito significativo de linhagens.

Os dados dos experimentos de avaliação de linhagens também foram submetidos a análise conjunta de variância conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + b/a_{jk} + g_i + a_j + ga_{ij} + e_{ijk},$$

Em que, valor observado na parcela que recebeu a linhagem  $i$ , no bloco  $k$ , do ambiente  $j$ ;  $\mu$ : média geral dos experimentos;  $b/a_{jk}$ : efeito do  $k$ -ésimo bloco dentro do  $j$ -ésimo ambiente;

$g_i$ : efeito da  $i$ -ésima linhagem;  $a_j$ : efeito do  $j$ -ésimo ambiente;  $ga_{ij}$ : efeito da interação da  $i$ -ésima linhagem com o  $j$ -ésimo ambiente;  $e_{ijk}$ : erro aleatório associado à observação  $Y_{ijk}$ .

As análises individuais, conjuntas e as estimativas das correlações fenotípicas e genotípicas para os caracteres avaliados foram realizadas utilizando-se o programa computacional GENES.

### 3.3.2 Decomposição da interação linhagens por ambientes (L x A)

Na presença de interação L x A foi realizada a sua decomposição na parte complexa conforme Cruz e Castoldi (1991), pela seguinte expressão:  $C = \sqrt{(1-r)2} \sqrt{Q1Q2}$ , em que: Q1 e Q2: quadrados médios de genótipos nos pares de ambientes; e r: correlação entre as médias das linhagens nos pares de ambientes.

### 3.3.3 Adaptabilidade das linhagens

O método do centroide proposto por Rocha (2005) foi empregado para identificar o padrão de adaptabilidade das 48 linhagens avaliadas quanto a produtividade de grãos. Este método baseou-se na comparação de valores de distância cartesiana entre as linhagens e quatro ideótipos, gerados com base nos dados experimentais para representar os padrões: adaptabilidade geral, adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e mínima adaptabilidade. Para utilização desse método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson (1963):  $I_j = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..}$ , em que, a média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $Y_{..}$  é o somatório das médias dos genótipos avaliados em todos os ambientes;  $g$  e  $a$  são os números de genótipos e ambientes, respectivamente. Aqueles ambientes que apresentarem média inferior à média geral dos experimentos, ou seja, índice ambiental negativo serão considerados desfavoráveis. Os ambientes favoráveis serão os que apresentam médias superiores à média geral dos experimentos, ou seja, possuírem índice positivo.

O ideótipo de adaptabilidade geral foi aquele que possuiu os valores médios mais elevados em todos os ambientes (ideótipo I). O ideótipo de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis foi o que apresentou máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II). Já o ideótipo de adaptabilidade a ambientes desfavoráveis (III) foi o que possuiu máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima

em ambientes favoráveis. O ideótipo de mínima adaptabilidade foi aquele que apresentou os menores valores observados em todos os ambientes estudados (ideótipo IV).

A distância euclidiana ( $d_i$ ) de cada linhagem avaliada em relação aos quatro ideótipos foi estimada e utilizada no cálculo da probabilidade espacial de cada linhagem ser alocada em cada uma das classes de adaptabilidade. Esta probabilidade espacial foi obtida conforme o seguinte estimador:

$$P_{d(i,j)} = \frac{\left(\frac{1}{d_i}\right)}{\sum_1^4 \frac{1}{d_i}}$$

Em que:  $P_{d(i,j)}$  é a probabilidade da  $i$ -ésima linhagem de apresentar padrão de adaptabilidade semelhante ao  $j$ -ésimo centroide e  $d_i$  é a distância do  $i$ -ésimo genótipo ao  $j$ -ésimo centroide. A classe de adaptabilidade predominante de uma linhagem será aquela que este possuir o maior valor de probabilidade espacial.

### **3.3.4 Seleção baseada em análise de fatores visando arquitetura de plantas e aspecto dos grãos**

A seleção das linhagens para arquitetura de plantas e aspecto de grãos foi realizada com o auxílio da análise de fatores. O percentual de 80% para representar a variação dos dados quanto aos caracteres utilizados nesta análise foi adotado para a escolha do número de fatores empregados. Uma vez determinado o número de fatores a serem empregados foram estimados os escores destes fatores para cada uma das linhagens. Para auxiliar na seleção foram utilizados os valores de nota igual a 3 para arquitetura de plantas e aspecto dos grãos como valor máximo para que uma linhagem fosse selecionada. Este valor de nota foi então convertido para os valores de escore dos fatores da análise para obtenção de um gráfico que permitisse a seleção das melhores linhagens para ambos os caracteres.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise conjunta de variância

Os efeitos de linhagens, ambientes e interação linhagens por ambientes (L x A) foram significativos ( $P < 0,01$ ) nas análises conjuntas de variância para todos os caracteres avaliados (Tabela 3). Uma vez que foi detectada presença de interação L x A verifica-se que as linhagens apresentaram respostas diferenciadas nos ambientes e, portanto, há necessidade de avaliar o desempenho de cada linhagem em cada experimento. Esse padrão diferenciado de resposta das linhagens é principalmente influenciado pelas diferentes condições edafoclimáticas nas safras que foram realizados os experimentos (Ribeiro et al., 2008). Segundo Cruz et al. (2012), a interação L x A se deve a expressão diferencial dos genes presentes nas linhagens. Portanto, a variação na resposta nas linhagens deste trabalho pode ter ocorrido devido aos genes expressos em cada safra serem diferentes. Ramalho et al. (1998) relataram que a interação mais expressiva no caso do feijoeiro é devida ao efeito de genótipos por safras. Isto ocorre pelo fato de o feijoeiro ser cultivado em três diferentes safras por ano (seca, outono-inverno e águas) e estas apresentarem condições de cultivo muito distintas.

Tabela 3- Resumo das análises de variância conjuntas de produtividade de grão ( $\text{kg/ha}^{-1}$ )

(PROD), aspecto de grão (AG), arquitetura de planta (ARQ) e severidade de cretamento bacteriano (CB), referente a avaliação das 48 linhagens de feijão vermelho.

FV	GL	Quadrados Médios			
		PROD	AG	ARQ	SCB
Bloco/Ambiente	10 (8)	404974,48	0,48	476,69	190,23
Linhagem (L)	47	701273,29**	7,35**	21,83**	444573,00**
Ambiente (A)	4 (3)	15905933,69**	5,96**	26,64**	18937327,00**
L x A	188 (141)	373468,38**	0,53**	2,32**	156022,00**
Resíduo	470 (376)	157419,17	0,14	114,10	116,43
Média		1986,21	3,39	4,96	6,32

<sup>1</sup>CV: Coeficiente de Variação experimental; <sup>2</sup>GL: Grau de Liberdade; <sup>3</sup>FV: Fonte de variação; <sup>4</sup>PROD: Produtividade; <sup>5</sup>AG: Aspeto do grão; <sup>6</sup>SCB: Severidade a cretamento bacteriano; \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do Autor (2023).

Os percentuais da parte complexa da interação linhagens por pares de ambientes para produtividade de grãos foram todos superiores a 50%, o que indica predomínio de interação complexa (Tabela 4). Esse predomínio deste tipo de interação fica evidente entre os pares de ambientes cujo o percentual desta estimativa foi superior a 100%. Esse fato é justificado devido

as baixas correlações entre os pares de ambientes, especialmente em casos com correlações negativas. Assim, observou-se linhagens com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, o que torna a seleção/recomendação mais complexa (CRUZ et al., 2004). Estudos de interação conduzidos por Pereira et al. (2010) também identificaram pares de ambientes com interação complexa.

Tabela 4 - Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte Complexa da interação linhagens por pares de ambientes para produtividade de grãos.

Ambientes	1	2	3	4	5
1		-0,31	0,17	-0,05	-0,03
2	114,53		0,19	0,39	0,26
3	89,19	88,69		0,32	0,23
4	102,32	77,95	82,08		0,33
5	97,01	78,92	75,48	73,21	

Ambiente 1: outono-inverno, 2020; Ambiente 2: águas, 2020; Ambiente 3: outono-inverno, 2021; Ambiente 4: águas, 2021; Ambiente 5: seca, 2022. A parte superior da diagonal principal representa valores de coeficiente de correlação de Persson e a inferior representa percentual da parte complexa das linhagens por par de ambiente.

Fonte: Do Autor (2023).

A semelhança do observado para produtividade de grãos, observou-se um predomínio de interação complexa de linhagens por ambientes para severidade de crestamento bacteriano. Os percentuais da parte complexa entre linhagens e pares de ambientes foram todos superiores a 50% (Tabela 5). Apesar das médias observadas nas avaliações para severidade de crestamento bacteriano apresentarem elevada magnitude (Material Suplementar – Anexo 4), que indica presença do patógeno no campo de modo a justificar estas avaliações, as correlações entre estes pares de ambientes foram de baixa magnitude. Isso indica mudança no ranqueamento das linhagens ao longo das avaliações. Isso pode ter ocorrido devido esta avaliação ser realizada em campo com ocorrência do patógeno em reboleiras, que torna a avaliação e consequentemente a seleção complexa.

A grande maioria dos trabalhos de avaliação da resistência ao CBC em *Phaseolus vulgaris* L., utilizam a avaliação do progresso da doença ao longo do tempo como base para determinação da resistência ou susceptibilidade (JUNG et al., 1999; DÍAZ et al., 2001; FININSA & YUEN, 2002; VAN MAANEN & XU, 2003; MARQUES et al., 2005; LIU et al., 2008, TRINDADE et al., 2012). Esta metodologia é consagrada na literatura e amplamente utilizada devido à sua precisão e acuidade, facilidade de aplicação e eficiência para discriminar indivíduos resistentes ou suscetíveis a um patógeno (JEGER & VILJANEN-ROLLINSON, 2001). Esta metodologia consiste na conversão de notas atribuídas ao progresso dos sintomas

da doença sobre algum órgão da planta, ao longo do tempo, em uma medida qualitativa que distingue indivíduos resistentes ou suscetíveis pelo cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AHAMED et al., 2004; JEGER, 2004).

Assim, constata-se que as avaliações em campo para crestamento bacteriano podem e devem ser realizadas, entretanto devem ocorrer na presença do patógeno e em diferentes safras, anos e locais, para que a seleção seja mais acurada.

Tabela 5 - Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte complexa da interação linhagens por pares de ambientes para severidade de crestamento bacteriano.

Ambiente <sup>+</sup>	1	2	3	4
1		0,22	0,26	0,56
2	83,01		0,28	0,36
3	80,56	84,80		0,19
4	61,66	79,11	89,53	

Ambiente 1: outono-inverno, 2020; Ambiente 2: águas, 2020; Ambiente 3: outono-inverno, 2021, ambiente 4: seca, 2022. A parte superior da diagonal principal representa valores de coeficiente de correlação de Persson e a inferior representa percentual da parte complexa das linhagens por par de ambiente.

Fonte: Do Autor (2023).

Apesar do predomínio da interação complexa entre linhagens e pares de ambientes para arquitetura de plantas, as correlações entre as avaliações foram de elevada magnitude e os percentuais da fração complexa foram próximos a 50% (Tabela 6). A interação entre linhagens e o par das avaliações realizadas no outono-inverno e águas de 2020 foi de natureza simples com percentual da fração complexa igual a 30,91% e correlação de 0,87. Tais resultados indicam que a seleção para este caráter não é tão difícil quanto ao observado para produtividade de grãos e severidade de crestamento bacteriano. A existência de interação do tipo complexa é dada pela falta de correlação entre os desempenhos dos genótipos nos diversos ambientes. Isso implica que haverá genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, tomando mais difícil a seleção e ou sua recomendação (CRUZ et al. 2004). Menezes Junior (2011) avaliando o progresso genético após dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho, observou o efeito significativo da interação x ambiente para arquitetura da planta.

Tabela 6 - Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte complexa da interação linhagens por pares de ambientes para arquitetura de plantas.

Ambiente <sup>+</sup>	1	2	3	4
1		0,86	0,59	0,69
2	30,91		0,58	0,73
3	56,57	64,16		0,62
4	54,24	50,16	57,71	

Ambiente 1: outono-inverno, 2020; Ambiente 2: águas, 2020; Ambiente 3: outono-inverno, 2021; Ambiente 4: seca, 2022.

Fonte: Do Autor (2023).

A interação linhagens por ambientes para aspecto de grãos foram predominantemente de natureza simples, uma vez que os percentuais desta parte foram em 83% dos pares de ambientes inferiores a 50%, com correlações entre estes pares de ambientes superiores a 0,72, que são consideradas elevadas (Tabela 7). Apesar do percentual da parte complexa ser superior a 50% para o par de experimentos realizados no outono-inverno e águas de 2021, este valor é muito próximo a este limiar e possui uma correlação de 0,67, o que não dificultaria a seleção para este caráter na média das quatro avaliações. Estes resultados demonstram, que, diferente dos demais caracteres, a seleção para aspecto dos grãos seria acurada se fosse realizada com base na média das quatro avaliações realizadas para este caráter. Estudos de interação conduzidos por Pereira et al. (2010) também identificaram pares de ambientes com interação simples e complexa.

Tabela 7 - Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson e do percentual da parte complexa da interação linhagens por pares de ambientes para aspecto dos grãos.

Ambiente <sup>+</sup>	1	2	3	4
1		0,72	0,82	0,87
2	47,67		0,66	0,78
3	28,74	55,29		0,76
4	34,11	44,13	40,23	

Ambiente 1: águas, 2020; Ambiente 2: outono-inverno, 2021; Ambiente 3: águas, 2021; Ambiente 4: seca, 2022.

Fonte: Do Autor (2023).

## 4.2 Análises individuais de variância

O efeito de linhagens foi significativo para todos os caracteres avaliados ( $P < 0,01$ ) em todos os experimentos e, portanto, pelo menos uma linhagem diferiu das demais em todas as avaliações (Tabela 8).

Todos os experimentos apresentaram valores de coeficiente de variação considerados adequados para todos os caracteres avaliados, uma vez que foram próximos aos observados na

literatura (Reis, 2022; Pereira, 2021; Dias, 2021; Melo, 2016; Prado, 2014; Menezes Júnior, 2011; Ramalho et al., 2005) com valores de coeficiente de variação para o caráter produtividade entre 14,02 e 24,59. Valores estes inferiores a 25% que é exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em ensaios de VCU. Os experimentos apresentaram médias de produtividade entre 1646,75 e 2536,75, superiores à média nacional de produtividade de grãos (1463 kg/ha). Destaca-se algumas linhagens como CIAT 10, CIAT 18, CIAT 22, UFV 3, UFV 6, UFV 11, UFV 15, BRSMG MARTE e BRSMG Ouro Vermelho, que apresentaram médias superiores a 2500 kg.ha<sup>-1</sup> (Material Suplementar – Anexo 1). Tais resultados indicam o elevado potencial genético produtivo destas linhagens de feijão vermelho.

Tabela 8 - Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>), Severidade de crestamento bacteriano, Arquitetura de plantas, Aspetto de grão nas safras outono-inverno e águas de 2020, outono-inverno e águas de 2021 e seca de 2022.

		<b>Produtividade de grão</b>				
FV	GL	<b>Quadrados Médios</b>				
		OV/2020 <sup>2</sup>	AG/2020 <sup>3</sup>	OV/2021 <sup>4</sup>	AG/2021 <sup>5</sup>	SC/2022 <sup>6</sup>
Bloco	2	111418,36	927960,45	784752,72	43734,56	157006,29
Linhagem (L)	47	420781,21**	462367,28**	600882,17**	486177,59**	224938,58**
Resíduo	94	204813,60	217886,00	158892,42	126544,60	78959,23
Média		1839,94	1950,82	1646,75	2536,75	1956,77
CV (%) <sup>1</sup>		24,59	23,93	24,21	14,02	14,36
		<b>Severidade de crestamento bacteriano</b>				
FV	GL	<b>Quadrados Médios</b>				
		OV/2020 <sup>2</sup>	AG/2020 <sup>3</sup>	OV/2021 <sup>4</sup>	SC/2022 <sup>5</sup>	
Bloco	2	4,84	0,18	0,48	2,09	
Linhagem (L)	47	3,38**	1,81**	1,82**	2,10**	
Resíduo	94	1,67	0,79	0,98	1,20	
Média		5,33	5,52	7,80	6,66	
CV (%) <sup>1</sup>		24,32	16,10	12,73	16,47	
		<b>Arquitetura de plantas</b>				
FV	GL	<b>Quadrados Médios</b>				
		OV/2020 <sup>2</sup>	AG/2020 <sup>3</sup>	OV/2021 <sup>4</sup>	SC/2022 <sup>5</sup>	
Bloco	2	2,79	5,02	1,99	9,25	
Linhagem (L)	47	9,55**	6,11**	5,15**	7,97**	
Resíduo	94	1,47	1,11	1,08	0,87	
Média		4,55	4,94	4,81	5,56	
CV (%) <sup>1</sup>		26,74	21,47	21,65	16,81	
		<b>Aspecto dos grãos</b>				
FV	GL	<b>Quadrados Médios</b>				
		AG/2020 <sup>3</sup>	OV/2021 <sup>4</sup>	AG/2021 <sup>5</sup>	SC/2022 <sup>6</sup>	
Bloco	2	0,60	0,85	0,41	0,06	

Linhagem (L)	47	3,03**	1,94**	1,38**	2,58**
Resíduo	94	0,15	0,22	0,14	0,06
Média		3,50	3,17	3,61	3,29
CV (%) <sup>1</sup>		11,38	15,15	10,61	7,71

<sup>1</sup>CV (%): Coeficiente de variação experimental; <sup>2</sup>OV/2020: outono-inverno, 2020; <sup>3</sup>AG/2020: águas, 2020; <sup>4</sup>OV/2021: outono-inverno, 2021; <sup>5</sup>AG/2021: águas, 2021; <sup>6</sup>SC/2022: seca, 2022; \*\* significativo a 1 de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do Autor (2023).

Os experimentos apresentaram médias de produtividade entre 1646,75 e 2536,75, superiores à média nacional de produtividade de grãos (1463 kg/ha). Destaca-se algumas linhagens como CIAT 10, CIAT 18, CIAT 22, UFV 3, UFV 6, UFV 11, UFV 15, BRSMG MARTE e BRSMG Ouro Vermelho, que apresentaram médias superiores a 2500 kg.ha<sup>-1</sup> (Material Suplementar – Anexo 1). Tais resultados indicam o elevado potencial genético produtivo destas linhagens de feijão vermelho.

Estudos realizados por Silva (2005), obteve a média de produtividade de 1904 kg.ha<sup>-1</sup> avaliando as linhagens de feijão vermelho, onde as linhagens VR6 e VR11 tiveram maior média na safra do inverno com 3364 kg.ha<sup>-1</sup> e 3074 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Prado (2014) avaliando o potencial de famílias e linhagens de feijão-vermelho do Programa de Seleção Recorrente da UFV, observou a média de 3945 kg.ha<sup>-1</sup>.

As médias dos experimentos para a severidade de crestamento bacteriano foram consideradas elevadas (Tabela 8); uma vez que foram superiores a 5,33. Além disso, em todos os experimentos a menor média de uma linhagem avaliada foi igual 4,07. Portanto, verifica-se que a incidência desta doença foi alta em todos os experimentos e que não foram observadas linhagens com notas inferiores a três, que poderiam ser consideradas resistentes. Tais resultados demonstram que é necessário identificar potenciais linhagens resistentes para serem utilizadas como genitoras em programas de melhoramento de feijão vermelho. Apesar de não serem registradas muitas linhagens resistentes ao crestamento bacteriano, pode-se citar a cultivar de feijão vermelho Rio Rojo, desenvolvida na “*North Dakota State University*”, que apresenta resistência intermediária (OSORNO, 2013).

Apesar das médias dos experimentos para arquitetura de planta serem superiores a 4,55, foram observadas linhagens com média inferior a 3 (Tabela 8); que são consideradas adaptadas a colheita mecanizada (Material Suplementar – Anexo 3). Destaca-se as linhagens CIAT 5, CIAT 21 e UFV 12, que foram alocadas no mesmo grupo das cultivares Safira e BRSMG Marte (MAPA, 2023), que apresenta plantas adaptadas a colheita mecanizada.

As notas médias dos experimentos para aspecto de grão variaram de 3,17 a 3,61 (Tabela 8). Apesar destas médias serem elevadas, foram observadas linhagens com bom aspecto de grão como CIAT 2, CIAT 5, UFV 5 e OVR (Material Suplementar – Anexo 2). Esta última linhagem além de apresentar bom aspecto de grão, é oriunda do programa de melhoramento do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO), que visa desenvolver linhagens resistentes a antracnose e ferrugem (COSTA, 2007). Além destas linhagens, destaca-se a testemunha Ouro Vermelho que é referência quanto a este caráter.

### 4.3 Adaptabilidade das linhagens de feijão vermelho

As linhagens CIAT 7, CIAT 10, CIAT 13, CIAT 14, CIAT 15, CIAT 16, CIAT 19, UFV 3, UFV 5, UFV 6, UFV 8, UFV 10, UFV 11, UFV 12, UFV 15 e Safira foram classificados na classe de adaptabilidade geral (Tabela 9). Observa-se que as sete linhagens do CIAT, apesar de não serem desenvolvidas na região de Lavras, ainda sim apresentaram bom desempenho produtivo nesta região. Destaca-se a linhagem CIAT 19 que apresentou a maior probabilidade dentre todas as linhagens de ser alocada nesta classe de adaptabilidade geral. Destaca-se também a cultivar Safira que além de apresentar ampla adaptabilidade ao longo das safras também possui plantas com arquitetura adaptada a colheita mecanizada. Assim, estas linhagens são candidatas a futuros ensaios de VCU ou para ser incluídas em blocos de cruzamento.

As linhagens CIAT 18, CIAT 20, CIAT 22, VR 22, e UFV 14 foram classificados na classe de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Tabela 9). Assim, estas linhagens apresentaram bom desempenho somente em experimentos de baixa média e poderiam ser consideradas mais rústicas e serem melhor avaliadas com o intuito de serem recomendadas para condições de baixa tecnologia. Já as linhagens CIAT 2, CIAT 5, CIAT 6, CIAT 8, CIAT 9, CIAT 11, CIAT 12, CIAT 16, CIAT 23, UFV 2, UFV 4, UFV 13 foram alocadas na classe de adaptabilidade a ambientes favoráveis (Tabela 9).

Tabela 9 - Médias de produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), classificação quanto à adaptabilidade e probabilidade das linhagens de pertencer a cada classe de adaptabilidade, segundo Rocha et al. (2005).

ID	Linhagens	Média	Classif.	Prob (I)	Prob(II)	Prob(III)	Prob(IV)
1	CIAT 20	2018,88	III	26,24	21,23	29,63	22,9
2	Vermelhinho	1711,11	IV	20,26	23,31	24,96	31,48
3	CIAT 16	1983,05	II	24,78	26,64	23,5	25,07
4	CIAT 10	2196,11	I	30,63	21,28	27,82	20,27
5	UFV 1	1744,44	IV	20,28	28,68	20,81	30,23

6	UFV 11	2240,00	I	31,78	20,76	27,9	19,56
7	VR 22	1833,33	III	22,35	22,25	27,79	27,6
8	CIAT 13	2050,00	I	26,31	25,17	24,74	23,78
9	UFV 8	2388,33	I	35,62	20,76	25,55	18,07
10	UFV 3	2097,77	I	28,19	23,37	26,23	22,21
11	BRSMG Marte	1807,50	II	20,55	32,24	19,29	27,93
12	Safira	2214,37	I	28,40	25,72	23,76	22,12
13	Ouro Vermelho	2083,05	III	26,22	22,35	28,00	23,42
14	UFV 15	2180,00	I	30,90	21,68	27,16	20,26
15	UFV 6	2210,00	I	30,33	23,69	25,07	20,91
16	CIAT 23	2031,38	II	25,02	27,74	22,64	24,6
17	UFV 4	2005,00	II	25,04	25,09	24,91	24,96
18	CIAT 1	1898,61	IV	22,9	23,83	25,94	27,33
19	UFV 14	2001,38	III	25,00	23,11	27,13	24,76
20	CIAT 12	1942,77	II	23,35	28,28	22,15	26,22
21	CIAT 17	1838,33	IV	22,28	24,36	25,13	28,23
22	CIAT 21	1606,38	IV	18,02	26,79	20,02	35,16
23	UFV 10	2486,77	I	38,17	13,46	35,05	13,31
24	CIAT 19	2456,66	I	40,14	16,82	27,65	15,39
25	CIAT 2	1907,50	II	22,86	30,64	20,65	25,85
26	VR 25	1646,11	IV	19,09	24,91	22,3	33,70
27	CIAT 15	2092,22	I	27,96	22,48	27,39	22,18
28	UFV 16	2058,33	I	27,57	23,36	26,43	22,65
29	CIAT 9	2142,22	II	26,79	27,71	22,48	23,02
30	CIAT 8	1970,00	II	23,58	28,53	22,01	25,87
31	UFV 5	1986,66	I	25,57	25,25	24,73	24,44
32	CIAT 7	2206,38	I	30,62	22,68	26,07	20,63
33	OVR	1759,44	IV	20,23	27,16	21,66	30,95
34	CIAT 3	1892,22	IV	23,36	24,39	25,46	26,80
35	CIAT 14	2069,72	I	26,83	23,18	26,82	23,17
36	UFV 2	1830,00	II	20,60	29,6	20,5	29,3
37	CIAT 6	2041,38	II	25,08	26,84	23,34	24,74
38	VR 26	1905,00	IV	23,09	23,63	26,24	27,04
39	CIAT 5	1798,33	II	19,75	31,73	19,14	29,38
40	CIAT 11	1995,00	II	24,70	26,03	24,03	25,24
41	CIAT 4	1769,44	IV	19,90	28,12	20,88	31,1
42	PUAD	1408,88	IV	15,86	27,94	17,26	38,94
43	UFV 13	1991,11	II	24,08	28,48	22,1	25,35
44	CIAT 22	2108,88	III	27,44	21,11	29,47	21,99
45	CIAT 18	2095,55	III	26,66	20,85	30,11	22,38
46	UFV 7	1815,27	IV	21,03	25,60	23,3	30,07
47	UFV 12	2161,57	I	29,32	22,95	26,31	21,42
48	UFV 9	1661,38	IV	17,89	27,55	19,53	35,03

\*Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Ideótipo IV = pouco adaptado (--). Prob. - Probabilidade, Trat.- Tratamento e Classif. Classificação.

Fonte: Do Autor (2023).

Observa-se que as linhagens do CIAT foram as que predominaram nesta classe e, portanto, estas necessitam de melhores condições de cultivo para expressarem seu alto potencial produtivo. A seleção de linhagens para serem incorporadas em ensaios de VCU deve ser a mais acurada possível para que se tenha sucesso na futura recomendação de uma nova cultivar. Entretanto, a presença de interação linhagens por ambientes é um dos principais desafios na seleção dos programas de melhoramento de qualquer cultura, especialmente do feijoeiro, que é cultivado em três safras bastante distintas (BORÉM e CARNEIRO, 2015). O efeito de safra tem demonstrado ser o que mais contribui para a presença de interação linhagens por ambientes, uma vez que safras diferentes apresentam incidência de patógenos e condições climáticas diferentes. Assim, segundo Cruz et al. (2012) na presença de interação linhagens por ambientes é necessário o auxílio de metodologias de adaptabilidade que permitam realizar um estudo pormenorizado das linhagens, já que esta interação consome a variabilidade na média das linhagens nos vários experimentos.

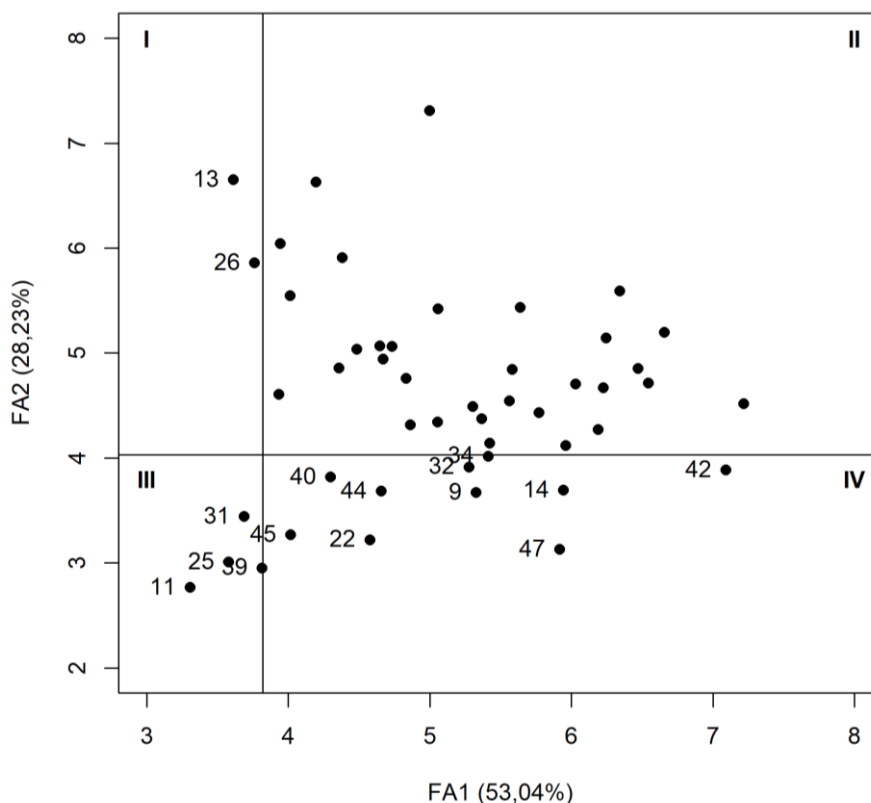
Estudos como este realizado também desempenham importante papel na seleção de linhagens para inclusão como genitoras em blocos de cruzamento. A UFLA tem conduzido com sucesso programas de seleção recorrente na cultura do feijoeiro, especialmente do tipo comercial carioca. Lemos et al. (2020) analisaram o progresso genético obtido para a produtividade de grãos durante 50 anos do programa de melhoramento genético da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e estimaram um ganho de 0,35% ao ano. Pereira (2021), avaliando quatro ciclos de seleção recorrente em feijão vermelho, obtiveram progresso genético em torno de 5% para produtividade de grãos, 6,31% para arquitetura da planta e para aspecto comercial dos grãos não houve progresso genético. O progresso genético obtido durante 43 anos de melhoramento do feijoeiro comum do tipo carioca no Brasil foi estimado por Barili et al. (2016). Os autores afirmaram que os ganhos em produtividade de grãos tornaram-se efetivos a partir de 1990, resultando em ganhos anuais de 6,74% ou 68.15 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A partir de um conjunto de 40 cultivares lançadas entre os anos de 1970 a 2017, representando um período de 50 anos de melhoramento da cultura, Zeffa et al. (2020) observaram progresso genético de 0,53% ou 13,1 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Uma das vantagens da seleção recorrente é a possibilidade de inclusão de novos genitores nos blocos de recombinação ao longo dos ciclos. Assim, tanto linhagens com adaptabilidade geral ou específica tem potencial para serem utilizadas como genitoras. A utilização de linhagens de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis é justificável se estiver interessado na acumulação de alelos de genes expressos em condições de baixa tecnologia com menor uso de insumos. Já as de adaptabilidade

a ambientes favoráveis podem ser utilizadas como genitoras se o interesse é por genótipos que respondem a melhoria do ambiente.

#### 4.4 Análise de fatores aplicada a seleção das linhagens

A seleção simultânea quanto a aspecto de grãos e arquitetura de plantas foi realizada com o auxílio da análise de fatores, na qual os dois primeiros fatores explicaram 53,04% e 28,23% desta variação (Figura 1). O valor total da variação explicada por estes dois fatores de 81,27% foi considerado adequado para realizar uma seleção acurada das linhagens de feijão vermelho. Os escores do primeiro fator apresentaram correlações com todas as avaliações para aspecto dos grãos superior a 0,88, de modo que a seleção para este caráter pode ser realizada por meio do emprego do primeiro fator. Já os escores do segundo fator apresentaram correlações superiores a 0,79 com a arquitetura de plantas, o que justifica a seleção para este caráter ser realizada com base no segundo fator.

Figura 1 - Análise de fatores associada a arquitetura da planta e aspecto de grão.



<sup>1</sup>FA1: fator 1, <sup>2</sup>FA2: fator 2, 11- (BRSMG MARTE), 25- (CIAT 2), 39- (CIAT 5), 31- (UFV 5), 45- (CIAT 18), 13- (BRSMG Ouro Vermelho), 26- (VR 25), 40- (CIAT 11), 22- (CIAT 21), 44- (CIAT 22), 42- (PAUD), 32- (CIAT 7), 34- (CIAT 3), 9- (UFV 8), 14- (UFV 15), 47- (UFV 12).

Linha vertical é escore associado ao ideótipo que possui notas de arquitetura de plantas, linha horizontal é escore associado a aspecto de grãos.

Fonte: Do autor (2023).

As linhagens BRSMG Marte, UFV 5, CIAT 2 e CIAT 5 demonstraram ser promissoras quanto a aspecto dos grãos e arquitetura de plantas, pois se localizaram no quadrante III, que apresenta baixos valores de escore nos fatores 1 e 2. Além disso, os escores dessas linhagens são a baixo dos escores do ideótipo para estes caracteres, que possui notas de arquitetura de plantas e aspecto de grãos inferiores a nota 3. Além disso, as linhagens BRSMG-Marte, CIAT 2 e CIAT 5, apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis, enquanto que a UFV 5 apresentou adaptabilidade geral (tabela 9). Portanto, essa linhagem selecionada tem potencial para serem incluídas em ensaios de VCU como também para serem utilizadas como genitoras visando ambos os caracteres simultaneamente.

Outras linhagens como BRSMG Ouro Vermelho e VR 25 podem ser utilizadas como possíveis genitoras somente para aspecto dos grãos, pois estão alocadas no quadrante I, ao qual apresentam baixos valores de escore para o fator 1 e altos para o escore 2. Já para arquitetura de plantas também se destaca as linhagens CIAT 11, CIAT 21, CIAT 22, PAUD, CIAT 7, CIAT 3, UFV 8, UFV 15 e UFV 12, pois estas estão localizadas no quadrante IV, que apresentam altos valores de escore para o fator 1 e baixos valores de escore para o fator 2. Uma alternativa para utilizar como genitoras, além das linhagens do quadrante III, é realizar dialelos parciais, de modo que, um grupo de genitores poderia ser aquelas linhagens alocadas no quadrante I e no outro grupo estariam as linhagens alocadas no quadrante IV.

A metodologia de análise de fatores demonstrou ser adequada para auxiliar na seleção simultânea de linhagens de feijão vermelho tanto com o objetivo de selecionar genitores como para seleção de linhagens para inclusão em ensaio de VCU. A análise de fatores tem sido utilizada tanto com o propósito de seleção simultânea como para estudos de interação genótipos por ambientes. Rocha et al. (2008) propôs o índice FAI-BLUP baseado na análise de fatores, que se demonstrou ser acurado na seleção de genótipos de capim elefante. Murakami et al. (2004) utilizaram a metodologia de análise de fatores para estratificação ambientes de modo que os fatores reuniram ambientes com elevada correlação. Estes autores também utilizaram esta metodologia para realizar a recomendação de linhagens baseada nesta estratificação.

## **5 CONCLUSÃO**

As linhagens BRSMG Marte, UFV 5, CIAT 2 e CIAT 5 tem potencial para serem utilizadas em blocos de cruzamentos em programas de melhoramento de feijão vermelho pois demonstraram elevado potencial produtivo, boa adaptabilidade, grãos com aceitação comercial e plantas com arquitetura ereta. Por isso, as linhagens UFV 5, CIAT 2 e CIAT 5 tem potencial para serem incluídas em ensaios de valor de cultivo e uso.

## REFERÊNCIAS

- AMARO G. B.; ABREU A. F. B.; RAMALHO M. A. P.; SILVA F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, p. 584-588, 2007.
- ARANTES, L. O.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M.A.P. Eight cycles of recurrent selection for resistance to angular leaf spot in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 232-237, 2010.
- ALVES, A.F; MENEZES JÚNIOR J. A. N.; MENEZES SILVA, V. M. P.; CARNEIRO, J. E. S.; CARNEIRO, P. C. S.; ALVES, Andreia. Genetic progress and potential of common bean families obtained by recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, vol. 15, p. 218-226, 2015.
- ARANTES, L. C.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Eight cycles of recurrent Selection for resistance to angular leaf spot in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, vol. 10, p. 232-237, 2010.
- BAENZIGER, P. S.; PETERSON, C. J. Genetic variation: its origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H.T. e J.P. MURPHY. **Plant breeding in the 1990's**. Wallingford, CAB International, p.69-100, 1991.
- BALDONI, A. B.; TEIXEIRA, F. F.; DOS SANTOS, J. B. Controle genético de alguns caracteres relacionados à cor da semente de feijão no cruzamento Rosinha X Esal 693. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, p. 1427-1431, 2002.
- BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. Eficiência de índices de seleção na identificação de Clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 33, p. 149-156, 1998.
- BRANQUINHO, R. G.; DUARTE, J. B.; SOUZA, P. I. M.; SILVA NETO, S. P.; PACHECO, R. M. Estratificação ambiental e otimização de rede de ensaios de genótipos de soja no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 49, n. 10, p. 783-795, 2014.
- BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 33, p. 149-156, 1998.
- BEM, E. M. A. de; **Seleção de linhagens de feijão carioca para ensaios de Valor de Cultivo e Uso**. 2012. 45 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BOTELHO, F. B. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; ROSA, H. J. A. Multiline as a strategy to reduce damage caused by *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean.

**Journal of Phytopathology**, Online: 28 set. 2010.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: CARNEIRO, J. E.; JÚNIOR, T. J. DE. P.; BORÉM, A. Feijão do plantio à colheita. Ed. UFV. Viçosa - MG. p. 09 - 15. 2015.

CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S.; SILVA, D. Selecciona based on distances from ideotype. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, vol. 2, p. 171-178, 2002.

CARNEIRO, J. E. S., DA SILVA, L. C., DE PAULA JÚNIOR, T. J., ARAÚJO, G. A. A., CARNEIRO, P. C. S., DEL GIÚDICE, M. P., ... E ABREU, A. de F. B., A. Ouro Vermelho': new red bean cultivar for Minas Gerais, Brazil. **Annual report-bean improvement cooperative**, v. 49, p. 281, 2006.

CHAVES, L. J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). Recursos Genéticos & Melhoramento de Plantas. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2001. p. 673-713.

COLLICCHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos**. 1995. 98 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 7, Safra 2019/2020, n. 4 – Quarto levantamento. p. 1- 104., 2020.

Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >. Acesso em: 3 abris 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2021/22, 1º levantamento. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/ grãos>. Acesso em: 07 out. 2021a.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 7, Safra 2019/2020, n. 4 – Quarto levantamento. p. 1- 104., 2020.

Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >.

COSTA, L. C. et al. Mapeamento de genes de resistência a diferentes isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* e seleção recorrente visando à resistência a antracnose do

feijoeiro. 2019. 109 p. **Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Vegetal)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

COSTA, M. R.; TANURE, J. P. M.; ARRUDA, K. M. A.; CARNEIRO, J. E. S.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Development and characterization of common black bean lines resistant to anthracnose, rust and angular leaf spot in Brazil. **Euphytica** Wageningen, v. 176, p. 149-156, 2010.

COSTA, M.R., **Melhoramento de feijões preto e vermelho visando a resistência à antracnose, ferrugem e mancha-angular, com auxílio de marcadores moleculares**. Tese (doutorado em genética e melhoramento) - universidade federal de viçosa, viçosa, mg, 2007.

COUTO M. A.; SANTOS J. B.; FERREIRA J. L. Melhoramento do feijoeiro comum com grão tipo carioca, visando resistência à antracnose e à mancha-angular. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1643-1648, 2008.

CUNHA, W.G.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, p. 379-386, 2005.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, vol. 12, p. 567-580, 1989.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014. 668 p.

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

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01\\_69\\_1162003151646.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_69_1162003151646.html)>. Acesso em: 20 jun. 2021.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agriculture Research**, vol. 14, p. 742-754, 1963.

- FREITAS, R. M. Progresso genético de três ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal)) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2012.
- GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, vol. 58, p. 253-267, 1999.
- GARCIA, R. E.; ROBINSON, R. A.; AGUILAR, J. A. P.; SANDOVAL, S. I.; GUZMAN, R. P. Recurrent selection for quantitative resistance to soil borne diseases in beans in the Mixteca region, México. **Euphytica**, vol. 130, p. 241-247, 2003.
- GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9, 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Genética e Melhoramento de plantas, 2005. p. 1-8.
- GONÇALVES et al. Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos especiais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, Lavras, 2010.
- HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Plant Breeding Reviews**, New York, p. 115-179, 1992.
- HOLTZ, V., SOKOLOWSKI, K. J. O., DE ALENCAR, R. G., JARDIM, C. C. S., MASSOLA, M. P., e OLIVEIRA, D. G. Perdas na colheita mecanizada direta de feijão cultivado em área irrigada por pivô central. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.10, n.1, p.10-19, 2018.
- IBRAFE – Instituto Brasileiro de Feijão e Pulses. **O que são pulses?** 2020. Disponível em:<https://www.ibrafe.org/o-que-sao-pulses/>. Acesso em: 11 de dezembro de 2022.
- LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; SANTOS, V. S.; SILVA, S. O.; PEIXOTO, C. P. Seleção de híbridos diplóides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, vol. 69, p. 525-534, 2010.
- LEMOS, R.C., ABREU, A.F., SOUZA, E.A., SANTOS.J.B., RAMALHO, M.A.P., A half century of a bean breeding program in the South and Alto Paranaíba regions of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 20(2): e295420211, 2020.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A. Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal Plant Science**, vol. 68, p. 193-198, 1988.
- JINKS, J. L.; POONI, H.S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**. v. 36, p. 253-266, 1976.
- MAIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ARAÚJO, L. B.; DIAS, C. T. S.; OLIVEIRA, L. C.; ROCHA, M. M. Interação genótipo x ambiente com uso da análise de componentes principais

para populações de soja selecionadas para resistência a insetos. **Revista Brasileira de Biometria, Jaboticabal**, v. 31, n. 1, p. 13-27, 2013.

MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JUNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 42, n. 11, p. 1567-1575, 2007.

MENEZES JÚNIOR J. A. N.; RAMALHO M. A. P.; ABREU A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, vol. 67, p. 833-838, 2008.

MELO C. L. P.; CARNEIRO J. E. S.; CARNEIRO P. C. S.; CRUZ C. D.; BARROS E. G.; MOREIRA M. A. Linhagens de feijão do cruzamento „Ouro Negro` x `Pérola` com características agronômicas favoráveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1593-1598, 2006.

MELO, L. C. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.5, p.715-723. Brasília, 2007.

MELO, V. L. Seleção recorrente em feijão vermelho. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

MELO, V.L. **Seleção de progênes de feijoeiro usando modelos mistos com diferentes estruturas de covariâncias**. 2020.78 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. **Seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho**. 2011. 70 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa nº 25, de 23 de maio de 2006**. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares (RNC), Brasília, DF, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Cadeias Produtivas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/plano-para-aumentar-producao-de-feijao-e-pulses-e-lancado-no-mapa>> Acesso em: 18 de abr. 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Mapa. 2012. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br/internacional/negociacoes/multilaterais/codexalimentarius](http://www.agricultura.gov.br/internacional/negociacoes/multilaterais/codexalimentarius)>. Acesso em: 12 dez. 2023.

MORAIS, O. P.; ABBUD, N. S. **Subsídios para avaliação do progresso genético dos programas estaduais de melhoramento de arroz no Brasil**. Goiânia: Embrapa- CNPAF, 26 p., 1993.

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

MURAKAMI AND CRUZ (2004). Proposal of methodologies for environment stratification and analysis of genotype adaptability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 4:7-11, 2004.

MODA-CIRINO, V., GERAGE, A. C., RIEDE, C. R., SERA, G. H., TAKAHASHI, M., ABBUD, N. S., NAZARENO, N. R. X., ARAÚJO, P. M., AULER, P. M., NYAMAOKA, NR. S., SERA, T., E ALMEIDA, W. P. (2012). Plant breeding at Instituto Agronômico do Paraná: IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 12, 25-30.  
<https://doi.org/10.1590/S1984-70332012000500004>.

NAY, M. M., SOUZA, T. L., RAATZ, B., MUKANKUSI, C. M., GONÇALVES-VIDIGAL, M. C., ABREU, A. F., ... & PASTOR-CORRALES, M. A. A review of angular leaf spot resistance in common bean. **Crop Science**, 201

OSORNO, J.M., GRAFTON, K.F., VANDER WAL, A.J., GEGNER, S.L., A New Small Red Bean with Improved Resistance to Common Bacterial Blight: Registration of ‘Rio Rojo’. **Journal of Plant Registrations**, 2013.

PATÍÑO, H. & SINGH, S. P. **Respuesta a la selección visual para rendimiento en generaciones F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> em frijol**, *Phaseolus vulgaris* L. Cali, 1988. P. 417. (Temas actuales em el mejor amiento genético del frijol comum, CIAT Documento 47).

PEREIRA, H. S. et al. Interação entre genótipos de feijoeiro e ambientes no Estado de Pernambuco: estabilidade, estratificação ambiental e decomposição da interação. **Semina: Ciências Agrárias**, vol.34, n.6, p.2603-2613, 2013.

PEREIRA, T. C. V. et al. Reflexo da interação genótipo x ambiente sobre o melhoramento genético de feijão. **Cienc. Rural** vol.46; no.3; Santa Maria, 2015.

PEREIRA, T. et al. Diversity in common bean landraces from South-Brazil. **Acta Botanica Croatica**, v. 68, n. 1, p. 79-92, 2009.

PEREIRA, G. S., **Melhoramento de feijão vermelho por seleção recorrente na UFV: potencial de linhagens e famílias e progresso genético**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.

PIRES L. P. M.; RAMALHO M. A. P.; ABREU A. F. B; FERREIRA M. C. Recurrent mass selection for upright plant architecture in common bean. **Scientia Agricola** 71: 240-243, 2014.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant Science**, vol. 49, p. 803-804, 1969.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. **America Potato Journal**, vol. 36, p. 381-385, 1959.

PRADO, E. E.; HIROMOTO, D. M.; GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; RAMALHO, A. R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 36, n. 4, p. 625-635, 2001.

PRADO, A. L. **Potencial de famílias e linhagens de feijão-vermelho do programa de seleção recorrente da Universidade Federal de Viçosa**. 2014. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas; aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora UFG, 271 p., 1993.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. F. B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 33, p. 1989-1994, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005, 322 p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, p. 23-29, 2005.

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

REZENDE, B. A.; ABREU, Â. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; DE SOUZA, E. A. Severity evaluation methods in common bean recurrent selection programme for resistance to angular leaf spot. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 10, p. 643–649, 2014.

REZENDE JÚNIOR, Laércio da Silva. Potencial de populações de feijão carioca para precocidade. 2016. 32 f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016

REIS, M.E.R., **Desempenho de genótipos de feijoeiro comum, do grupo preto, em diferentes épocas de semeadura**. Monografia Universidade Federal de Uberlândia, Agrônomo. 2022.

- ROCHA, G. S. **Desempenho produtivo e resistência a patógenos em populações de feijão do tipo carioca**. 2008. 63 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SILVA, L. C. Recomendação de Cultivares de Feijão Vermelho para o Estado de Minas Gerais. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal)) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2005.
- SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p.23-30, 2006.
- SILVA, K. J. D.; FREIRE, C. N. de S.; SOUZA, E. A. de; SARTORATO, A. Variabilidade Patogênica entre Isolados de *Phaeoisariopsis griseola*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **CD-Rom...** São Lourenço: SBMP, 2007.
- SILVA, F. B., RAMALHO, M. A. P., & ABREU, Â. D. F. B. (2007). Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro'Carioca'. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 42(10), 1437-1442.
- SILVA, G. S.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; NUNES, J. A. R. Estimation of genetic progress after eight cycles of recurrent selection for common bean yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 4, p.181-351-356, 2010.
- SINGH, S. P.; TERÁN, H.; MUÑOZ, C. G.; TAKEGAMI, J. C. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 391-397, mar. /apr. 1999.
- SOUZA, A. A. de., BRITO, O. G., DE OLIVEIRA, M. B., MEDEIROS, J. C., LACERDA, M. L., DE SOUZA, V. B., e DE CARVALHO, A. J. **Produtividade de Genótipos de Feijão-Comum em Ensaio de VCU do Grupo Cores, no Norte de Minas Gerais, Conduzidos na “Safrade Inverno” do Ano 2013**. 2013.
- VIEIRA, C. **Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão**. Viçosa-UFV, Divisão de Gráfica Universitária, 2005, 214 p.
- VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S. Melhoramento do Feijão. In: BORÉM (Ed.), **A. Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 301-391. 2005.
- VIEIRA, C., ARAÚJO, G. A. A., CARDOSO, A. A. Triagem de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em busca de fontes de tolerância à baixa temperatura - II. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 271, p. 337-348, 2000.

## MATERIAL SUPLEMENTAR- ANEXOS

ANEXO 1: Média de produtividade de grão (kg/ha) referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de inverno e águas de 2020, inverno e águas 2021 e seca 2022.

Trat	Linhagem	INV 2020	Águas 2020	Inv 2021	Águas 2021	Seca 2022
		Media	Media	Media	Media	Media
1	CIAT-20	1694,44 a	2347,22 a	1966,66 b	3361,11 a	2530,55 a
2	Vermelhinho	1445,83 a	1666,66 a	1913,88 b	3166,66 a	2516,66 a
3	CIAT-16	1766,66 a	1744,44 a	1823,61 b	3152,77 a	2336,11 a
4	CIAT-10	1977,77 a	1683,33 a	2355,55 b	3097,22 a	2269,44 a
5	UFV-1	838,88 a	2186,11 a	1125,00 c	3080,55 a	2254,16 a
6	UFV-11	2095,83 a	1972,22 a	2066,66 b	2966,66 a	2238,88 a
7	VR_22	1750,00 a	2241,66 a	1508,33 c	2913,88 a	2225,00 a
8	CIAT-13	1586,11 a	1900,00 a	1872,22 b	2905,55 a	2197,22 a
9	UFV-8	1313,88 a	2769,44 a	2355,55 b	2897,22 a	2180,55 a
10	UFV-3	2055,55 a	2113,88 a	1808,33 b	2877,77 a	2180,55 a
11	BRSMG MARTE	1358,33 a	1983,33 a	1387,50 c	2875,00 a	2175,00 a
12	Safira	2024,66 a	2033,33 a	1330,55 c	2836,11 a	2175,00 a
13	Ouro Vermelho	2416,66 a	2204,16 a	1266,66 c	2811,11 a	2172,22 a
14	UFV-15	2086,11 a	2094,44 a	2058,33 b	2795,83 a	2152,77 a
15	UFV-6	2102,77 a	2483,33 a	1533,33 c	2788,88 a	2147,22 a
16	CIAT-23	2183,33 a	1754,16 a	1388,88 c	2738,88 a	2144,44 a
17	UFV-4	1791,66 a	1838,88 a	1691,66 c	2722,22 a	2141,66 a
18	CIAT-1	2369,44 a	1765,27 a	1304,16 c	2719,44 a	2083,33 a
19	UFV-14	2027,77 a	1802,77 a	1729,16 c	2716,66 a	2063,88 a
20	CIAT-12	1750,00 a	1644,44 a	1683,33 c	2702,77 a	2041,66 a
21	CIAT-17	2066,66 a	1994,44 a	1397,22 c	2686,11 a	1983,33 b
22	CIAT-21	1691,66 a	1841,66 a	770,83 c	2641,66 a	1972,22 b
23	UFV-10	2411,11 a	2014,44 a	3208,33 a	2641,66 a	1958,33 b
24	CIAT-19	2730,55 a	2341,66 a	2319,44 b	2627,77 a	1947,22 b
25	CIAT-2	1654,16 a	2055,55 a	1447,22 c	2619,44 a	1938,88 b
26	VR-25	1622,22 a	1986,11 a	1063,88 c	2583,33 a	1933,33 b
27	CIAT-15	1979,16 a	1913,88 a	2012,50 b	2555,55 a	1913,88 b
28	UFV-16	1958,33 a	1808,33 a	2166,66 b	2550,00 a	1911,11 b
29	CIAT-9	1738,88 a	1647,22 a	1641,66 c	2536,11 a	1900,00 b
30	CIAT-8	1427,77 a	2438,88 a	866,66 c	2391,66 b	1877,77 b
31	UFV-5	1694,44 a	2302,77 a	1658,33 c	2355,55 b	1852,77 b
32	CIAT-7	1808,33 a	1827,77 a	2145,83 b	2330,55 b	1850,00 b
33	OVR	2175,00 a	1554,16 a	1254,16 c	2325,00 b	1850,00 b
34	CIAT-3	1391,66 a	2116,66 a	1766,66 b	2302,77 b	1820,83 b
35	CIAT-14	1802,77 a	2679,10 a	1383,33 c	2247,22 b	1808,33 b
36	UFV-2	1652,77 a	1563,88 a	1466,66 c	2233,33 b	1805,55 b
37	CIAT-6	1961,11 a	1822,22 a	1380,55 c	2227,77 b	1794,44 b
38	VR-26	1869,44 a	1797,22 a	1669,44 c	2225,00 b	1791,66 b
39	CIAT-5	1794,44 a	1666,66 a	1133,33 c	2136,11 b	1738,88 b

40	CIAT-11	1605,55	a	2013,88	a	1555,55	c	2125,00	b	1730,55	b
41	CIAT-4	1866,66	a	1570,83	a	1354,16	c	2105,55	b	1716,66	b
42	PUAD	2291,66	a	583,33	a	1150,00	c	2088,88	b	1711,11	b
43	UFV-13	1641,66	a	2088,88	a	1266,66	c	2070,83	b	1644,44	b
44	CIAT-22	1936,11	a	2452,77	a	1625,00	c	1922,22	b	1636,11	b
45	CIAT-18	2572,22	a	1616,66	a	1913,88	b	1883,33	b	1588,88	b
46	UFV-7	1845,83	a	1358,33	a	1694,44	c	1766,66	b	1472,22	b
47	UFV-12	841,22	a	2970,44	a	2233,33	b	1750,00	b	1413,88	b
48	UFV-9	1650,00	a	1483,33	a	1329,16	c	1708,33	b	1136,11	b

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra (a, b ou c) na coluna não diferem pelo teste de Scott Knott a 5%;

Fonte: Do autor (2023)

## ANEXO 2

Anexos 2: Média de aspecto de grão referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de águas de 2020, inverno e águas 2021 e seca 2022.

Trat	Linhagem	Águas 2020	Inv 2021	Águas 2021	Seca 2022
		Media	Media	Media	Media
1	CIAT-20	3,00 c	2,83 C	3,33 c	3,00 E
2	Vermelhinho	3,50 b	2,66 C	4,00 b	2,00 g
3	CIAT-16	4,50 a	3,66 B	4,16 b	3,83 c
4	CIAT-10	3,50 b	3,00 C	4,00 c	3,00 e
5	UFV-1	4,50 a	3,83 B	4,33 a	5,00 b
6	UFV-11	3,00 c	2,83 C	3,33 c	3,00 e
7	VR-22	1,83 e	2,50 D	3,00 c	2,33 g
8	CIAT-13	4,50 a	4,00 B	4,50 a	4,00 c
9	UFV-8	4,16 a	3,33 C	3,33 c	3,83 c
10	UFV-3	4,50 a	4,36 A	5,00 a	5,00 b
11	BRSMG MARTE	2,16 e	2,33 D	2,00 e	2,16 g
12	Safira	5,00 a	5,00 A	5,00 a	5,00 a
13	Ouro-Vermelho	1,00 f	3,00 C	2,16 e	1,66 h
14	UFV-15	4,50 a	4,00 B	4,16 b	4,00 c
15	UFV-6	4,50 a	4,00 B	4,33 a	3,66 d
16	CIAT-23	4,50 a	3,33 C	3,33 c	4,00 c
17	UFV-4	4,50 a	4,16 B	5,00 a	5,00 b
18	CIAT-1	2,50 d	3,16 C	1,83 e	2,00 g
19	UFV-14	4,00 b	3,00 C	3,83 b	3,83 c
20	CIAT-12	4,33 a	2,75 C	4,00 b	4,00 c
21	CIAT-17	3,66 b	4,00 B	3,66 b	3,66 d
22	CIAT-21	3,16 c	3,00 C	3,83 b	2,50 f
23	UFV-10	4,01 b	3,50 B	4,00 b	4,00 c
24	CIAT-19	2,66 d	2,83 C	3,16 c	2,66 f
25	CIAT-2	2,16 e	3,00 D	2,66 d	2,16 g
26	VR-25	1,66 e	1,50 D	3,33 c	2,16 g
27	CIAT-15	4,33 a	3,00 C	3,66 b	4,00 c
28	UFV-16	4,33 a	4,50 A	4,00 b	4,33 b
29	CIAT-9	3,66 b	2,33 D	3,50 c	4,00 d

30	CIAT-8	2,50 d	2,83 C	3,33 c	3,16 e
31	UFV-5	2,16 e	2,66 C	2,66 d	3,00 f
32	CIAT-7	4,00 b	2,83 C	4,00 b	4,00 c
33	OVR	2,00 e	2,66 C	3,33 c	1,66 h
34	CIAT-3	4,16 a	3,16 C	4,16 b	3,33 d
35	CIAT-14	3,25 c	2,83 C	4,00 c	3,00 e
36	UFV-2	4,50 a	4,16 B	4,00 b	4,33 b
37	CIAT-6	2,33 e	1,83 D	3,33 c	2,00 g
38	VR-26	3,00 c	2,00 D	3,50 c	2,16 g
39	CIAT-5	2,50 d	2,33 D	2,83 c	2,83 e
40	CIAT-11	2,50 d	2,83 C	3,33 c	2,66 f
41	CIAT-4	3,50 b	2,50 D	4,00 c	1,66 h
42	PUAD	5,00 a	5,00 A	5,00 a	5,00 a
43	UFV-13	4,16 a	3,00 D	3,83 b	4,00 d
44	CIAT-22	3,16 c	3,00 C	3,16 c	4,00 d
45	CIAT-18	2,83 c	2,16 D	3,00 c	2,83 e
46	UFV-7	4,08 b	3,00 C	3,16 c	4,00 d
47	UFV-12	4,50 a	3,83 B	5,00 a	4,00 c
48	UFV-9	4,50 a	4,50 A	4,16 b	4,33 b

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra (a, b ou c) na coluna não diferem pelo teste de Scott Knott a 5%;  
Fonte: Do autor (2023).

### ANEXO 3

Anexos 3: Média de arquitetura da planta referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de inverno e águas de 2020, inverno e águas 2021 e seca 2022.

Tratamento	Linhagem	INV 2020	Águas 2020	INV 2021	Seca 2022
		Media	Media	Media	Media
1	CIAT-20	6,33 b	5,33 b	4,66 c	6,00 b
2	Vermelhinho	9,00 a	8,00 a	8,33 a	9,00 a
3	CIAT-16	2,33 d	3,66 d	4,33 c	6,00 b
4	CIAT-10	4,66 c	6,66 a	6,33 a	6,33 b
5	UFV-1	6,33 b	6,00 b	5,66 b	6,33 b
6	UFV-11	5,33 b	5,66 b	5,33 b	6,33 b
7	VR_22	7,33 a	6,66 a	4,66 c	7,33 a
8	CIAT-13	3,33 d	5,00 c	3,33 d	5,33 b
9	UFV-8	2,00 d	4,33 c	3,00 d	5,33 b
10	UFV-3	4,66 c	4,66 c	4,66 c	7,66 a
11	BRSMG MARTE	2,00 d	2,66 d	4,50 c	2,33 d
12	Safira	3,00 d	4,33 c	4,33 c	5,66 b
13	Ouro -Vermelho	8,66 a	8,00 a	6,33 a	9,00 a
14	UFV-15	3,33 d	3,00 d	4,00 c	4,00 c
15	UFV-6	5,33 b	5,66 b	3,00 d	5,66 b
16	CIAT-23	4,66 c	5,66 b	4,33 c	6,33 b
17	UFV-4	3,00 d	4,00 c	5,33 b	6,66 b

18	CIAT-1	7,66 a	7,33 a	5,66 b	8,00 a
19	UFV-14	4,66 c	5,66 b	3,00 d	5,33 b
20	CIAT-12	4,00 c	5,33 b	4,33 c	5,66 B
21	CIAT-17	6,66 b	5,66 b	5,33 b	6,33 b
22	CIAT-21	2,66 d	3,00 d	4,33 c	2,66 d
23	UFV-10	3,33 d	4,33 c	4,33 c	6,33 b
24	CIAT-19	5,33 b	5,33 b	5,66 b	6,33 b
25	CIAT-2	3,00 d	2,33 d	4,00 c	3,33 d
26	VR_25	6,66 b	7,33 a	7,00 a	6,66 b
27	CIAT-15	3,66 c	4,33 c	5,00 b	4,33 c
28	UFV-16	3,00 d	4,00 c	6,00 b	6,00 b
29	CIAT-9	3,66 c	5,33 b	4,33 c	5,33 b
30	CIAT-8	5,00 c	6,33 b	5,00 b	6,33 b
31	UFV-5	4,33 c	4,66 c	3,33 d	2,66 d
32	CIAT-7	4,33 c	5,33 b	3,66 d	3,00 d
33	OVR	8,66 a	7,66 a	7,00 a	8,00 a
34	CIAT-3	3,33 d	4,66 c	4,33 c	4,00 c
35	CIAT-14	5,00 c	4,66 c	5,33 b	6,00 b
36	UFV-2	5,66 b	4,66 c	5,33 b	6,33 b
37	CIAT-6	4,00 c	4,66 c	5,33 b	6,66 b
38	VR_26	6,33 b	7,00 a	7,33 a	6,66 b
39	CIAT-5	3,00 d	3,33 d	3,33 d	2,66 d
40	CIAT-11	4,00 c	4,33 c	3,33 d	4,66 c
41	CIAT-4	5,33 b	4,66 c	7,00 a	4,66 c
42	PUAD	2,00 d	3,00 d	5,33 b	3,66 c
43	UFV-13	4,00 c	3,33 d	5,00 b	7,00 b
44	CIAT-22	4,33 c	4,00 c	3,33 d	4,00 c
45	CIAT-18	3,66 c	3,00 d	3,00 d	4,33 c
46	UFV-7	4,00 c	4,66 c	5,00 b	5,00 c
47	UFV-12	2,66 d	3,33 d	2,00 d	3,33 d
48	UFV-9	3,00 d	4,66 c	5,66 b	6,33 b

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra (a, b ou c) na coluna não diferem pelo teste de Scott Knott a 5%;  
Fonte: Do autor (2023).

#### ANEXO 4

Anexos 4: Média de severidade de cretamento bacteriano referentes às 48 linhagens avaliadas nas safras de águas de 2020, inverno 2020 a 2021 e seca 2022.

Trat	Linhagem	INV 2020	Águas 2020	Inv 2021	Seca 2022
		Media	Media	Media	Media
1	CIAT-20	4,66 b	6,00 a	9,00 a	6,66 a
2	Vermelhinho	7,33 a	6,66 a	9,00 a	8,33 a
3	CIAT-16	4,33 b	5,00 b	8,33 a	5,66 a
4	CIAT-10	5,66 a	6,00 a	8,33 a	7,00 a
5	UFV-1	4,33 b	7,00 a	7,66 a	6,66 a
6	UFV-11	5,00 b	7,00 a	8,00 a	5,66 a

7	VR-22	6,00 a	4,00 b	7,66 a	7,00 a
8	CIAT-13	5,33 b	6,00 a	8,33 a	6,33 a
9	UFV-8	5,00 b	4,00 b	8,33 a	6,66 a
10	UFV-3	5,00 b	5,00 b	8,00 a	7,00 a
11	BRSMG MARTE	3,66 b	5,00 b	7,00 a	6,66 a
12	Safira	3,00 b	4,00 b	5,33 a	4,33 a
13	Ouro -Vermelho	6,66 a	7,33 a	8,00 a	7,33 a
14	UFV-15	4,00 b	4,33 b	7,66 a	5,00 a
15	UFV-6	4,33 b	6,00 a	8,00 a	6,33 a
16	CIAT-23	6,00 a	6,00 a	7,66 a	7,00 a
17	UFV-4	5,33 b	6,00 a	7,66 a	6,33 a
18	CIAT-1	6,33 a	6,00 a	7,33 a	8,33 a
19	UFV-14	4,33 b	5,00 b	8,33 a	6,66 a
20	CIAT-12	7,33 a	6,00 a	8,33 a	7,33 a
21	CIAT-17	5,33 b	5,00 b	8,00 a	7,00 a
22	CIAT-21	5,00 b	5,00 b	5,00 a	6,00 a
23	UFV-10	4,66 b	4,33 b	7,33 a	6,33 a
24	CIAT-19	5,33 b	6,00 a	6,66 a	6,66 a
25	CIAT-2	5,66 a	5,00 b	6,66 a	6,00 a
26	VR_25	4,66 b	5,00 b	8,33 a	7,66 a
27	CIAT-15	4,66 b	6,00 a	8,00 a	7,00 a
28	UFV-16	4,66 b	5,00 b	6,66 a	6,33 a
29	CIAT-9	5,66 a	6,00 a	8,00 a	6,66 a
30	CIAT-8	7,33 a	5,33 b	7,00 a	8,66 a
31	UFV-5	5,66 a	6,33 a	8,66 a	6,33 a
32	CIAT-7	6,00 a	5,66 a	7,66 a	6,66 a
33	OVR	5,66 a	6,00 a	7,66 a	7,00 a
34	CIAT-3	6,33 a	5,00 b	8,33 a	5,33 a
35	CIAT-14	5,33 b	6,00 a	8,33 a	6,33 a
36	UFV-2	5,00 b	6,00 a	7,33 a	6,66 a
37	CIAT-6	6,66 a	4,00 b	8,00 a	7,00 a
38	VR_26	5,00 b	5,00 b	8,00 a	6,66 a
39	CIAT-5	4,66 b	6,00 a	8,00 a	7,00 a
40	CIAT-11	7,00 a	6,00 a	8,66 a	7,00 a
41	CIAT-4	5,00 b	6,00 a	9,00 a	6,00 a
42	PUAD	4,00 b	4,33 b	8,33 a	5,66 a
43	UFV-13	7,33 a	4,00 b	8,00 a	7,66 a
44	CIAT-22	7,33 a	6,00 a	8,00 a	7,00 a
45	CIAT-18	4,33 b	6,66 a	7,33 a	8,33 a
46	UFV-7	4,00 b	6,00 a	8,33 a	6,00 a
47	UFV-12	5,00 b	5,00 b	8,00 a	5,66 a
48	UFV-9	5,00 b	5,00 b	7,66 a	6,66 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra (a, b ou c) na coluna não diferem pelo teste de Scott Knott a 5%;  
Fonte: Do autor (2023)