

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Greice Godoy dos Santos

**GANHO GENÉTICO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS DE
GENÓTIPOS DE FEIJÃO AVALIADOS EM SANTA MARIA ENTRE
1998 E 2021**

Santa Maria, RS
2022

Greice Godoy dos Santos

**GANHO GENÉTICO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS DE GENÓTIPOS DE
FEIJÃO AVALIADOS EM SANTA MARIA ENTRE 1998 E 2021**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nerinéia Dalfollo Ribeiro

Santa Maria, RS
2022

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

dos Santos, Greice Godoy
Ganho genético para caracteres agronômicos de genótipos
de feijão avaliados em Santa Maria entre 1998 e 2021 /
Greice Godoy dos Santos.- 2022.
57 p.; 30 cm

Orientadora: Nerinéia Dalfollo Ribeiro
Coorientador: Alessandro Dal'Col Lúcio
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2022

1. Phaseolus vulgaris L. 2. Progresso genético 3.
Produtividade de grãos 4. Valor de cultivo e uso I.
Ribeiro, Nerinéia Dalfollo II. Lúcio, Alessandro
Dal'Col III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, GREICE GODOY DOS SANTOS, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

GREICE GODOY DOS SANTOS

**GANHO GENÉTICO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS DE GENÓTIPOS DE
FEIJÃO AVALIADOS EM SANTA MARIA ENTRE 1998 E 2021**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovada em 22 de abril de 2022:



Nerinéia Dalfollo Ribeiro, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)
(videoconferência)



Diego Nicolau Follmann, Dr. (UFSM)
(videoconferência)



Sandra Maria Maziero, Dr^a. (UFFS)
(videoconferência)

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar possível todos os meus sonhos.

Aos meus pais, Rosimirian e Mariano, por serem meu porto-seguro e minhas inspirações, o qual nunca deixaram faltar nada e me ensinam, a cada dia, a ser uma pessoa melhor.

Ao meu irmão, Guilherme, pelo apoio e conselhos em tudo que eu faço.

Ao meu namorado, Filipe Martini, por ser meu companheiro e amigo nos momentos bons e ruins durante todo este processo.

A toda minha família, por serem meus alicerces, em especial aos meus avós que Antônia, Adauto, Cleci e Leônço, que já não se encontram mais entre nós, porém deixaram seus legados para todo o sempre.

À minha professora e orientadora Nerinéia Dalfollo Ribeiro, pelo conhecimento, incentivo, aprendizado e empatia compartilhados desde a minha graduação.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Melhoramento e Manejo de Feijão do Departamento de Fitotecnia, por todo auxílio e suporte prestado, além das boas risadas que tornaram esta trajetória muito mais leve.

Aos meus amigos por serem como minha segunda família e por sempre estarem presentes.

Aos meus professores, por cada palavra dita e ensinada.

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de desenvolver este estudo.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela ajuda nas questões burocráticas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal a Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e pela bolsa de pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte desta jornada.

Meu muito obrigada!

RESUMO

GANHO GENÉTICO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO AVALIADOS EM SANTA MARIA ENTRE 1998 E 2021

AUTORA: Greice Godoy dos Santos
ORIENTADORA: Nerinéia Dalfollo Ribeiro

No Brasil, a oferta de feijão nem sempre é suficiente para atender à demanda dos consumidores. Por ser uma cultura de grande importância para a culinária nacional, o uso de cultivares com maior potencial produtivo, de ciclo mais precoce e com arquitetura de planta ereta são almejadas tanto pelos produtores, como pelos programas de melhoramento genético. Por isso, avaliar o ganho genético obtido para caracteres agronômicos é necessário para analisar a eficiência no lançamento de novas cultivares de feijão. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o ganho genético da produtividade de grãos e de seus componentes, bem como de caracteres fenológicos e de arquitetura de planta aplicado a um banco de dados de experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU) conduzidos entre os anos de 1998 e 2021. Todos os experimentos foram implementados em delineamento de blocos ao acaso, com três ou quatro repetições, em área da Universidade Federal de Santa Maria, em cultivos de primeira e segunda safras. Os tratamentos constaram de genótipos de feijão de diferentes tipos de grãos obtidos pela Rede Sul-Brasileira de Feijão. Os seguintes caracteres foram avaliados: produtividade de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, floração, ciclo, nota de acamamento, nota geral de adaptação, altura de inserção da primeira vagem e altura de inserção da última vagem. O ganho genético foi verificado pela metodologia de Vencovsky. As novas linhagens desenvolvidas entre os anos de 1998 e 2021 apresentam ganho genético desejável para produtividade de grãos (1,50%), massa de 100 grãos (2,15%), acamamento (-3,64%), nota geral de adaptação (-2,47%) e altura de inserção da primeira vagem (4,83%). Por outro lado, o número de vagens por planta (-5,83%), o número de grãos por vagem (-0,45%), o ciclo (0,29%), a floração (0,95%) e a altura de inserção da última vagem (1,83%) não corresponderam às expectativas dos programas de melhoramento. Por fim, cultivares de feijão mais produtivas e com arquitetura de planta ereta estão sendo lançadas, atendendo a demanda dos produtores rurais pela eficiência na colheita mecanizada.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Progresso genético. Produtividade de grãos. Valor de cultivo e uso.

ABSTRACT

GENETIC PROGRESS FOR AGRONOMIC TRAITS OF COMMON BEAN GENOTYPES EVALUATED IN SANTA MARIA FROM 1998 TO 2021

AUTHOR: Greice Godoy dos Santos
ADVISOR: Nerinéia Dalfollo Ribeiro

In Brazil, the supply of beans is not always enough to meet consumer needs. As it is a culture of great importance to the national routine of food, the use of cultivars with greater productive potential, early cycle and upright plant architecture are desired both by producers and by breeding programs. Therefore, evaluating the genetic gain obtained for these agronomic traits is necessary to analyze efficiency in launch of new common bean cultivars. Therefore, the objective of this study was to evaluate the genetic gain of grain yield and its components, as well as phenological and plant architecture traits applied to a database of Value of Cultivation and Use (VCU) experiments conducted from 1998 to 2021. All experiments were carried out in a randomized block design, with three or four replicates, in experimental area of the Federal University of Santa Maria, in rain and dry seasons. The treatments consisted of bean genotypes of different types of grains obtained by the Southern Brazilian Common Bean Network. The following traits were evaluated: grain yield, number of pods per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains, flowering, cycle, lodging, general adaptation score, height of insertion of the first pod, and height of the last pod. The genetic gain was estimated by the Vencovsky methodology. The new common bean lines developed between 1998 and 2021 show desirable genetic gain for grain yield (1.50%), mass of 100 grains (2.15%), lodging (-3.64%), general adaptation score (-2.47%), and height of insertion of the first pod (4.83%). On the other hand, number of pods per plant (-5.83%), number of grains per pod (-0.45%), flowering (0.95%), cycle (0.29%), and height of insertion to the last pod (1.83%) did not correspond to the expectations of the breeding programs. Finally, common bean cultivars with high grain yield and upright plant architecture are being launched by breeding programs, meeting the demand of rural producers for efficiency in mechanized harvesting.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Genetic progress. Grain yield. Value of cultivation and use.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Análise individual da variância para produtividade obtida em 31 experimentos (Exp) de Valor de Cultivo e Uso (VCU) entre 1998 e 2021, contendo: ano e safra correspondentes, tipo de grãos (T), número de genótipos avaliados por experimento (N^o), valor mínimo (Mín, kg ha⁻¹), valor máximo (Máx, kg ha⁻¹), média (Média, kg ha⁻¹), quadrado médio dos blocos (QMb), quadrado médio dos tratamentos (QMt), quadrado médio do erro (QMe), valor do teste F para genótipo (Fc), coeficiente de variação experimental (CVE, %), coeficiente de variação genético (CVG, %), herdabilidade (h², %), acurácia seletiva (AS).....26
- Tabela 2- Quantidade de genótipos comuns (Gen. comuns), porcentagem de inclusão, exclusão, manutenção e renovação de genótipos a cada biênio em relação ao anterior.....27
- Tabela 3- Quantidade de genótipos (N^o Gen) por biênio e quantidade e proporção de genótipos do tipo carioca, preto e cores em sua composição.....28
- Tabela 4- Estimativas de ganho genético por biênio obtido pelos programas de melhoramento da Rede Sul-Brasileira de Feijão em experimentos avaliados em Santa Maria, RS, de 1998 a 2021.....29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DO FEIJÃO.....	9
2.2 FEIJÃO NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL	11
2.3 ASPECTOS GERAIS DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO	13
2.4 MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS	15
2.5 METODOLOGIAS DE ESTIMAÇÃO DE GANHO GENÉTICO.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	20
3.2 AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS.....	21
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4 CONCLUSÕES	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33
APÊNDICE 1 - COMPOSIÇÃO EXPERIMENTAL CLASSIFICANDO EM: EXPERIMENTOS AVALIADOS PELO PROGRAMA EM ORDEM CRONOLÓGICA (E) E SEUS RESPECTIVOS BIÊNIOS (B), ANO/SAFRA DE IMPLANTAÇÃO E TIPOS DE GRÃOS	41
APÊNDICE 2 - BALANÇO DO GANHO GENÉTICO E AMBIENTAL DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO	43
APÊNDICE 3 - NÚMERO DE GENÓTIPOS POR BIÊNIO (Nº), MÉDIA DOS GENÓTIPOS INCLUÍDOS EM RELAÇÃO AO BIÊNIO ANTERIOR (MI), MÉDIA DOS GENÓTIPOS MANTIDOS PARA AVALIAÇÃO NO BIÊNIO POSTERIOR (MM), MÉDIA DOS GENÓTIPOS EXCLUÍDOS NO BIÊNIO POSTERIOR (ME) E MÉDIA GERAL DO BIÊNIO (MG) PARA AS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVIDADE (PROD), NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (NVP), NÚMERO DE GRÃOS POR VAGEM (NGV) E MASSA DE 100 GRÃOS (M100G).	44
APÊNDICE 4 - NÚMERO DE GENÓTIPOS POR BIÊNIO (Nº), MÉDIA DOS GENÓTIPOS INCLUÍDOS (MI), MÉDIA DOS GENÓTIPOS (MM), MÉDIA DOS GENÓTIPOS EXCLUÍDOS (ME) E MÉDIA GERAL DO BIÊNIO (MG) PARA AS CARACTERÍSTICAS CICLO, FLORAÇÃO (FLOR), NOTA DE ACAMAMENTO (ACA), NOTA GERAL DE ADAPTAÇÃO (NG), ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM (A1V), ALTURA DE INSERÇÃO DA ÚLTIMA VAGEM (AUV).	45
APÊNDICE 5 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	46
APÊNDICE 6 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA NÚMERO DE GRÃOS POR VAGEM CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	47
APÊNDICE 7 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA MASSA DE 100 GRÃOS CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	47
APÊNDICE 8 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA FLORAÇÃO CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	48
APÊNDICE 9 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA CICLO CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	49
APÊNDICE 10 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA NODA GERAL DE ADAPTAÇÃO CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	50
APÊNDICE 11 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA ACAMAMENTO DE PLANTAS CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	52
APÊNDICE 12 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA ALTURA DA PRIMEIRA VAGEM CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	52
APÊNDICE 13 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA CICLO INSERÇÃO DA ÚLTIMA VAGEM CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL	53

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais e mais tradicionais ingredientes da culinária brasileira. A cultura possui importância socioeconômica, uma vez que gera empregos e renda, e é uma alternativa de fonte proteica vegetal de menor custo quando comparado às proteínas de origem animal (DREWNOWSKI, 2010), sendo opção de substituição da carne para vegetarianos e veganos. Além disso, serve como fonte de carboidratos, fibras alimentares, vitaminas e minerais (SILVA; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2013). A composição nutricional difere entre os tipos de grãos. Os tipos de maior preferência são o feijão carioca (tegumento bege com estrias marrons), compreendendo cerca de 61% do consumo interno, seguido pelo feijão caupi (22%) e preto (17%) (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019).

Apesar disso, o Brasil importou 200 mil t de feijão em 2021, na qual a Argentina é o principal exportador (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2019 2022a). Isso pode ser justificado pela baixa produtividade média de 1.033 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022a) e pelas condições climáticas não favoráveis ao cultivo, como excesso ou escassez de precipitação. Uma estratégia para diminuir gastos com importações é o desenvolvimento de genótipos de feijão mais produtivos e mais adaptados às condições climáticas de cultivo na região Sul do Brasil. Nesse cenário, e considerando a demanda do mercado consumidor, os programas de melhoramento de feijão têm visado aumentar a produtividade de grãos das novas cultivares (FARIA et al., 2017; RIBEIRO et al., 2018; SOUZA et al., 2019).

Além da produtividade de grãos, outros caracteres agronômicos são importantes para a aceitação de uma nova cultivar de feijão no mercado. Entre estes, estão os componentes da produtividade, a citar o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos. Conforme Costa e Zimmermann (1988), a produtividade de grãos em feijão está diretamente relacionada aos seus componentes da produtividade. Por isso, avaliar o ganho genético desses componentes auxilia na compreensão de quais caracteres têm maior contribuição no aumento da produtividade de grãos. Além disso, os consumidores e as

empacotadoras apresentam preferência por grãos com massa de 100 grãos superior a 25 g, uma vez que maiores massas são associadas à maior expansão volumétrica após o cozimento dos grãos e, logo, maior rendimento de panela (CARBONELL et al., 2010; PERINA et al., 2010).

Ainda, caracteres fenológicos como floração e ciclo trazem vantagens aos produtores. Isso porque o uso de cultivares de feijão com ciclos precoces (cerca de 70 dias entre a emergência e a maturação fisiológica) a intermediários (cerca de 90 dias) permite conciliar o cultivo do feijão com outras *comodities* ou até mesmo produzir o grão em duas safras na região do Rio Grande do Sul. Outros caracteres importantes são sobre a arquitetura de planta, por exemplo, cultivares com menores notas de acamamento e menores notas de adaptação dizem respeito à plantas com tolerância ao acamamento; e, visualmente, com maior quantidade de vagens, menor incidência de doenças e maturação uniforme, respectivamente. Além disso, cultivares de feijão com maior altura de inserção de primeira vagem, acima de 12 cm em relação ao solo facilitam a colheita mecanizada, evitam perdas devido ao apodrecimento das vagens que tocam o solo e diminuem a incidência de doenças devido à maior circulação de ar no dossel de plantas (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 1998; COSTA et al., 2008; MELO, 2009). Já, plantas com menores alturas de inserção da última vagem são associadas a plantas mais compactas e tolerantes ao acamamento (MAMBRIN et al., 2015).

Diante disso, o estudo do ganho genético da produtividade de grãos e dos demais caracteres agrônômicos é uma maneira de mensurar o sucesso do programa de melhoramento de feijão, bem como auxiliar na identificação de quais caracteres têm maior contribuição no aumento da produção de grãos por área, além de estabelecer novas prioridades para esses programas. Diversos autores têm desenvolvido estudos de ganho genético, a fim de analisar se as novas linhagens e cultivares de feijão têm apresentado incrementos na produtividade de grãos ao longo dos anos (CHIORATO et al., 2010; FARIA et al., 2013, 2014, 2017; BARILI et al., 2016a; GOMES et al., 2018). Por outro lado, poucas pesquisas abordaram o ganho genético dos caracteres da produção, fenológicos e morfológicos, importantes na seleção de linhagens de feijão superiores.

O ganho genético de um programa de melhoramento pode ser obtido via métodos diretos ou indiretos, ou seja, comparando simultaneamente os genótipos lançados recentemente com aqueles mais antigos ou obtendo o ganho genético de experimentos realizados em diferentes anos com diferentes composições de genótipos, respectivamente (POMPEU, 1993; FARIA et al., 2017). O uso de banco de dados obtidos em programa de melhoramento permite identificar o ganho genético de um período por meio de métodos indiretos, sendo a metodologia de estimativa de ganho genético proposta por Vencovsky et al. (1988) uma alternativa prática e de baixo custo, pois permite o uso de resultados de experimentos de competição de genótipos de feijão conduzidos ao longo de várias épocas de cultivo em uma mesma região (WOYANN et al., 2019). Conforme as cultivares são desenvolvidas, pode-se comparar a superioridade genética das cultivares atuais em relação às lançadas anteriormente. Essa metodologia é amplamente utilizada nestas situações em diversas culturas, a citar trigo (FOLLMANN et al., 2017a; WOYANN et al., 2019), girassol (FOLLMANN et al., 2017b), pêssego (CORRÊA et al., 2019) e arroz (SILVA JÚNIOR et al., 2021).

Contudo, é importante analisar o ganho genético da produtividade de grãos e de outros caracteres agronômicos importantes para avaliar o sucesso dos programas de melhoramento de feijão e identificar quais caracteres têm maior contribuição no aumento da produtividade de grãos. O estudo do ganho genético também gera informações para esses programas a respeito de caracteres que podem influenciar as estratégias de melhoramento de plantas. Além disso, são encontrados poucos estudos de ganho que englobem a última década e, os que existem, contemplam apenas a avaliação de genótipos de feijão carioca ou preto individualmente. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi determinar o ganho genético de caracteres agronômicos obtidos em genótipos de feijão avaliados em Santa Maria entre os anos de 1998 e 2021, pelo método de Vencovsky et al. (1988).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DO FEIJÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa da família *Fabaceae*, com nível de ploidia $2n = 22$ e se destaca junto ao feijão fava (*Phaseolus lunatus* L.) como sendo as espécies mais importantes do gênero *Phaseolus* (ALMEIDA; PEDROSA-HARAND, 2013). O *Phaseolus vulgaris* é caracterizado como plantas autógamas e pelo processo de autofecundação, contudo, pode apresentar taxas de fecundação cruzada de até 3% para a espécie (OLIVEIRA et al., 2021).

Distintas colorações de grãos, tamanhos e formatos são observados na espécie devido aos diferentes ancestrais que ela descende. Dentre alguns exemplos, destacam-se grãos de coloração preta, branca e rósea para grupo gênico Mesoamericano e colorações vermelhas e amarelas para o grupo gênico Andino (GIOIA et al., 2019). Espécies com sementes pequenas e médias, com massa de 100 sementes entre 25 e 40 g, são mais relacionadas ao grupo gênico Mesoamericano, enquanto as sementes grandes, com massa de 100 sementes superior a 40 g, estão associadas ao grupo gênico Andino (GEPTS; BLISS, 1986; COELHO et al., 2007; BLAIR et al., 2010). Segundo o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, há 387 cultivares registradas da espécie *Phaseolus vulgaris* no Brasil (MAPA, 2022). Destas, grande parte são formadas por grãos do tipo carioca e preto (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019).

No âmbito do melhoramento genético, saber diferenciar os centros de origem do feijão é importante no momento da escolha de parentais. Conforme Vieira, Ramalho e Santos (1989), raramente é possível realizar o cruzamento entre cultivares de feijão de diferentes grupos gênicos, isso porque algumas espécies ou variedades Mesoamericanas possuem genes incompatíveis com as Andinas.

O feijão do centro de origem Mesoamericano pode ser dividido em três raças: Mesoamericana com hábito de crescimento tipo II (hábito indeterminado, ramificações eretas e fechadas) ou tipo III (hábito indeterminado prostrado ou com ramificações abertas); Durango com o tipo III; e a raça Jalisco, com o tipo IV (hábito indeterminado, prostrado, trepador). O feijão do centro de origem Andino, por sua vez, é classificado nas seguintes raças: Nova Granada, com hábito de crescimento tipo I (hábito determinado, arbustivo, com ramificação ereta e fechada) ou tipo II; Peru com hábito de crescimento dos tipos III ou IV; e Chile, do tipo III (VILHORDO; MÜLLER, 1981;

SINGH et al., 1991; NASSAR; AHMED; BOGHDADY, 2010). Sendo assim, o hábito tipo I é associado a cultivares de feijão do grupo gênico Andino.

A diferenciação entre as cultivares de feijão ocorre principalmente por meio de descritores morfológicos, uma vez que requer menor custo para a avaliação, porém nem sempre o uso dessa técnica é eficiente para distinguir alguns genótipos. Diante disso, o uso de descritores moleculares surge como alternativa conjunta e promissora para caracterizar a variabilidade genética de maneira mais precisa, auxiliando os programas de melhoramento dessa espécie (DELFINI et al., 2017). De acordo com Moda-Cirino, Buratto e Fonseca (2016), o *Phaseolus vulgaris* se origina de diferentes grupos gênicos, ancestrais, com diferentes características, capazes de atender às preferências de diferentes perfis de consumidores.

2.2 FEIJÃO NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

O feijão é uma das leguminosas de maior consumo humano no mundo (TALUKDER et al., 2010), sendo a Índia, Myanmar e o Brasil, em ordem, os maiores produtores da cultura (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2019). Já, a espécie *Phaseolus vulgaris* L. tem seu foco de produção na África Central e na América Latina, no qual o Brasil recebe destaque pela produção e é considerado um alimento básico para grande parte da população (MONTROYA et al., 2010).

A produção brasileira de feijão é majoritariamente direcionada para atender o mercado interno (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2019), sendo o consumo per capita estimado em 15,2 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2020). Mesmo diante da importância do feijão no contexto nacional e internacional, do ano de 2020 para 2021, houve uma queda de 0,5% da área destinada à cultura do feijão no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2019, 2021).

Conforme dados da CONAB (2022b), com 26,4% da produção nacional de grãos de feijão, a região Centro Oeste possui relevância. Os Estados do Paraná (534,0 mil t), Minas Gerais (529,3 mil t), Mato Grosso (358,7 mil t) e Goiás (353,9 mil t), em ordem, estão entre os maiores produtores. A região Sul foi responsável por 24,6% da produção de feijão do Brasil nas mesmas safras, enquanto o Rio Grande do Sul por

apenas 12,0% desse montante, ou seja, 84,9 mil t, sendo pouco significativo quando comparado com as 2.876,3 mil t do país (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022b).

Segundo o Boletim da Safra de Grãos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022a), estima-se que a produção de feijão na safra 2021/2022 atinja 3.027 t aproximadamente, o que representará um aumento de 5,2% em relação à produção da safra anterior. Esses resultados indicam que o desenvolvimento e a produção da cultura, mesmo diante de intempéries ambientais, como as baixas precipitações registradas no decorrer da safra, estão atingindo patamares satisfatórios (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022a).

Atualmente, a área destinada à produção de feijão no Brasil é de 2.930,1 mil ha, sendo a produtividade de grãos de 1.033 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022a). A média de produtividade de grãos é considerada relativamente baixa, uma vez que o potencial produtivo de algumas cultivares de feijão atingem valores próximos ou superiores a 4.900 kg ha⁻¹ (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2022). Os baixos valores de produtividade de grãos podem ser associados ao fato de que 67% da produção nacional de feijão é obtida na agricultura familiar, a qual caracteriza-se pelo uso de pouca tecnologia (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019).

O Brasil ainda importa cerca de 100 mil toneladas de feijão ao ano, principalmente do tipo preto da Argentina (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2019). Essa necessidade de importação é, muitas vezes, decorrente das baixas médias nacionais de produção que podem estar atreladas à presença de condições climáticas não favoráveis ao cultivo, a exemplo da disponibilidade hídrica, que é um fator de extrema importância para o cultivo de feijão, e da redução da área cultivada com a cultura (MIORINI; SAAD; MENEGALE, 2011; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022a). A respeito das exportações, tem destaque o Estado do Mato Grosso, predominando o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). Porém, no país, no último ano, têm-se preferido a exportação de outros tipos de maior valor agregado, como azuqui (*Vigna angularis*) e mungo-verde (*Vigna radiata*) e os da espécie *Phaseolus vulgaris*: rajado, bico de ouro, vermelho e jalo, em ordem (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022a).

Ao considerar as variações ambientais recorrentes e a sensibilidade da cultura, o desenvolvimento de genótipos de feijão mais produtivos, adaptados e mais tolerantes a pragas e a doenças no Brasil são estratégias interessantes para viabilizar o sistema produtivo da cultura no país (HEINEMANN et al., 2016). Com isso, o melhoramento de plantas e estudos detalhados do germoplasma do feijão em condições que simulem a realidade dos produtores são ferramentas que podem minimizar estresses climáticos, os quais ocorrem com a seleção de plantas mais produtivas e mais tolerantes às intempéries (CHENU, 2015).

2.3 ASPECTOS GERAIS DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO

Majoritariamente, as pesquisas sobre melhoramento genético da cultura de feijão vinculam-se a instituições públicas. Entre essas empresas estão: Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Clima Temperado, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR, antigo IAPAR), Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Empresa de pesquisa do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), centros de Pesquisa Agropecuária da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural/RS (DDPA/SEAPDR, antiga FEPAGRO). Além disso, as universidades possuem papel importante na pesquisa com melhoramento de feijão, como a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

O setor privado na pesquisa em melhoramento de feijão possui participação muito restrita (VIEIRA et al., 2005) podendo citar a FT-Pesquisa e Sementes, Agropecuária Terra Alta S/S Ltda e Seprotec Sementes Tecnologia de Produção. Um dos motivos dessa baixa participação no desenvolvimento de cultivares de feijão ocorre porque muito dos produtores utilizam sementes salvas (cerca de 90%) (SUZANA et al., 2017), o que faz com que as empresas privadas não apresentem muito interesse em investir na obtenção de novas cultivares de feijão.

Os programas de melhoramento de feijão objetivam cultivares com maior potencial produtivo, arquitetura de planta ereta, resistência as principais pragas e doenças da cultura, melhor fixação biológica de nitrogênio e características de grãos

aceitáveis pelo consumidor, como forma, tamanho, coloração, tempo de cozimento e qualidade nutricional (TSUTSUMI; BULEGON; PIANO, 2015). Chiorato et al. (2010) verificaram que o cruzamento entre parentais com alto potencial de produtividade de grãos é uma das estratégias mais utilizadas na busca de novas cultivares de feijão.

Diversas metodologias podem ser aplicadas pelos programas de melhoramento a fim de atingir estes objetivos e incrementar a produtividade de grãos de genótipos de feijão. Entre essas estratégias, destacam-se: seleção massal, seleção recorrente, método genealógico (*pedigree*), descendência de uma única semente (*SSD*) e retrocruzamentos (*backcross*) (TSUTSUMI; BULEGON; PIANO, 2015). Porém, é necessário avaliar se essas escolhas e esforços estão sendo eficientes (SINGH et al., 2007).

De 1970 até 2022, foi possível produzir cultivares de feijão com potencial de produção que passaram da média de 500 para 4.900 kg ha⁻¹ (BERTOLDO et al., 2015; INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2022). Porém, segundo Bertoldo et al. (2015), as cultivares de feijão não têm expressado seu máximo potencial produtivo de grãos devido às condições de cultivo, o que poderia ser melhorado com investimentos em novas tecnologias, como irrigação e mecanização dos processos. Porém, esses investimentos nem sempre são acessíveis ao agricultor familiar, responsável por mais da metade da produção nacional de grãos (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019). Sendo assim, o uso de genótipos de feijão mais produtivos e adaptados à realidade dos produtores é uma alternativa mais viável (BERNIER et al., 2008).

Os experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU) são cultivados à campo, sem irrigação e sem aplicação de fungicidas (MAPA, 2006), similar às condições adversas que muitos produtores se encontram. Cultivares que apresentem bom desempenho agrônômico à campo são interessantes aos programas de melhoramento.

Antes do registro de uma cultivar obtida pelo programa de melhoramento, se faz necessário a condução desses experimentos. Para isso, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu uma série de requisitos a fim de padronizar os experimentos à campo e publicou os descritores mínimos que precisam ser avaliados nos experimentos de VCU para a inscrição de uma nova cultivar de feijão no Registro Nacional de Cultivares (RNC) (MAPA, 2006). Esses

experimentos a campo não só disponibilizam dados necessários para o registro das novas cultivares de feijão, como também auxiliam os programas de melhoramento a selecionarem genitores promissores para participar de hibridações e, conseqüentemente, obter novas linhagens (ABREU et al., 1994).

A cultivar Pérola, desenvolvida pela EMBRAPA e lançada em 1996, é uma das cultivares mais produzidas no Brasil e frequentemente faz parte dos experimentos de VCU como testemunha. Essa popularidade deve-se a uma preferência histórica em relação à sua massa de 100 grãos e potencial produtivo. Na época de lançamento, a cultivar mais utilizada era a Carioca, com a massa de 100 grãos de 22 g, que perdeu sua preferência para a cultivar Pérola, a qual possuía maior massa de 100 grãos (27 g), sendo mais agradável tanto aos consumidores, quanto às empresas empacotadoras (CARBONELL et al., 2010).

2.4 MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS

Os caracteres agronômicos e os hábitos de crescimento de feijão estão relacionados de maneira distinta. O hábito do tipo I é associado a menores ciclos e possui menor período de floração que os demais hábitos (PINHEIRO, 2015). Devido a isso, cultivares de feijão do tipo I são mais suscetíveis a cenários de mudanças climáticas, nos quais intempéries durante a floração podem prejudicar consideravelmente a produtividade de grãos, como pelo abortamento das flores e das vagens em condições de altas temperaturas (HOFFMANN JÚNIOR et al., 2007), uma vez que não haverá tempo hábil para que as plantas se recuperem até o final do ciclo (MORAES et al., 2011).

As cultivares do tipo II possuem menor ângulo entre o caule e o ramo, menor número de ramos laterais e, estes, são curtos, além de exibir maturação mais uniforme do que as plantas de tipo III (VILHORDO; MÜLLER, 1981; PINHEIRO, 2015). Genótipos de hábito indeterminado tendem a ter maior potencial produtivo de grãos e maior estabilidade de produção que os de hábito determinado (CERNA; BEAVER, 1990). Sendo assim, quando plantas isoladas são comparadas com as do tipo I, apresentam maior produtividade de grãos e maior ciclo, por isso, o manejo também é

mais exigente em adubação e manejos (MOREIRA et al., 2009). Plantas eretas são desejadas pelos programas de melhoramento, pois estão relacionadas a maior tolerância ao acamamento, facilidades nos tratos culturais e possibilidade de colheita mecanizada (ENDER; KELLY, 2005).

Diferentemente, plantas de feijão com hábito de crescimento tipo III são prostradas, com maior número de nós, maior ângulo entre o caule e o ramo (VILHORDO; MÜLLER, 1981), maior quantidade e desenvolvimento de ramos laterais e, logo, maior potencial de compensar de espaços vazios em situações de baixo estande de plantas que os demais tipos (PINHEIRO, 2015). Essas cultivares de feijão também apresentam período mais extenso de sobreposição da floração com o período vegetativo (de 15 a 20 dias) em relação às do tipo II (de 10 a 15 dias) (MORAES et al., 2011). Isso garante rusticidade aos genótipos, uma vez que as plantas terão possibilidade de se recuperar ao longo do ciclo, frente às situações climáticas desfavoráveis ao cultivo.

No entanto, devido à sobreposição da floração e período vegetativo, a maturação do tipo III se torna desuniforme em relação às plantas de feijão do tipo I e II, dificultando a manutenção do padrão de qualidade de grãos. Plantas do tipo IV possuem a maturação mais desregular entre os hábitos, o que impossibilita a colheita mecanizada por comprometer a qualidade de grãos.

Em síntese, os tipos I, II, III e IV são, em ordem, os de menores ciclos, mais eretos, com maior uniformidade de grãos e tolerantes ao acamamento para os mais prostrados e com maior rusticidade e resiliências em condições ambientais adversas. Todavia, dependendo da cultivar, nem sempre será encontrado estes padrões dos hábitos de crescimento, como no estudo de Moraes et al. (2011), no qual foi observado que a cultivar de tipo I apresentou os maiores valores de número de vagem por planta, quantidade de vagens por m² e número de grãos por planta. Já, a cultivar do tipo III, apresentou maior número de grãos por vagem e os três genótipos não diferiram quanto à massa de 1000 grãos.

Segundo Moura et al. (2013), cultivares de feijão eretas foram relacionadas a maior altura de planta, maior ciclo, diâmetros de hipocótilo e de epicótilo, entrenós mais curtos, altura de inserção da primeira vagem mais altas e menor número de vagens. Já, cultivares de feijão prostradas possuem maior plasticidade e rusticidade,

porém têm maior número de vagens por planta na região basilar, podendo entrar em contato com o solo e ocasionar perdas de produtividade de grãos por apodrecimento das vagens (MORAES et al., 2011; PINHEIRO, 2015). Maior número de vagens por planta, além do número de grãos por vagem e da massa de 100 grãos, estão diretamente relacionadas com maiores produtividades (COSTA; ZIMMERMANN, 1988; BALCHA, 2010).

Além disso, cultivares de feijão de ciclo precoce permitem a colheita antes do início do período de chuvas, porém, costumam apresentar baixa produtividade e menor plasticidade, ou seja, são mais suscetíveis às variações ambientais (ARRIEL; RAMALHO; SANTOS, 1990). Todavia, Ramalho, Abreu e Santos (1993) constataram que, em épocas de estiagem, a redução de um dia na data de início de florescimento incrementou em 33,3 kg ha⁻¹ a produtividade de grãos de feijão.

Cruzamentos entre cultivares de feijão com diferentes tipos de hábitos de crescimento são realizados na busca de genótipos superiores para a produtividade de grãos, rusticidade, com ciclo precoce, arquitetura de planta ereta, tolerância ao acamamento e qualidade de grãos a fim de garantir as demandas dos produtores rurais.

2.5 METODOLOGIAS DE ESTIMAÇÃO DE GANHO GENÉTICO

Genótipos com maior produtividade de grãos e melhor performance agrônômica são historicamente almejados pelos programas de melhoramento. Todavia, Matos, Ramalho e Abreu (2007) recomendaram avaliar, frequentemente, as contribuições dos programas de melhoramento de feijão ao longo dos anos, a fim de compreender se as metodologias utilizadas estão tendo progresso na obtenção de genótipos superiores. Segundo Abreu et al. (1994), uma forma de verificar a eficiência dos programas de melhoramento é por meio da comparação do desempenho de cultivares primitivas com as cultivares recentemente lançadas. Porém, essa opção necessita de que esses genótipos primitivos sejam armazenados sem que ocorram alterações em sua constituição genética ao longo do tempo.

Matos, Ramalho e Abreu (2007) estimaram o ganho genético de cultivares de feijão via método direto no período de 1974 a 2004 com número de repetições

diferentes em experimentos conduzidos a cada biênio. A estimativa foi avaliada pelo método de regressão linear, no qual as médias não foram ajustadas. Nesse caso, cultivares obsoletas precisam estar presentes em todos os experimentos para possibilitar sua comparação com os novos genótipos, logo, este trabalho só foi possível porque os experimentos continham a cultivar Carioca em todos os experimentos e, assim, possibilitou que o ganho genético fosse estimado em relação à essa cultivar. O ganho genético anual encontrado pelos autores, considerando a média das cinco melhores linhagens de feijão obtidas em Lavras, Minas Gerais, foi de 3,26% (31,73 kg ha⁻¹). Com isso, parte-se da hipótese que essas cultivares primitivas não foram alteradas com o tempo de armazenamento (POMPEU, 1993).

Como alternativa a este problema, os métodos indiretos permitem analisar o ganho genético de experimentos multilocais e de diferentes anos de competição de cultivares, sem a necessidade de uma cultivar testemunha comum a todos os ambientes. Em outras palavras, esse método possibilita analisar banco de dados obtidos em programas de melhoramento no período de pesquisa em que se deseja mensurar o ganho genético e por isso são os mais recomendados. Além disso, esses modelos são utilizados em avaliações de ganho genético nas quais a composição dos genótipos varia entre os experimentos. Isso porque os métodos diretos necessitam de experimentos específicos, ou seja, utilizam experimentos de campo, no qual são avaliados simultaneamente genótipos desenvolvidos em um determinado período. Para isso, as linhagens devem ser avaliadas em diversos ambientes para diminuir o efeito da interação genótipo x ambiente, o que demanda tempo e dinheiro (FARIA et al., 2017).

Ribeiro, Possebon e Storck (2003) utilizaram a metodologia apresentada por Vencovsky et al. (1988), no qual mensuraram o ganho genético da produtividade de grãos, da massa de 100 grãos, da coloração de tegumento e da altura de inserção da primeira e da última vagem em genótipos de feijão. Os autores identificaram ganhos de produtividade de 72,3 kg ha⁻¹ e de massa de 100 grãos de 0,58 g por ano para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul de 1998 a 2002. A metodologia escolhida nesse trabalho é amplamente utilizada para avaliar experimentos cuja composição altera anualmente, porém, esses devem ser executados de maneira que minimizem ao

máximo os efeitos ambientais, caso contrário, segundo os autores, essa metodologia é inferior aos modelos lineares mistos (WOYANN et al., 2019).

Faria et al. (2017) trabalharam com diferentes metodologias para estimar o ganho genético da produtividade de grãos em feijão no período de 16 anos, no qual dois métodos indiretos foram comparados com um método de estimativa direta. Os autores concluíram que os métodos indiretos podem ser utilizados como alternativa ao método direto, uma vez que as três metodologias apresentaram resultados semelhantes. Para modelos mistos, o ganho de produtividade foi de 1,02% ao ano; já para modelos fixos, o ganho foi de 1,20%.

Esses modelos podem ter efeitos de tratamentos fixos ou aleatórios. Segundo Gelman (2005), efeito fixo ocorre quando os tratamentos são escolhidos de forma que possam ser exatamente repetidos em novos experimentos. Já, o efeito aleatório é obtido por uma amostra aleatória de uma população, assim, seus resultados serão generalizados para toda a população equivalente. Há, também, a condição em que o modelo matemático do experimento é misto. Esse caso ocorre quando se possui tanto efeito fixo quanto aleatório, sem considerar a média, que é fixa, e o erro que é aleatório (GELMAN, 2005).

Chiorato et al. (2010) determinaram o ganho genético da produtividade de grãos em experimentos de VCU de feijão conduzidos em São Paulo entre 1989 e 2007 por análise de regressão linear a partir de médias ajustadas. O trabalho avaliou dados de diferentes locais, anos e composições de genótipos. Os autores verificaram um ganho genético de 1,07% ao ano para a produtividade. No período de 1997 a 2007, o ganho genético ficou estagnado, ou seja, não foi verificado ganho. A justificativa para essa estabilização foi a possível mudança de foco dos programas de melhoramento, no qual antes o objetivo era o desenvolvimento de cultivares com alta produtividade e resistência à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e, a partir dos anos 70, após o lançamento da cultivar Carioca, também passou a objetivar grãos com maior qualidade para satisfazer a demanda da indústria empacotadora e dos consumidores.

Faria et al. (2013), em experimentos de feijão conduzidos entre os anos de 1985 e 2006, encontraram estimativas de ganho genético de 0,31% ao ano para massa de 100 grãos, usando modelos mistos. Já, Gomes et al. (2018), em um experimento com feijão vagem, o qual tem como produto final a vagem e não o grão,

utilizando o método da máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesada (REML/BLUP), observaram ganho genético de 14,10% para número de vagens por planta, 4,69% para número de grãos por planta e 16,47% para massa de 100 grãos. Por fim, a escolha da metodologia mais adequada para cada situação experimental irá auxiliar na obtenção de ganhos genéticos mais assertivos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O banco de dados do Programa de Melhoramento de Feijão da Universidade Federal de Santa (UFSM) possui um total de 31 experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU), executados entre os anos de 1998 e 2021, em condições de primeira safra, com semeadura entre os meses de agosto a novembro, e de segunda safra, entre os meses janeiro e fevereiro. A condução dos experimentos foi realizada na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM, na região da depressão central do Rio Grande do Sul (RS) (latitude 29°43'22,31" S, longitude 53°43'15,14" O e altitude de 95 m). O solo é do tipo Argissolo Bruno-acinzentado alítico típico característico da unidade de mapeamento Santa Maria (SANTOS et al., 2018) e o clima é classificado como cfa, ou seja, subtropical úmido, com verões quentes (ALVARES et al., 2013).

Todos os experimentos seguiram as normativas do MAPA (MAPA, 2006) para a condução de experimentos de VCU de feijão. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com três ou quatro repetições, conforme a quantidade de sementes e de área disponível para a condução dos experimentos. Cada parcela experimental continha quatro linhas de cultivo de 4 m de comprimento, sendo as duas linhas mais externas consideradas bordaduras e as duas linhas centrais, a área útil de 4 m². O espaçamento entrelinhas foi de 0,5 m e a densidade de semeadura foi ajustada conforme o hábito de crescimento de cada genótipo: tipo I (determinado) com 18 sementes por metro linear ou 300.000 plantas ha⁻¹; tipo II (indeterminado com guias curtas) com 16 sementes por metro linear ou 250.000 plantas ha⁻¹ e tipo III

(indeterminado com guias longas) com 13 sementes por metro linear ou 200.000 plantas ha⁻¹.

Os genótipos (linhagens e cultivares) foram obtidos por diferentes instituições de pesquisa, a citar: Embrapa Clima Temperado, DDP/SEAPI e UFSM, todas instituições do Estado do Rio Grande do Sul; EPAGRI no Estado de Santa Catarina; IDR e UEM no Estado do Paraná; IAC em São Paulo; e Embrapa Arroz e Feijão em Goiás. Os tratamentos foram constituídos de genótipos de diferentes grupos gênicos, sendo Andinos e Mesoamericanos. A composição dos experimentos variou de 11 a 26 tratamentos, totalizando 198 genótipos de feijão com os tipos de grãos mais produzidos e consumidos no Brasil: carioca, preto, rajado (tegumento bege com estrias vermelhas), vermelho, rosinha, amarelo e mouro (tegumento cinza com estrias pretas) (Apêndice 1). A cultivar Pérola esteve presente como testemunha em todos os biênios.

Até o ano de 2003, a composição dos experimentos de VCU alterava anualmente. Após, a composição passou a ser obrigatoriamente bienal para atender (MAPA, 2001). Os experimentos a campo foram conduzidos pelo cultivo convencional, no qual a cultura do feijão foi cultivada nos experimentos de verão e plantas de cobertura nos cultivos de inverno, como aveia preta, ervilhaca, tremoço, entre outras. A correção da acidez e as adubações de correção e de manutenção foram realizadas com base na interpretação da análise química do solo, visando atender às demandas da cultura do feijão. Aplicações de inseticidas e de herbicidas ocorreram sempre que necessárias. Para o controle de plantas daninhas, também foram efetuadas capinas manuais. Essa prática tem o intuito de diminuir a competição interespecífica. Fungicidas somente foram utilizados no tratamento de sementes, a fim de avaliar a incidência natural de doenças na cultura.

3.2 AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS

Durante a colheita, realizada manualmente, para a produtividade de grãos, em kg ha⁻¹, considerou-se o cálculo de toda a área útil, quando os grãos se encontravam com 13% de umidade. Na área útil, também foram amostradas dez plantas aleatoriamente, a fim de avaliar os componentes da produtividade: massa de 100

grãos (g) à 13% de umidade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem.

Os caracteres fenológicos foram avaliados a campo, na área útil das parcelas, sendo a floração, período entre a emergência e o estágio R6 (50% das plantas da parcela apresentavam pelo menos uma flor totalmente aberta) e o ciclo, caracterizado pelo período entre a emergência (50% da parcela com plântulas visíveis acima do solo) e a maturação (R9, vagens totalmente secas). Ainda a campo, para os caracteres de arquitetura de planta, foram atribuídas notas por meio de observações visuais para acamamento e nota geral de adaptação (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1987). Ambos os caracteres foram avaliados no estágio R9 por, no mínimo, dois avaliadores para diminuir a subjetividade na atribuição das notas. Os demais caracteres de arquitetura de planta: altura de inserção da primeira vagem e da última vagem, foram obtidos pelas dez plantas colhidas aleatoriamente e mensurados a partir do nível do solo até a altura da primeira e da última vagem, respectivamente. Abaixo, as escalas utilizadas:

- nota de acamamento, sendo: 1: todas as plantas eretas; 2: poucas plantas caídas ou todas as plantas levemente inclinadas; 3: 25% das plantas caídas ou todas as plantas inclinadas em torno de 25°; 5: 50% das plantas caídas ou todas as plantas inclinadas a 45°; 7: 75% das plantas caídas ou todas inclinadas a 65°; 8: poucas plantas não estão caídas ou quase tocando o solo, e 9: todas as plantas caídas, tocando o solo.

- nota geral de adaptação, de 1 a 9, sendo: 1: excelente; 4: regular e 9: péssimo.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos em todos os experimentos foram digitados e organizados em planilhas do Microsoft® Office Excel. Posteriormente, foi realizada a análise de variância individual com 5% de probabilidade do erro pelo teste F. As respectivas estatísticas foram obtidas para cada experimento e para todos os caracteres avaliados:

Coeficiente de variação experimental (CVE):

$$CVE = 100 \frac{(QMe)^{0,5}}{\bar{Y}}$$

Coeficiente de variação genético (CVG):

$$CVG = 100 \frac{(QMg)^{0,5}}{\bar{Y}}$$

Valor do teste F calculado (Fc):

$$F_c = \frac{QMg}{QMe}$$

Herdabilidade (h^2):

$$h^2 = \frac{QMg - QMe}{QMg}$$

Acurácia seletiva (AS):

$$AS = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{F_c}\right)}$$

Sendo:

\bar{Y} = média geral do experimento

QMg* = quadrado médio de genótipo

QMe* = quadrado médio do erro

*QM = soma dos quadrados dividido pelo grau de liberdade

A metodologia de Vencovsky et al. (1988) foi adaptada para biênios, conforme o Apêndice 1, e foi usada para obter as estimativas de ganho genético para os caracteres agrônômicos. A média dos experimentos de mesmo biênio (conjunto de experimentos de VCU de um mesmo ciclo, sendo que após 2003, iniciando em anos pares) e não a média dos anos, como consta na metodologia original, foi utilizada para os cálculos, uma vez que a composição dos experimentos referentes a um mesmo biênio não se altera entre uma safra e outra. A média do biênio já foi utilizada em outras metodologias, como em adaptações de Matos, Ramalho e Abreu (2007) utilizando a metodologia de Abreu et al. (1994).

A metodologia de Vencovksy et al. (1988), adaptada para biênios, foi escolhida para a estimativa do ganho genético dos caracteres agrônômicos, segundo a expressão:

$$\widehat{G}g = (\bar{y}_j - \bar{y}_i) - (\bar{y}_{cj} - \bar{y}_{ci})$$

em que:

$\widehat{G}g$ = estimativa do ganho genético ou diferença genética

\bar{y}_j = média geral dos genótipos no biênio j

\bar{y}_i = média geral dos genótipos no biênio i

\bar{y}_{cj} = média geral dos genótipos do biênio j que são comuns em ambos os biênios

\bar{y}_{ci} = média geral dos genótipos do biênio i que são comuns em ambos os biênios

$(\bar{y}_j - \bar{y}_i)$ = diferença bruta

$(\bar{y}_{cj} - \bar{y}_{ci})$ = diferença ambiental

O balanço do ganho genético foi obtido pelo método dos quadrados mínimos generalizados (CRUZ, 2001). A porcentagem de ganho genético médio obtida por biênio foi estimada pela equação:

$$\% \text{ de } \widehat{G}g \text{ médio por biênio} = \frac{\mu \widehat{G}g}{\bar{y}_1} 100$$

As taxas de inclusão (I%), manutenção (M%), exclusão (E%) e renovação (R%) de genótipos em cada biênio foram calculadas pelas seguintes expressões:

$$I\% = \frac{100I}{M + E + I}$$

$$M\% = \frac{100M}{M + E + I}$$

$$E\% = \frac{100E}{M + E + I}$$

$$R\% = \frac{100I}{M + I}$$

em que:

I = número de genótipos novos em relação ao biênio anterior

M = número de genótipos mantidos para a avaliação no biênio posterior

E = número de genótipos excluídos da avaliação no biênio posterior

O aplicativo Microsoft® Office Excel foi utilizado para organizar o banco de dados, mensurar as médias dos biênios e do calcular o ganho genético em

porcentagem. Já, o *software* GENES (CRUZ, 2016), foi escolhido para rodar as análises de variância individuais e para obtenção das estimativas de ganho genético para os diferentes caracteres agronômicos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os 31 experimentos avaliados apresentaram precisão experimental para acurácia seletiva (AS) e valor de F calculado (Fc) entre moderada ($1,33 < Fc < 1,96$; $0,50 < AS < 0,70$), alta ($1,96 < Fc < 5,26$; $0,70 < AS < 0,90$) e muito alta ($Fc > 5,26$; $AS > 0,90$) para a produtividade (Tabela 1) pelas classes propostas por Resende e Duarte (2007). Essas estatísticas consideram o quadrado médio dos genótipos e não apenas o desvio padrão e permitem classificar os experimentos com mais assertividade. Com os resultados das análises de variância (Tabela 1), foram excluídos os experimentos 2002/1^a, 2012/1^a, 2013/1^a, 2014/1^a, 2015/1^a e 2017/2^a devido à produtividade de grãos inferior a $701,50 \text{ kg ha}^{-1}$, a fim de diminuir a influência das variações ambientais dentro dos experimentos de mesmo biênio. Apesar de obter estatísticas experimentais para todos os caracteres avaliados (Apêndices 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13), considerou-se apenas os resultados da produtividade de grãos como critérios de exclusões de experimentos.

Tabela 1- Análise da variância individual para produtividade de grãos (kg ha⁻¹) obtida em 31 experimentos (Exp) de Valor de Cultivo e Uso (VCU) avaliados entre 1998 e 2021 em Santa Maria, RS, contendo: ano e safra correspondentes, tipo de grãos (T), número de genótipos avaliados por experimento (N^o), valor mínimo (Mín, kg ha⁻¹), valor máximo (Máx, kg ha⁻¹), média (Média, kg ha⁻¹), quadrado médio dos blocos (QMb), quadrado médio dos tratamentos (QMt), quadrado médio do erro (QMe), valor do teste F para genótipo (Fc), coeficiente de variação experimental (CVE, %), coeficiente de variação genético (CVG, %), herdabilidade (h², %) e acurácia seletiva (AS).

Exp	Ano/Safra ^a	T ^b	N ^o	Mín	Máx	Média	QMb	QMt	QMe	Fc	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	1366,67	4193,33	2903,72	51558,24	526239,21*	177543,71	2,96	14,51	11,74	66,26	0,81
2	1999/1 ^o	C/P	20	1777,00	3797,00	2699,07	623400,47	327971,67*	101902,76	3,22	11,83	10,17	68,93	0,83
3	2000/1 ^o	P	24	417,83	3479,50	1583,40	368581,42	588719,17*	155560,44	3,78	24,91	24,00	73,58	0,86
4	2001/1 ^o	C	14	510,70	2328,03	1220,27	431425,68	233331,87*	63887,36	3,65	20,71	19,47	72,62	0,85
5	2001/1 ^o	P	18	317,93	3064,80	1358,85	130926,23	391175,91 ^{ns}	222540,58	1,76	34,72	17,45	43,11	0,66
6	2002/1 ^o	Co	18	74,33	1075,23	493,60	79402,38	106059,57*	23511,34	4,51	31,06	33,60	77,83	0,88
7	2003/1 ^o	C	16	1415,33	3011,23	2312,64	136725,45	159876,48 ^{ns}	96301,83	1,66	13,42	6,29	39,76	0,63
8	2003/1 ^o	Co	26	365,97	2798,23	1594,68	1136477,95	413059,67*	133785,66	3,09	22,94	19,13	67,61	0,82
9	2004/1 ^o	C/P	16	997,67	2759,33	1705,52	29113,97	314378,91*	69922,07	4,50	15,50	14,49	77,76	0,88
10	2005/1 ^o	C/P	16	1010,67	2967,00	1751,33	73330,37	193458,45 ^{ns}	133475,11	1,45	20,86	6,99	31,00	0,56
11	2006/1 ^o	C/P	13	995,50	2704,00	1824,92	42870,70	624122,33*	101245,34	6,16	17,43	19,81	83,78	0,91
12	2007/1 ^o	C/P	15	696,50	2238,25	1532,00	222713,72	266994,82*	100096,45	2,67	20,65	13,33	62,51	0,79
13	2009/2 ^o	C/P	17	1731,50	3177,25	2559,94	74051,78	192853,68*	38525,07	5,00	7,67	7,67	80,02	0,89
14	2010/1 ^o	Co	14	1221,00	3559,50	2566,89	90676,80	887987,62*	95236,89	9,32	12,02	17,34	89,27	0,94
15	2011/2 ^o	Co	16	735,43	1993,73	1437,45	23744,58	177652,45*	37147,62	4,78	13,41	13,04	79,09	0,89
16	2011/1 ^o	Co	16	540,25	2248,75	1411,32	275197,19	326944,56*	101074,48	3,23	22,53	16,84	69,08	0,83
17	2012/1 ^o	C/P	14	117,50	1321,50	532,81	14605,04	169627,38*	78067,69	2,17	52,44	32,79	53,98	0,73
18	2013/2 ^o	C/P	14	584,50	1905,00	1164,67	274746,57	222877,52*	40851,83	5,45	17,35	21,15	81,67	0,90
19	2013/1 ^o	Co	15	26,00	1676,00	556,80	232857,58	486790,99*	96746,56	5,03	55,86	64,76	80,12	0,89
20	2014/2 ^o	Co	16	382,26	3049,75	1561,06	650835,67	505809,50*	164456,38	3,07	25,98	21,61	67,49	0,82
21	2014/1 ^o	Co	16	10,00	1342,50	460,24	10873,16	372322,92*	6552,82	56,82	17,59	65,70	98,24	0,99
22	2015/2 ^o	C/P	14	387,00	2122,75	1202,13	19741,93	632119,96*	50411,19	12,54	18,68	31,72	92,02	0,96
23	2015/1 ^o	C/P	14	37,25	866,00	331,80	67857,52	105817,52*	21478,81	4,93	44,17	43,76	79,70	0,89
24	2016/1 ^o	C/P	17	309,25	3002,50	1514,04	96305,76	919277,67*	153331,48	5,99	25,86	33,37	83,32	0,91
25	2017/2 ^o	C/P	17	249,75	1308,75	701,50	10515,44	115968,46*	28623,26	4,05	24,12	24,32	75,32	0,87
26	2017/1 ^o	C/P	17	640,75	2773,00	1798,64	591366,73	611667,74*	134723,49	4,54	20,41	22,17	77,97	0,88
27	2018/2 ^o	C/P	17	691,50	2034,50	1543,51	6401,92	232940,95*	43453,49	5,36	13,50	16,28	81,34	0,90
28	2019/2 ^o	Co	18	422,75	1470,00	970,25	8757,68	157824,88*	29087,84	5,42	17,58	21,35	81,57	0,90
29	2019/1 ^o	Co	17	232,00	3090,00	1400,46	203188,99	857173,51*	211485,59	4,05	32,84	33,13	75,33	0,87
30	2020/1 ^o	C/P	12	909,30	3674,28	2580,66	9475,41	944600,02*	98553,90	9,58	12,16	20,58	89,57	0,95
31	2021/2 ^o	C/P	11	566,00	2053,68	1544,32	347189,07	324515,19*	76517,14	4,24	17,91	18,62	76,42	0,87

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

^aSafra: 1^o: safra (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Fonte: Autora.

Nenhum biênio manteve mais que 18,64% da sua composição em relação ao biênio posterior, com renovação média de 76,95%, além de uma manutenção de apenas 12,13% entre os biênios (Tabela 2). Esses dados sugerem esforços dos programas de melhoramento no desenvolvimento de novas cultivares. Porém, vale ressaltar que antes de 2003 a composição dos experimentos variava anualmente e, posteriormente, passou a ser a mesma durante dois anos consecutivos, o que possibilita analisar a interação genótipo x ambiente com maior assertividade, uma vez que os experimentos irão se repetir em mais safras, mas também pode gerar atrasos no lançamento de novas cultivares de feijão.

Tabela 2- Quantidade de genótipos comuns (Gen. comuns), porcentagem de inclusão, exclusão, manutenção e renovação de genótipos a cada biênio em relação ao anterior.

Biênios	Gen. comuns	Inclusão	Manutenção	Exclusão	Renovação
2º/1º	11	47,46%	18,64%	33,90%	71,79%
3º/2º	8	46,58%	10,96%	42,47%	80,95%
4º/3º	6	19,23%	11,54%	69,23%	62,50%
5º/4º	3	42,86%	10,71%	46,43%	80,00%
6º/5º	3	48,28%	10,34%	41,38%	82,35%
7º/6º	4	41,38%	13,79%	44,83%	75,00%
8º/7º	4	44,83%	13,79%	41,38%	76,47%
9º/8º	4	37,04%	14,81%	48,15%	71,43%
10º/9º	4	48,15%	14,81%	37,04%	76,47%
11º/10º	1	50,00%	2,94%	47,06%	94,44%
12º/11º	3	33,33%	11,11%	55,56%	75,00%
Média		41,74%	12,13%	46,13%	76,95%

Fonte: Autora.

A diferença ambiental, pela metodologia de Vencovsky et al. (1988), é dada pela diferença entre as médias dos genótipos em comum no experimento posterior em relação ao experimento anterior. Neste caso, os biênios 10 e 11 (Tabela 2), ao possuírem apenas um genótipo em comum (testemunha Pérola), podem ter comprometido parte da alteração ambiental, subestimando ou superestimando o ganho genético entre estes dois biênios ao final da equação. Todavia, em grandes bancos de dados, estes obstáculos costumam ter pouca participação no resultado final. Além disso, ao se comparar o ganho genético da produtividade obtidos com a literatura, foi possível verificar ganhos similares.

Ainda sobre a composição dos biênios, a quantidade de genótipos que compõem os experimentos diminuiu consideravelmente ao longo dos anos (Tabela 3). Um dos motivos desta redução de genótipos é devido a alguns acordos realizados entre as instituições obtentoras, no qual antigamente não havia limites de linhagens que cada instituição poderia enviar para compor os experimentos de VCU e, após 2004, cada instituição que participa da Rede Sul-Brasileira de Feijão pode enviar até duas linhagens novas por biênio. Além disso, esse decréscimo de tratamentos pode estar associado à uma mudança de foco de cultura desses programas (CHIORATO et al., 2010) o que é verificado pela redução na área cultivada com feijão nos últimos anos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021) e menos instituições participantes nos biênios mais recentes.

Tabela 3- Quantidade de genótipos (Nº Gen) por biênio e quantidade e proporção de genótipos do tipo carioca, preto e cores em sua composição.

Experimentos (Ano/Safra)	Biênio	Nº Gen	Pretos	Cariocas	Cores
1998/1 ^a , 1999/1 ^a	1 ^o	31	27 (87,10%)	4 (12,90%)	-
2000/1 ^a (P), 2001/1 ^a (C), 2001/1 ^a (P)	2 ^o	39	25 (64,10%)	14 (35,90%)	-
2003/1 ^a (C), 2003/1 ^a (Co)	3 ^o	42	24 (57,14%)	16 (38,10%)	2 (4,76%)
2004/1 ^a , 2005/1 ^a	4 ^o	16	11 (68,75%)	5 (31,25%)	-
2006/1 ^a , 2007/1 ^a	5 ^o	15	11 (73,33%)	4 (26,67%)	-
2009/2 ^a	6 ^o	17	8 (47,06%)	9 (52,94%)	-
2010/1 ^a , 2011/2 ^a , 2012/1 ^a	7 ^o	16	9 (56,25%)	5 (31,25%)	2 (12,50%)
2013/2 ^a , 2014/2 ^a	8 ^o	17	8 (47,06%)	8 (47,06%)	1 (5,88%)
2015/2 ^a	9 ^o	14	5 (35,71%)	9 (64,29%)	-
2016/1 ^a , 2017/1 ^a , 2018/2 ^a	10 ^o	17	8 (47,06%)	9 (52,94%)	-
2019/2 ^a , 2019/1 ^a	11 ^o	18	8 (44,44%)	7 (38,89%)	3 (16,67%)
2020/1 ^a , 2021/2 ^a	12 ^o	12	7 (58,33%)	5 (41,67%)	-
Total			57,19%	39,49%	3,32%

Fonte: Autora.

A produtividade dos biênios variou de 2784,41 kg ha⁻¹ no 1^o biênio a 1167,04 kg ha⁻¹ no 11^o biênio (Apêndice 3). Estes resultados causam a impressão de que as linhagens mais antigas eram mais produtivas que as mais atuais, porém, após o balanço do ganho genético com todos os biênios, é possível verificar ganhos positivos para o caractere (Tabela 4, Apêndice 2). Esta observação confirma a necessidade de um banco de dados com o máximo de biênios possível, uma vez que a ausência de um biênio poderia resultar no saldo negativo da diferença genética após o balanço e, por tanto, subestimar o ganho do programa.

Tabela 4- Estimativas de ganho genético por biênio obtido pelos programas de melhoramento da Rede Sul-Brasileira de Feijão em experimentos avaliados em Santa Maria, RS, de 1998 a 2021.

	%	Ganho Genético	
		Médio	Unidade
Produtividade de grãos	1,50	24,77	kg ha ⁻¹
Massa de 100 grãos	2,13	0,49	g
Número de vagens por planta	-5,83	-0,74	vagens
Número de grãos por vagem	-0,45	-0,02	grãos
Floração	0,95	0,37	dias
Ciclo	0,29	0,24	dias
Nota de acamamento	-3,64	-0,20	
Nota geral de adaptação	-2,47	-0,13	
Altura de inserção da primeira vagem	4,83	0,79	cm
Altura de inserção da última vagem	1,83	0,83	cm

Fonte: Autora.

O ganho para a produtividade de grãos encontrado é de 1,50% ou 24,77 kg ha⁻¹ biênio⁻¹ (Tabela 4, Apêndice 2 e 3). Na literatura, observou-se ganhos também positivos de 0,35% ano⁻¹ via regressão linear (LEMOS et al., 2020); de 1,02% ano⁻¹ via modelos mistos, de 1,20% via modelos fixos e de 1,23% via método direto (FARIA et al., 2017), e de 1,44% biênio⁻¹ com a metodologia de Matos, Ramalho e Abreu (2007) (FARIA et al., 2013) para a produtividade de grãos avaliada em linhagens de feijão. Apesar de uma menor quantidade de linhagens lançadas nos últimos anos (Tabela 2), da menor área cultivada com feijão no Brasil e de do menor número de instituições participantes da Rede Sul-Brasileira de Feijão, a composição dos biênios está sendo renovada com linhagens superiores em produtividade às de antigamente.

O aumento da produtividade de grãos foi associado ao ganho genético em massa de 100 grãos (0,49 g ou 2,15% biênio⁻¹) em detrimento do ganho genético negativo para o número de vagens por planta (-0,74 vagens biênio⁻¹ ou -5,83%) e o número de grãos por vagem (-0,02 grãos biênio⁻¹ ou -0,45%) (Tabela 4, Apêndice 2 e 3). Apenas para a massa de 100 grãos foi possível comparar compatibilidade com a literatura: 0,62% ano⁻¹ via metodologia adaptada de Matos, Ramalho e Abreu (2007) (FARIA et al., 2014), 0,62% biênio⁻¹ via modelos mistos (FARIA et al., 2013); 2,08% ano⁻¹ via regressão não-linear bissegmentada (BARILI et al., 2016b) e 2,42% ano⁻¹ via regressão linear bissegmentada (BARILI et al., 2016a).

Já, para o número de vagens por planta e ao número de grãos por planta, obtiveram resultados diferentes: Barili et al. (2016a) verificaram ganho positivos para

feijão preto de 1960 a 2013 em ambos os caracteres: 2,36% ou 0,26 vagens planta⁻¹ ano⁻¹ e 2,24% ou 0,09 grãos vagem⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Todavia, o aumento significativo do ganho para esses caracteres ocorreu no final da década de 1980 e início da década de 1990, período este não abordado no presente estudo. A pouca quantidade de pesquisas de ganho genético dos componentes de produtividade dificulta comparações. Os ganhos genéticos negativos encontrados podem ser explicados uma vez que maiores massas de 100 grãos são associadas a menores números de grãos por vagem (BARILI et al., 2011). Os componentes de produtividade estão relacionados à fatores genéticos, porém também podem ser afetados pelo ambiente (RIBEIRO; DOMINGUES; ZEMOLIN, 2014).

O ganho genético para floração observado foi de 0,37 dias biênio⁻¹ (8 h 53 min) ou 0,95%, e para ciclo, de 0,25 dias biênio⁻¹ (6 h) ou 0,29% (Tabela 4, Apêndice 2 e 4). Bertoldo et al. (2014) também verificavam ganho de 0,19 dias por ano para ciclo pela metodologia de REML/BLUP e não foram encontrados trabalhos que abordem o ganho para floração em linhagens de feijão. Menores ciclos são desejáveis, pois possibilitam um melhor aproveitamento de área, aumento da janela de semeadura da cultura visando o período mais favorável de cultivo e diminui gastos com manejo e mão de obra durante o desenvolvimento da cultura. Além disso, em cultivos irrigados, cultivares com menores ciclos permitem economia de água (BURATTO et al., 2007). Sendo assim, este é um caractere que demanda atenção pelos programas de melhoramento na busca do genótipo ideal.

Este resultado desfavorável para ciclo, pode ser atribuído à grande influência ambiental que o ciclo possui (RIBEIRO, HOFFMANN; POSSEBON, 2004), o que dificulta a fixação do caractere pelos programas de melhoramento. Diante disso, a floração é um caractere menos suscetível às variações ambientais que o ciclo, sendo uma alternativa para os programas de melhoramento como forma de conseguir ganhos genéticos indiretos para o ciclo por apresentar alta herdabilidade no sentido amplo e restrito (SANTOS; VENCOKSY, 1985; NADEEM et al., 2020).

O aumento da produtividade, ciclo e floração possivelmente possuem relação com os tipos de hábitos de crescimento das linhagens avaliadas mais recentemente. Na tabela 3, percebe-se que, nos biênios mais antigos (biênios 1, 2, 3, 4 e 5), está presente maior porcentagem de feijão de grãos preto. Do sexto biênio em diante, a

proporção de feijão de grãos preto não difere tanto em relação aos cariocas, sendo possível encontrar biênios em que mais genótipos de grãos carioca faziam parte da composição (biênios 6, 8, 9 e 10). Cultivares de feijão de grãos preto costumam ter hábito de crescimento tipo II, no qual, segundo Silva, Abreu e Ramalho (2009) e Singh et al. (1991), possuem menos e menores ramificações e, conseqüentemente, menor potencial produtivo, além de ciclo e floração inferiores às cultivares do tipo III, predominantemente grãos cariocas. Assim, quando se observa uma maior proporção do tipo carioca sendo lançada atualmente em relação aos biênios anteriores, são esperados ganhos genéticos positivos para produtividade, ciclo e floração.

Diante do ganho genético da nota de acamamento ($-0,20$ biênio⁻¹ ou $-3,64\%$), pode-se afirmar que plantas mais tolerantes ao acamamento estão sendo lançadas. Isto também é verificado na literatura por outras escalas: $2,00\%$ ano⁻¹ para tolerância a acamamento (FARIA et al., 2013) e $1,70\%$ para menor incidência de acamamento (FARIA et al., 2014).

Estimativas de ganho genético desejáveis são obtidas para os demais caracteres de arquitetura de plantas: $-0,13$ biênio⁻¹ ou $-2,47\%$ para nota geral de adaptação e $0,79$ cm biênio⁻¹ ou $4,83\%$ para altura de inserção da primeira vagem, com exceção da altura de inserção da última vagem ($0,83$ cm biênio⁻¹ ou $1,83\%$) (Tabela 4, Apêndice 2 e 4). Faria et al. (2013) e Barili et al. (2016a) também observaram melhorias para arquitetura de planta utilizando diferentes escalas que abordam todos os caracteres em uma só avaliação: $2,00\%$ e $1,35\%$ ano⁻¹, respectivamente.

Quanto à altura de inserção da primeira vagem, apesar do ganho positivo, todos biênios apresentaram média igual ou superior a 11 cm (Apêndice 4). Plantas com 12 cm ou mais de altura em relação ao solo reduzem os riscos de apodrecimento das vagens ao entrar em contato com o solo úmido (BURATTO et al., 2007). Esse resultado indica que até mesmo as linhagens mais antigas já se adequavam ao padrão esperado pelos programas de melhoramento, não sendo um mérito apenas dos lançamentos mais atuais.

A altura de inserção da última vagem também foi positiva e, conseqüentemente, associada a plantas com maior probabilidade de acamar, como frente a fortes ventos

e chuvas intensas. Isso pode ter relação com as linhagens de grãos cariocas, associados ao tipo III, lançadas em maior quantidade nos últimos biênios (Tabela 3).

Diante disso, destaca-se o ganho genético desejável obtido pelo caractere nota de acamamento. Plantas eretas e tolerantes ao acamamento facilitam os tratos culturais, diminuindo a incidência de doenças e facilitam a colheita mecanizada e manual (SILVA et al., 2009). Isso, somado ao ganho genético esperado da nota geral de adaptação, reforçam a ideia de que as novas linhagens lançadas ainda assim estão sendo superiores para arquitetura de plantas em relação às antigas.

4 CONCLUSÕES

As novas linhagens de feijão desenvolvidas pela rede Sul brasileira entre 1998 e 2021 apresentam ganho genético desejáveis para a produtividade de grãos (1,50%), massa de 100 grãos (2,15%), acamamento (-3,64%), nota geral de adaptação (-2,47%) e altura de inserção da primeira vagem (4,83%) em detrimento do número de vagens por planta (-5,83%), número de grãos por vagem (-0,45%), da floração (0,95%), do ciclo (0,29%) e da altura de inserção da última vagem (1,83%). Esses resultados podem estar associados ao maior número de genótipos de grãos cariocas (hábito de crescimento tipo III) lançados nos últimos biênios em relação aos mais antigos. A composição dos biênios está sendo renovada em média 76,95% por linhagens mais produtivas, eretas e com maior ciclo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias utilizadas pelos programas de melhoramento que compõem a Rede Sul-Brasileira de Feijão no período de 1998 a 2021 apresentaram êxito na obtenção de cultivares de feijão com maior produtividade e arquitetura de planta ereta, o que atende às expectativas de feijão dos programas de melhoramento e dos produtores rurais para esses caracteres. Porém, recomenda-se os programas a buscarem alternativas a fim de obter genótipos superiores também com ciclo precoce.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. Processo do melhoramento genético do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 105-112, 1994.
- ALMEIDA, C.; PEDROSA-HARAND, A. High macro-collinearity between lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) and the common bean (*P. vulgaris* L.) as revealed by comparative cytogenetic mapping. **Theoretical and Applied Genetics**, [S.l.], v. 126, n. 7, p. 1909-1916, 2013.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARRIEL, E. F.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Análise dialéctica do número de dias para o florescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 5, p. 759-763, 1990.
- BALCHA, A. Genetic variation for grain yield and water absorption in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Journal of Food Science and Technology**, [S.l.], v. 1, n. 6, p. 128-131, 2010.
- BARILI, L. D. et al. Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 263-274, 2011.
- BARILI, L. D. et al. Five decades of black common bean breeding in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 259-266, 2016a.
- BARILI, L. D. et al. Genetic progress resulting from forty-three years of breeding of the carioca common bean in Brazil. **Genetic and Molecular Research**, Viçosa, v. 15, n.3, p. 1-11, 2016b.
- BERNIER, J. et al. Breeding upland rice for drought resistance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 88, n. 6, p. 927–939, 2008.
- BERTOLDO, J. G. et al. Genetic progress of black bean (*Phaseolus vulgaris*) over seven years. **Interciencia**, [S.l.], v. 39, n. 1, p. 24-30, 2014.
- BERTOLDO, J. G. et al. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 45, n. 3, p. 348-355, 2015.
- BLAIR, M. W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 121, n. 2, p. 237-248, 2010.

BURATTO, J. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, 2007, p. 373-380.

CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CERNA, J.; BEAVER, J. S. Inheritance of early maturity of indeterminate dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 1, p. 1215-1218, 1990.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Standard system for the evaluation of bean germplasm**. 1. ed. Cali: Ciat, 1987, 54 p.

CHIORATO, A. F. et al. Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 329-336, 2010.

CHENU, K. Characterizing the crop environment: nature, significance and applications. In: SADRAS, V. O., CALDERINI, D. F. (Eds.), *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. **Crop physiology**, Boston, p. 321–348, 2015.

COELHO, C. M. M. et al. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária**. v. 6, safra 2018/2019. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos**, safra 2021/2022, 3º levantamento. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 12 dez. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos**, safra 2021/22, Brasília, v. 9, n. 6, p. 1-87, 2022a. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/41379_f737bf1c32e3b400126505b7e1e4055b>. Acesso em: 15 mar 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos**, safra 2021/22, Tabela de dados – Produção e balanço de oferta e demanda de grãos, 2022b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/41380_1353e587f0d8a7bf425a3a0e1e5bb959>. Acesso em: 15 mar 2022.

CORRÊA, E. R. et al. Genetic progress of the peach breeding program of Embrapa over 16 years. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Minas Gerais, v. 19, n. 3, p. 319-328, 2019.

COSTA, J. C. G.; ZIMMERMANN, M. J. O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, p. 229-245, 1988.

COSTA, J. G. C. et al. Yield stability and adaptability of common bean lines developed by Embrapa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 141-145, 2008.

CRUZ, C. D. Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

DELFINI, J. et al. Distinctness of Brazilian common bean cultivars with carioca and black grain by means of morphoagronomic and molecular descriptors. **PloS One**, [S.l.], v. 12, n. 11, p. e0188798, 2017.

DREWNOWSKI, A. The cost of US foods as related to their nutritive value. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [S.l.], v. 92, n. 5, p. 1181-1188, 2010.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Sócioeconomia**. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

ENDER, M.; KELLY, J. D. Identification of QTL associated with white mold resistance in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 6, p. 2482-2489, 2005.

FARIA, L. C. et al. Genetic progress during 22 years of improvement of carioca-type common bean in Brazil. **Field Crops Research**, Madison, v. 142, n. 20, p. 68-74, 2013.

FARIA, L. C. et al. Genetic progress during 22 years of black bean improvement. **Euphytica**, Netherlands, v. 199, p. 261-27, 2014.

FARIA, L. C. et al. Genetic gain in common bean with black grain by indirect estimation methods. **Crop Science**, Madison, v. 57, n. 3, p. 1308-1314, 2017.

FOLLMANN, D. N. et al. Genetic progress in homogeneous regions of wheat cultivation in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2017a.

FOLLMANN, D. N. et al. Genetic progress in sunflower crop in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, p. 1-9, 2017b.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The global economy of pulses.** Rome, 2019. 174 p.

GELMAN, A. Analysis of variance: why it is more important than ever. **The Annals of Statistics**, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 1-53, 2005.

GEPTS, P.; BLISS, F. A. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Colombia. **Economic Botany**, New York, v. 40, n. 1, p. 469-478, 1986.

GIOIA, T. et al. Evolution of SSR diversity from wild types to US advanced cultivars in the Andean and Mesoamerican domestications of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **PLoS One**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 1-21, 2019.

GOMES, A. B. S. et al. Genetic gain via REML/BLUP and selection indices in snap bean. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 36, n. 2, p. 195-198, 2018.

HEINEMANN, A. B. et al. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 225, n. 1, p. 57-74, 2016.

HOFFMANN JÚNIOR, L. et al. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1543-1548, 2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Feijão Preto IPR Urutau. 2022.

Disponível em:

<http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/negocios/folders/feijao/IPR-Urutau.pdf>. Acessado em 14 mar 2022.

LEMOS, R. C. et al. A half century of a bean breeding program in the South and Alto Paranaíba regions of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 1-8, 2020.

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

MATOS, J. W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento genético do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1749-1754, 2007.

MAPA. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares - RCN.** Anexo IV. 2001. Não paginado.

MAPA. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares - RCN**. Instrução normativa n° 25, de 23 de maio de 2006. Brasília, DF, 2006. Não paginado.

MAPA. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultivar Web. **Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Não paginado. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acessado em: 19 mar 2022.

MELO, L. C. **Procedimentos para condução de experimentos de valor de cultivo e uso em feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 2009. 104 p. (Documento, 239).

MIORINI, T. J. J.; SAAD, J. C. C.; MENEGALE, M. L. Supressão de água em diferentes fases fenológicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 360-368, 2011.

MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J.; FONSECA JÚNIOR, N. Recurrent selection to development of carioca type common beans cultivars at IAPAR. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**. [S.l.], 2016.

MONTOYA, C. A. et al. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Research International**, [S.l.], v. 43, n. 2, p. 443-449, 2010.

MORAES, M. T. et al. Potencial de rendimento de feijoeiro de diferentes hábitos na região norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-9, 2011.

MOREIRA, R. M. P. et al. Potencial agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 1051-1060, 2009.

MOURA, M. M. et al. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013.

NADEEM, M. A. et al. Phenotypic characterization of 183 Turkish common bean accessions for agronomic, trading, and consumer-preferred plant characteristics for breeding purposes. **Agronomy**, Basiléia, v. 10, n. 2, p. 272, 2020.

NASSAR, R. M. A.; AHMED, Y. M.; BOGHDADY, M. Botanical studies on *Phaseolus vulgaris* L. I - morphology of vegetative and reproductive growth. **International Journal of Botany**, Berlin, v. 6, n. 3, p. 323-333, 2010.

OLIVEIRA, L. D. S. G. et al. Genetic diversity of recombinant inbred lines of *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 52, n. 3, p. 1-9, 2021.

PERINA, E. F. et al. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, 2010.

PINHEIRO, L. R. **Correlações entre os caracteres estruturais determinantes dos hábitos de crescimento das cultivares de feijão**. 2015. 152 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2015.

POMPEU, A. S. Feijão. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, p. 111-156, 1993.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Desempenho de progênies precoces de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes locais e épocas de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 40, n. 229, p. 272-280, 1993.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, P. S. J. Interação genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 3, p.176-181, 1998.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precision and quality control in variety trials. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 3, n. 37, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, N. D.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POSSEBON, S. B. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 10, n. 1, 2004, p. 19-29.

RIBEIRO, N. D.; POSSEBON, S. B.; STORCK, L. Progresso genético em caracteres agronômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 629-633, 2003.

RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; ZEMOLIN, A. E. M. Avaliação dos componentes da produtividade de grãos em feijão de grãos especiais. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 2, p. 178 - 186, 2014.

RIBEIRO, N. D. et al. Phenological, plant architecture, and grain yield traits on common bean lines selection. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 657-666, 2018.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

- SANTOS, J. B.; VENCOVKSY, R. Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 841-845, 1985.
- SILVA, C. A. **Associação entre arquitetura da planta e a produtividade do feijoeiro do mesmo “pool” gênico**. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.
- SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.
- SILVA JÚNIOR, A. C. et al. Genetic progress over twenty-three years of irrigated rice breeding in southeastern Brazil. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 43, n. 1, p. 1-12, 2021.
- SILVA, M. O.; BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 339-346, 2013.
- SINGH, S. P. et al. Genetic diversity in cultivated common bean: II. marker-based analysis of morphological and agronomic traits. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 1, 1991, p. 23-29.
- SINGH, S. P. et al. Seventy-five years of breeding dry bean of the western USA. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 3, p. 981-989, 2007.
- SOUZA, T. L. P. O. et al. BRS FP403: high-yielding black-seeded common bean cultivar with superior grain quality and moderate resistance to fusarium wilt. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 240-244, 2019.
- SUZANA, C. S. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes salvas de feijão produzidas no Médio Alto Uruguai, RS, Brasil. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 29, n. 2, p. 157-166, 2017.
- TALUKDER, Z. I. et al. Genetic diversity and selection of genotypes to enhance Zn and Fe content in common bean. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.90, n.1, p. 49-60, 2010.
- TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G; PIANO, J. T. Melhoramento genético do feijoeiro: avanços, perspectivas e novos estudos, no âmbito nacional. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 3, p. 217-223, 2015.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Brazilian Dry Bean Production**. Gain report n. BR 1921. Brasília, 2019. 7 p. Disponível em:

<<http://usdabrazil.org.br/pt-br/reports/brazilian-dry-bean-production.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

VENCOVSKY, R. et al. **Progresso genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, [S.l.], v. 16, p. 300-307, 1988.

VIEIRA, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Crossing incompatibility in some bean cultivars utilized in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 1, p. 169-171, 1989.

VIEIRA, C. et al. **Melhoramento do feijão**. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. 969 p.

VILHORDO, B. W.; MÜLLER, L. **Correlação entre caracterização botânica e classificação comercial em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Porto Alegre: IPAGRO, 1981, 62 p.

WOYANN, L. G. et al. Genetic gain over 30 years of spring wheat breeding in Brazil. **Crop Science**, Madison, v. 59, n. 5, p. 2036-2045, 2019.

**APÊNDICE 1 - COMPOSIÇÃO EXPERIMENTAL CLASSIFICANDO EM:
EXPERIMENTOS AVALIADOS PELO PROGRAMA EM ORDEM
CRONOLÓGICA (E) E SEUS RESPECTIVOS BIÊNIOS (B), ANO/SAFRA DE
IMPLANTAÇÃO E TIPOS DE GRÃOS.**

(continua)

E ^a	B ^b	Ano/ Safrac	T ^d	Genótipos
1	1 ^o	1998/1 ^o	C/P	Carioca, Diamante Negro, FE 821732, FPGCF 058, FPGCF 101, M 89148-2, M 8985-2, M 91-012, Macotaço, MT 95202057, Pérola, SM 89153, TB 94-06, TB 94-08, TB 94-09, TB 94-20, TB 95-01, TB 95-02, TB 95-03 e TPS Nobre
2	1 ^o	1999/1 ^o	C/P	Carioca, LM 92204133, LM 93204217, LM 95102835, M 8985-2, M 8990, Macotaço, MT 95202057, Pérola, SM 89-15, SM 89153, SM 97-04, SM 97-07, SM 97-08, TB 94-01, TB 95-01, TB 95-02, TB 96-08, TB 97-13 e TPS Nobre
3	2 ^o	2000/1 ^o	P	CI-9637, CI-9690, CI-9844, CI-9849, CI-9867, CNFP-7560, CNFP-8078, CNFP-8087, CNFP-8097, CNFP-8100, CNFP-8104, Diamante Negro, LM 92204133, LP 98-13, M 8990, MT 95202057, SM 97-07, SM 98-09, TB 94-01, TB 96-09, TB 96-11, TB 96-13, TB 97-13 e TPS Nobre
4	2 ^o	2001/1 ^o	C	Carioca, CI-9633, CII-102, CNFC-8044, CNFC-8066, LH-11, LM 95102798, LM 95102835, LP 97-28, LP 97-58, Pérola, VI-0699, VI-4599 e VI-4899
5	2 ^o	2001/1 ^o	P	CI-9637, CI-9690, CI-9844, CI-9867, CNFP-7560, CNFP-8078, CNFP-8097, CNFP-8100, CNFP-8104, Diamante Negro, LM 92204133, SM 98-09, TB 94-01, TB 96-11, TB 96-13, TB 97-13, TB 98-13 e TPS Nobre
6	3 ^o	2002/1 ^o	Co	BRS Radiante, BRS Valente, CI-9637, CI-9690, CI-9844, CNFP-7775, CNFP-7777, CNFP-8078, CNFP-8100, CNFP-8104, FTS Soberano, Guabijú, TB 94-01, TB 96-11, TB 96-13, TB 97-13, TB 98-20 e TPS Nobre
7	3 ^o	2003/1 ^o	C	Carioca 11, Carioca Pitoco, CNFC-8009, CNFC-9435, CNFC-9458, CNFC-9461, CNFC-9471, CNFC-9484, CNFC-9494, CNFC-9500, CNFC-9504, CNFC-9506, CNFC-9518, FTS Magnífico, IAPAR 81 e Pérola
8	3 ^o	2003/1 ^o	Co	BRS Expedito, BRS Valente, Chocolate, CNFP-10158, CNFP-7966, CNFP-7972, CNFP-7994, CNFP-8000, CNFP-8104, CNFP-9328, Diamante Negro, FTS Soberano, Graúna, Guabijú, IPR Uirapurú, LP 98-13, Preto Comprido, TB 94-09, TB 96-11, TB 96-13, TB 97-13, TB 98-01, TB 98-02, TB 98-20, TPS Nobre e Vermelho Itajaí
9	4 ^o	2004/1 ^o	C/P	BRS Expedito, Carioca, CHP 99-54, CNFC-8202, CNFP-7762, Guabijú, Guapo Brilhante, LP 01-51, LP 99-79, Pérola, SCS 202 Guará, SM 98-09, SM 99-06, TB 96-13, TB 97-13 e TB 98-20
10	4 ^o	2005/1 ^o	C/P	BRS Expedito, Carioca, CHP 99-54, CNFC-8202, CNFP-7762, Guabijú, Guapo Brilhante, LP 01-51, LP 99-79, Pérola, SCS 202 Guará, SM 98-09, SM 99-06, TB 96-13, TB 97-13 e TB 98-20
11	5 ^o	2006/1 ^o	C/P	BRS Valente, CNFC-9461, CNFP-8000, DF 02-03, DF 03-02, Guapo Brilhante, Pérola, TB 02-02, TB 02-03, TB 02-13, TB 98-20, UTF 2810433 e UTF 53611313
12	5 ^o	2007/1 ^o	C/P	BRS Valente, CNFC-9461, CNFP-8000, DF 02-03, DF 03-02, Guapo Brilhante, Pérola, SM 06-06, SM 07-06, TB 02-02, TB 02-03, TB 02-13, TB 98-20, UTF 2810433 e UTF 53611313
13	6 ^o	2009/2 ^o	C/P	BRS Valente, Carioca, CHC 97-29, CHP 98-59, CNFC-10408, CNFC-10429, GEN C 2-1-1, GEN C 2-1-3, Guapo Brilhante, LP 04-03, LP 04-72, Pérola, SM 07-07, SM 10-07, SM 12-07, TB 02-20 e TB 02-21
14	7 ^o	2010/1 ^o	Co	BRS MG Realce, BRS Valente, Carioca, CHC 01-175, CHP 986620, CNFP-10104, Guapo Brilhante, LP 07-80, LP 08-90, Pérola, SM 11-07, SM 18-10, TB 02-07 e TB 02-24
15	7 ^o	2011/2 ^o	Co	BRS MG Realce, BRS Valente, Carioca, CHC 01-175, CHP 986620, CNFP-10104, GEN P5-4-3-1, GEN Pr 14-2-3, Guapo Brilhante, LP 07-80, LP 08-90, Pérola, SM 11-07, SM 18-10, TB 02-07 e TB 02-24

(conclusão)

E ^a	B ^b	Ano/ Safrac	T ^d	Genótipos
16	7 ^o	2011/1 ^o	Co	BRS MG Realce, BRS Valente, Carioca, CHC 01-175, CHP 986620, CNFP-10104, GEN P 5-4-3-1, GEN Pr 14-2-3, Guapo Brilhante, LP 07-80, LP 08-90, Pérola, SM 11-07, SM 18-10, TB 02-07 e TB 02-24
17	8 ^o	2012/1 ^o	C/P	BRS Valente, Carioca, CHC 98-42, CHP 01-238, CNFC-10762, CNFP-10794, DF 06-09, DF 06-17, GEN C4-7-7-2-2, GEN C4-7-8-1-2, Guapo Brilhante, LP 09-181, LP 09-40 e Pérola
18	8 ^o	2013/2 ^o	C/P	BRS Valente, Carioca, CHC 98-42, CHP 01-238, CNFC-10762, CNFP-10794, DF 06-09, DF 06-17, GEN C4-7-7-2-2, GEN C4-7-8-1-2, Guapo Brilhante, LP 09-181, LP 09-40 e Pérola
19	8 ^o	2013/1 ^o	Co	CHC 98-42, BRS Valente, CHP 01-238, CNFC-10762, CNFP-10794, DF 06-09, DF 06-17, GEN C4-7-7-2-2, GEN C4-7-8-1-2, Guapo Brilhante, LP 09-40, LP 09-192, Pérola, TB 02-23 e TB 03-13
20	8 ^o	2014/2 ^o	Co	CHC 98-42, BRS Valente, Carioca, CHP 01-238, CNFC-10762, CNFP-10794, DF 06-09, DF 06-17, GEN C4-7-7-2-2, GEN C4-7-8-1-2, Guapo Brilhante, LP 09-40, LP 09-192, Pérola, TB 02-23 e TB 03-13
21	9 ^o	2014/1 ^o	Co	BRS Valente, C 10-2-4/41, Carioca, CHC 01-175-1, CHP 99 65.24, CNFC-11 948, CNFC-11 954, FAP-F3-2, Guapo Brilhante, LEC 03-14, LEP 04-14, LP 11-363, LP 12-601, Pérola, TB 03-26, TB 03-27
22	9 ^o	2015/2 ^o	C/P	BRS Valente, C 10-2-4/41, Carioca, CHC 01-175-1, CHP 99 65.24, CNFC-11 948, CNFC-11 954, FAP-F3-2, Guapo Brilhante, LEC 03-14, LEP 04-14, LP 11-363, LP 12-601, Pérola
23	9 ^o	2015/1 ^o	C/P	BRS Valente, C 10-2-4/41, Carioca, CHC 01-175-1, CHP 99 65.24, CNFC-11 948, CNFC-11 954, FAP-F3-2, Guapo Brilhante, LEC 03-14, LEP 04-14, LP 11-363, LP 12-601, Pérola
24	10 ^o	2016/1 ^o	C/P	BRS MG Uai, BRS Valente, Carioca, CHP 01-182-48, CHP 04-239-52, CNFC-15 097, GEN 45-2F-293P, Guapo Brilhante, IAC Netuno, LEC 01-16, LEC 02-16, LP 09-33, LP 11-117, Pérola, SM 03-12, TB 02-19, TB 03-11
25	10 ^o	2017/2 ^o	C/P	BRS MG Uai, BRS Valente, Carioca, CHP 01-182-48, CHP 04-239-52, CNFC-15 097, GEN 45-2F-293P, Guapo Brilhante, IAC Netuno, LEC 01-16, LEC 02-16, LP 09-33, LP 11-117, Pérola, SM 03-12, TB 02-19, TB 03-11
26	10 ^o	2017/1 ^o	C/P	BRS MG Uai, BRS Valente, Carioca, CHP 01-182-48, CHP 04-239-52, CNFC-15 097, GEN 45-2F-293P, Guapo Brilhante, IAC Netuno, LEC 01-16, LEC 02-16, LP 09-33, LP 11-117, Pérola, SM 03-12, TB 02-19, TB 03-11
27	10 ^o	2018/2 ^o	C/P	BRS MG Uai, BRS Valente, Carioca, CHP 01-182-48, CHP 04-239-52, CNFC-15 097, GEN 45-2F-293P, Guapo Brilhante, IAC Netuno, LEC 01-16, LEC 02-16, LP 09-33, LP 11-117, Pérola, SM 03-12, TB 02-19, TB 03-11
28	11 ^o	2019/2 ^o	Co	BRS Intrépido, CHP 01-182-12, CHP 04-239-01, CNFRJ-15411, CNFRS-15558, FAP-F3-2 SEL, Fepagro Garapiá, Fepagro Triunfo, LEC 04-16, Linhagem 110, LP 13-624, LP 13-84, Pérola, SM 05-11, SM 15-10, TB 17-02, TB 17-03, UEM 266
29	11 ^o	2019/1 ^o	Co	BRS Intrépido, CHP 01-182-12, CHP 04-239-01, CNFRJ-15411, CNFRS-15558, FAP-F3-2 SEL, Fepagro Garapiá, Fepagro Triunfo, LEC 04-16, Linhagem 110, LP 13-624, LP 13-84, Pérola, SM 15-10, TB 17-02, TB 17-03, UEM 266
30	12 ^o	2020/1 ^o	C/P	BRS Esteio, BRS Intrépido, CHC 04-233-2, CHP 12-355-02, Fepagro Triunfo, IPR Sabiá, IPR Urutau, LEC 03-16, LEP 01-16, LP 08-186, LP 09-180, Pérola
31	12 ^o	2021/2 ^o	C/P	BRS Esteio, BRS Intrépido, CHC 04-233-2, CHP 12-355-02, Fepagro Triunfo, IPR Sabiá, IPR Urutau, LEC 03-16, LEP 01-16, LP 09-180, Pérola

^bB: experimentos com mesma numeração pertencem ao mesmo biênio.

^cSafrac: 1^o: safra (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^dT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

**APÊNDICE 2 - BALANÇO DO GANHO GENÉTICO E AMBIENTAL DO
PROGRAMA DE MELHORAMENTO**

	Ganho			Unidade
	Genético	Ambiental	Total	
Produtividade de grãos	24,77	207,42	232,19	kg ha ⁻¹
Massa de 100 grãos	0,49	1,97	2,46	g
Número de vagens por planta	-0,74	1,86	1,12	vagens
Número de grãos por vagem	-0,02	0,07	0,05	grãos
Floração	0,37	3,89	4,26	dias
Ciclo	0,25	3,20	3,44	dias
Nota de acamamento	-0,20	-0,51	-0,71	
Nota geral de adaptação	-0,13	-0,63	-0,75	
Altura de inserção da primeira vagem	0,79	-3,54	-2,75	cm
Altura de inserção da última vagem	0,83	-3,12	-2,29	cm

APÊNDICE 3 - NÚMERO DE GENÓTIPOS POR BIÊNIO (Nº), MÉDIA DOS GENÓTIPOS INCLUÍDOS EM RELAÇÃO AO BIÊNIO ANTERIOR (MI), MÉDIA DOS GENÓTIPOS MANTIDOS PARA AVALIAÇÃO NO BIÊNIO POSTERIOR (MM), MÉDIA DOS GENÓTIPOS EXCLUÍDOS NO BIÊNIO POSTERIOR (ME) E MÉDIA GERAL DO BIÊNIO (MG) PARA AS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVIDADE (PROD), NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (NVP), NÚMERO DE GRÃOS POR VAGEM (NGV) E MASSA DE 100 GRÃOS (M100G).

Nº	Biênios											
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º
	31	39	42	16	15	17	16	17	14	17	18	12
	PROD (kg ha ⁻¹)											
MI	-1	1373,87	1907,01	1797,51	1592,03	2599,04	1785,83	1411,85	1204,37	1577,99	1154,31	2084,54
MM	2873,22	1486,23	1776,92	1635,00	1718,46	2399,33	1677,46	1129,54	1196,53	1764,54	1255,00	2104,88
ME	2735,56	1383,87	1883,40	1749,99	1634,09	2609,36	1785,83	1411,85	1204,37	1609,62	1149,45	-1
MG	2784,41	1404,87	1868,19	1728,43	1650,96	2559,94	1758,74	1345,42	1202,13	1618,73	1167,04	2104,88
	NVP											
MI	-1	9,66	11,22	11,48	15,16	13,10	11,19	11,55	11,41	12,58	15,29	16,84
MM	15,73	8,44	10,04	10,54	13,61	13,68	12,58	13,41	16,06	10,67	16,09	16,78
ME	18,24	9,92	11,05	10,84	15,25	12,97	11,19	11,55	11,41	12,82	15,47	-1
MG	17,35	9,61	10,90	10,79	14,92	13,14	11,54	11,99	12,74	12,69	15,58	16,78
	NGV											
MI	-1	4,43	4,50	4,66	4,14	5,18	4,43	3,91	4,31	3,77	3,79	4,59
MM	4,98	4,51	4,55	4,48	3,90	5,07	4,58	4,33	3,98	3,69	4,00	4,59
ME	5,13	4,46	4,47	4,57	4,20	5,18	4,43	3,91	4,31	3,85	3,74	-1
MG	5,08	4,47	4,48	4,55	4,14	5,16	4,46	4,01	4,22	3,84	3,78	4,59
	M100G (g)											
MI	-1	19,78	21,33	19,07	19,79	24,24	24,86	23,28	26,15	26,67	24,22	23,99
MM	25,41	21,15	21,50	19,20	21,11	23,13	22,52	21,65	25,26	30,38	24,35	24,38
ME	22,84	19,89	21,05	19,81	19,96	24,17	24,86	23,28	26,15	26,33	24,28	-1
MG	23,75	20,15	21,11	19,69	20,19	23,92	24,28	22,90	25,89	26,57	24,30	24,38

APÊNDICE 4 - NÚMERO DE GENÓTIPOS POR BIÊNIO (Nº), MÉDIA DOS GENÓTIPOS INCLUÍDOS (MI), MÉDIA DOS GENÓTIPOS MANTIDOS (MM), MÉDIA DOS GENÓTIPOS EXCLUÍDOS (ME) E MÉDIA GERAL DO BIÊNIO (MG) PARA AS CARACTERÍSTICAS CICLO, FLORAÇÃO (FLOR), NOTA DE ACAMAMENTO (ACA), NOTA GERAL DE ADAPTAÇÃO (NG), ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM (A1V), ALTURA DE INSERÇÃO DA ÚLTIMA VAGEM (AUV).

Nº	Biênios											
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º
	31	39	42	16	15	17	16	17	14	17	18	12
	Ciclo (dias)											
MI	-1	78,28	79,65	72,39	81,63	81,91	78,66	105,09	111,73	94,29	88,75	93,67
MM	81,64	76,04	78,72	72,79	82,46	80,50	78,50	106,21	112,69	95,78	90,56	93,54
ME	81,80	78,33	79,73	72,28	81,42	82,19	78,66	105,09	111,73	94,19	88,57	-1
MG	81,74	77,86	79,59	72,38	81,63	81,79	78,62	105,35	112,00	94,28	88,90	93,54
	FLOR (dias)											
MI	-1	42,93	40,29	35,34	37,38	35,86	34,87	38,95	39,10	40,10	38,38	37,76
MM	53,73	40,52	38,94	35,75	37,08	35,81	36,46	41,17	38,19	40,00	38,00	37,86
ME	47,15	42,84	40,56	35,19	37,28	35,92	34,87	38,95	39,10	40,26	38,59	-1
MG	49,48	42,36	40,33	35,30	37,24	35,90	35,27	39,47	38,84	40,24	38,49	37,86
	ACA											
MI	-1	7,05	5,29	3,93	6,71	5,18	5,51	6,15	5,83	5,49	4,77	5,46
MM	5,09	6,12	4,33	3,08	5,46	5,69	5,56	6,42	6,06	6,11	4,28	5,69
ME	5,62	7,25	5,09	4,10	6,73	4,98	5,51	6,15	5,83	5,37	4,89	-1
MG	5,43	7,02	4,98	3,91	6,48	5,15	5,53	6,22	5,89	5,41	4,79	5,69
	NG											
MI	-1	4,28	5,10	4,75	6,83	4,59	5,49	6,31	6,18	5,89	5,38	5,30
MM	3,52	3,94	4,94	4,50	6,25	5,13	5,63	6,73	6,31	6,11	4,72	5,44
ME	3,95	4,28	5,05	4,92	6,77	4,44	5,49	6,31	6,18	5,80	5,49	-1
MG	3,80	4,21	5,03	4,84	6,67	4,60	5,52	6,41	6,21	5,82	5,36	5,44
	A1V (cm)											
MI	-1	22,56	18,01	21,23	23,45	15,71	18,63	15,03	11,48	17,23	17,70	16,22
MM	9,90	22,09	16,44	20,48	26,12	16,15	16,37	14,44	11,09	23,90	18,81	16,10
ME	11,61	22,15	18,08	20,73	23,05	15,67	18,63	15,03	11,48	17,11	17,57	-1
MG	11,00	22,13	17,84	20,68	23,66	15,78	18,06	14,89	11,37	17,51	17,78	16,10
	AUV (cm)											
MI	-1	47,70	46,55	48,15	62,97	46,07	44,22	38,22	29,32	49,63	47,26	46,05
MM	41,82	46,70	42,33	46,72	66,77	48,33	46,38	35,05	31,56	62,14	53,63	45,71
ME	46,10	48,15	46,43	47,36	63,00	45,99	44,22	38,22	29,32	49,41	46,72	-1
MG	44,58	47,85	45,85	47,24	63,75	46,54	44,76	37,47	29,96	50,15	47,87	45,71

**APÊNDICE 5 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA NÚMERO DE
VAGENS POR PLANTA CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO
EXPERIMENTAL**

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Número de vagens por planta										
				Mín	Máx	Média	QM _b	QM _t	QM _e	F _c	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	9,40	34,80	17,97	46,40	44,47*	14,11	3,17	20,90	17,78	68,45	0,83
2	1999/1 ^o	C/P	20	6,40	30,00	16,34	47,918	30,98*	9,94	3,11	19,29	16,21	67,91	0,82
3	2000/1 ^o	P	24	3,80	15,80	8,66	2,93	7,22*	3,72	1,94	22,30	12,48	48,44	0,70
4	2001/1 ^o	C	14	4,20	15,60	9,32	5,19	16,85*	3,98	4,23	21,41	22,22	76,36	0,87
5	2001/1 ^o	P	18	4,40	26,60	11,95	16,90	36,58*	11,08	3,30	27,86	24,40	69,70	0,83
6	2002/1 ^o	Co	18	3,00	21,00	9,87	17,72	29,54*	10,59	2,79	32,97	25,47	64,15	0,80
7	2003/1 ^o	C	16	6,80	19,40	11,89	25,36	6,38 ^{ns}	5,52	1,16	19,76	4,51	13,53	0,37
8	2003/1 ^o	Co	26	4,80	22,80	10,29	10,39	19,67*	4,93	3,99	21,57	21,53	74,94	0,87
9	2004/1 ^o	C/P	16	5,60	18,40	11,56	2,48	19,50*	4,64	4,20	18,64	16,67	76,19	0,87
10	2005/1 ^o	C/P	16	6,00	18,50	10,02	0,41	7,59 ^{ns}	6,15	1,23	24,75	5,99	18,99	0,44
11	2006/1 ^o	C/P	13	7,10	18,30	11,31	19,25	18,78*	5,00	3,75	19,77	16,41	73,37	0,86
12	2007/1 ^o	C/P	15	9,40	34,70	17,86	29,63	46,20*	20,98	2,20	25,64	14,06	54,59	0,74
13	2009/2 ^o	C/P	17	9,10	18,60	13,14	4,69	6,95*	3,30	2,11	13,81	7,27	52,58	0,73
14	2010/1 ^o	Co	14	7,30	19,30	11,73	6,59	16,81*	5,02	3,35	19,11	14,64	70,11	0,84
15	2011/2 ^o	Co	16	5,50	22,50	11,27	6,11	23,54*	6,30	3,73	22,25	18,39	73,21	0,86
16	2011/1 ^o	Co	16	4,30	20,30	11,99	46,98	19,88 ^{ns}	10,77	1,84	27,37	12,58	45,80	0,68
17	2012/1 ^o	C/P	14	3,80	16,20	8,95	2,74	26,62*	0,85	31,44	10,28	32,74	96,82	0,98
18	2013/2 ^o	C/P	14	7,40	20,50	13,73	14,85	19,96*	3,01	6,64	12,63	17,31	84,93	0,92
19	2013/1 ^o	Co	15	2,00	16,30	7,11	20,91	24,93*	3,57	6,98	26,59	37,55	85,67	0,93
20	2014/2 ^o	Co	16	1,80	21,90	11,16	0,14	45,81*	8,23	5,56	25,73	31,72	82,01	0,91
21	2014/1 ^o	Co	16	2,70	15,00	7,09	0,22	24,99*	2,28	10,95	21,32	33,63	90,87	0,95
22	2015/2 ^o	C/P	14	5,00	25,50	12,74	6,19	62,85*	4,14	15,18	15,97	30,08	93,41	0,97
23	2015/1 ^o	C/P	14	1,70	11,00	6,10	4,32	8,87*	3,54	2,50	30,84	18,91	60,06	0,78
24	2016/1 ^o	C/P	17	3,00	19,00	11,47	22,69	18,97 ^{ns}	9,84	1,93	27,34	15,21	48,15	0,69
25	2017/2 ^o	C/P	17	2,00	11,10	7,55	2,19	8,17*	1,85	4,41	18,03	19,22	77,31	0,88
26	2017/1 ^o	C/P	17	8,40	23,80	14,89	9,41	24,02*	6,64	3,62	17,30	16,16	72,36	0,85
27	2018/2 ^o	C/P	17	5,70	19,90	11,71	5,86	12,84*	5,41	2,37	19,87	13,43	57,82	0,76
28	2019/2 ^o	Co	18	5,70	27,00	17,08	21,76	60,05*	7,00	8,58	15,49	24,62	88,34	0,94
29	2019/1 ^o	Co	17	6,40	40,44	14,37	46,69	30,29 ^{ns}	29,69	1,02	37,92	3,11	1,98	0,14
30	2020/1 ^o	C/P	12	12,11	34,00	19,70	29,10	53,99*	9,74	5,54	15,84	19,49	81,96	0,90
31	2021/2 ^o	C/P	11	8,30	22,89	13,47	1,99	27,06*	3,19	8,48	13,26	20,95	88,21	0,94

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

^aSafr^a: 1^o: safr^a (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QM_b: quadrado médio dos blocos; QM_t: quadrado médio dos tratamentos; QM_e: quadrado médio do erro; F_c: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

APÊNDICE 6 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA NÚMERO DE GRÃOS POR VAGEM CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Número de grãos por vagem										
				Mín	Máx	Média	QM _b	QM _t	QM _e	F _c	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	4,21	6,23	5,31	0,52	0,24 ^{ns}	0,15	1,60	7,32	3,27	37,42	0,61
2	1999/1 ^o	C/P	20	3,20	6,10	4,68	0,44	0,38*	0,18	2,14	9,02	5,57	53,34	0,73
3	2000/1 ^o	P	24	3,64	6,27	4,78	0,29	0,57*	0,22	2,56	9,82	7,09	61,01	0,78
4	2001/1 ^o	C	14	2,52	5,07	4,10	0,19	0,84*	0,10	8,03	7,88	12,06	87,55	0,94
5	2001/1 ^o	P	18	3,42	5,54	4,45	0,48	0,35 ^{ns}	0,27	1,29	11,69	3,61	22,21	0,47
6	2002/1 ^o	Co	18	1,76	4,75	3,27	0,19	1,00*	0,23	4,40	14,56	15,49	77,26	0,88
7	2003/1 ^o	C	16	3,51	5,82	4,63	0,29	0,42*	0,18	2,35	9,13	6,13	57,54	0,76
8	2003/1 ^o	Co	26	2,55	6,28	4,42	0,33	1,58*	0,30	5,34	12,33	14,83	81,27	0,90
9	2004/1 ^o	C/P	16	3,0	6,1	4,79	0,37	1,29*	0,13	10,07	7,46	11,24	90,07	0,95
10	2005/1 ^o	C/P	16	2,38	6,56	4,29	0,22	1,06*	0,35	3,03	13,79	9,83	67,02	0,82
11	2006/1 ^o	C/P	13	2,61	5,03	3,72	0,16	0,20 ^{ns}	0,32	0,63	15,22	0,00	0,00	0,00
12	2007/1 ^o	C/P	15	2,77	5,41	4,27	0,56	0,40 ^{ns}	0,23	1,80	11,12	4,96	44,35	0,67
13	2009/2 ^o	C/P	17	3,08	7,68	5,12	0,41	0,32 ^{ns}	0,20	1,55	8,83	3,28	35,60	0,60
14	2010/1 ^o	Co	14	3,45	6,40	5,11	0,18	1,03*	0,23	4,52	9,34	8,76	77,86	0,88
15	2011/2 ^o	Co	16	3,00	6,21	4,45	0,19	1,49*	0,16	9,01	9,12	12,90	88,90	0,94
16	2011/1 ^o	Co	16	1,99	5,55	4,14	0,46	0,96*	0,19	5,11	10,47	10,61	80,42	0,90
17	2012/1 ^o	C/P	14	2,09	5,58	3,31	0,27	0,79 ^{ns}	0,39	2,02	19,45	11,36	50,60	0,71
18	2013/2 ^o	C/P	14	3,52	6,99	4,61	0,25	0,83*	0,21	3,95	9,85	9,85	74,68	0,86
19	2013/1 ^o	Co	15	1,50	4,76	3,23	1,02	1,35*	0,39	3,48	10,31	17,57	71,30	0,84
20	2014/2 ^o	Co	16	2,15	5,13	3,66	0,24	1,03*	0,18	5,85	11,44	14,55	82,90	0,91
21	2014/1 ^o	Co	16	1,60	5,06	3,17	0,84	1,31*	0,28	4,68	16,69	16,01	78,64	0,89
22	2015/2 ^o	C/P	14	2,37	6,00	4,23	0,58	1,09*	0,37	2,90	14,49	9,97	65,47	0,81
23	2015/1 ^o	C/P	14	2,00	5,20	3,78	0,12	0,84*	0,17	4,87	11,08	10,89	79,46	0,89
24	2016/1 ^o	C/P	17	2,77	5,58	4,06	0,44	0,98*	0,30	3,27	13,45	11,71	69,44	0,83
25	2017/2 ^o	C/P	17	2,23	5,22	3,72	0,67	0,61*	0,15	4,09	10,39	10,54	75,54	0,87
26	2017/1 ^o	C/P	17	2,74	4,75	3,74	0,27	0,41*	0,13	3,12	9,72	8,17	67,92	0,82
27	2018/2 ^o	C/P	17	2,39	4,65	3,73	0,08	0,32*	0,07	4,56	7,10	7,73	78,07	0,88
28	2019/2 ^o	Co	18	2,53	4,78	3,81	0,13	0,55*	0,16	3,35	10,58	9,37	70,15	0,84
29	2019/1 ^o	Co	17	2,40	5,27	3,82	0,07	0,62*	0,28	2,21	13,81	8,79	54,87	0,74
30	2020/1 ^o	C/P	12	3,55	5,29	4,54	0,21	0,47*	0,08	5,69	6,30	7,87	82,43	0,91
31	2021/2 ^o	C/P	11	3,36	6,02	4,67	0,39	0,77*	0,10	8,04	6,60	10,12	87,57	0,94

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

^aSafr: 1^o: safr (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QM_b: quadrado médio dos blocos; QM_t: quadrado médio dos tratamentos; QM_e: quadrado médio do erro; F_c: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

APÊNDICE 7 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA MASSA DE 100 GRÃOS CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Massa de 100 grãos (g)										
				Mín	Máx	Média	QMb	QMt	QMe	Fc	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	18,82	33,01	23,80	6,38	25,57*	2,54	10,07	6,69	11,64	90,07	0,95
2	1999/1 ^o	C/P	20	19,08	32,20	24,05	3,48	18,82*	2,20	8,56	6,16	9,79	88,32	0,94
3	2000/1 ^o	P	24	14,32	29,37	20,88	28,77	17,21*	5,10	3,37	10,82	9,62	70,33	0,84
4	2001/1 ^o	C	14	15,93	27,16	20,13	4,19	18,46*	1,81	10,20	6,68	11,70	90,20	0,95
5	2001/1 ^o	P	18	14,13	23,59	18,66	1,18	8,53*	2,96	2,88	9,21	7,30	65,33	0,81
6	2002/1 ^o	Co	18	6,67	24,25	13,39	18,07	35,51*	3,09	11,49	13,13	24,55	91,29	0,95
7	2003/1 ^o	C	16	19,13	27,15	22,45	1,17	10,74*	1,62	6,62	5,68	7,77	84,88	0,92
8	2003/1 ^o	Co	26	14,87	42,85	20,29	1,44	86,32*	1,78	48,42	6,58	26,16	97,93	0,99
9	2004/1 ^o	C/P	16	12,69	27,55	17,78	1,97	28,86*	2,26	12,79	8,45	14,50	92,18	0,96
10	2005/1 ^o	C/P	16	16,40	30,61	21,60	7,82	38,30*	2,15	17,80	6,79	13,91	94,38	0,97
11	2006/1 ^o	C/P	13	16,52	32,63	22,47	3,16	9,08 ^{ns}	11,87	0,76	15,34	0,00	0,00	0,00
12	2007/1 ^o	C/P	15	12,24	24,10	18,42	21,56	24,94*	3,39	7,35	10,00	12,60	86,40	0,93
13	2009/2 ^o	C/P	17	16,07	29,23	23,92	2,75	16,87*	1,95	8,66	5,83	8,07	88,46	0,94
14	2010/1 ^o	Co	14	18,98	33,09	24,94	1,12	36,02*	1,61	22,29	5,10	11,76	95,51	0,98
15	2011/2 ^o	Co	16	16,60	40,70	24,11	19,31	85,47*	3,06	27,96	7,25	18,82	96,42	0,98
16	2011/1 ^o	Co	16	18,20	34,00	23,19	10,03	32,97*	1,01	32,51	4,34	12,18	96,92	0,98
17	2012/1 ^o	C/P	14	15,50	29,50	19,54	2,79	12,64*	5,42	2,33	11,92	7,94	57,10	0,75
18	2013/2 ^o	C/P	14	10,20	28,90	18,83	4,28	63,01*	2,71	23,28	8,74	23,81	95,70	0,98
19	2013/1 ^o	Co	15	8,50	25,52	19,78	8,22	32,06*	3,52	9,11	9,49	15,59	89,02	0,94
20	2014/2 ^o	Co	16	16,03	40,08	26,85	0,90	61,78*	6,27	9,85	9,33	16,02	89,85	0,95
21	2014/1 ^o	Co	16	14,80	32,55	23,60	3,43	58,30*	2,04	28,55	6,05	15,89	96,50	0,98
22	2015/2 ^o	C/P	14	20,30	33,70	25,89	0,53	31,49*	1,10	28,68	4,05	10,64	96,51	0,98
23	2015/1 ^o	C/P	14	15,60	29,80	21,65	2,58	19,07*	3,87	4,92	9,09	9,00	79,70	0,89
24	2016/1 ^o	C/P	17	16,00	33,50	23,82	35,61	25,97*	9,08	2,86	12,65	9,96	65,02	0,81
25	2017/2 ^o	C/P	17	18,70	40,50	23,49	2,21	57,17*	2,30	24,79	6,46	18,20	95,97	0,98
26	2017/1 ^o	C/P	17	20,10	31,40	25,18	3,98	18,45*	3,84	4,80	7,79	8,77	79,17	0,89
27	2018/2 ^o	C/P	17	26,00	37,90	30,69	1,53	20,55*	2,24	9,15	4,88	8,05	89,07	0,94
28	2019/2 ^o	Co	18	19,10	40,30	26,07	4,20	58,10*	5,08	11,43	8,65	16,13	91,25	0,95
29	2019/1 ^o	Co	17	14,90	27,40	21,64	5,61	15,53*	2,00	7,75	6,54	9,81	87,10	0,93
30	2020/1 ^o	C/P	12	17,60	28,90	24,45	0,55	21,24*	2,07	10,27	5,88	10,34	90,27	0,95
31	2021/2 ^o	C/P	11	21,30	26,90	24,33	1,68	57,13*	0,62	9,17	3,24	5,35	89,10	0,94

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

^aSafr: 1^o: safr (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QMb: quadrado médio dos blocos; QMt: quadrado médio dos tratamentos; QMe: quadrado médio do erro; Fc: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

**APÊNDICE 8 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA FLORAÇÃO
CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL**

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Floração (dias)										
				Min	Máx	Média	QM _b	QM _t	QM _e	F _c	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	35,00	45,00	39,97	2,97	4,59*	1,34	3,43	2,89	2,61	70,87	0,84
2	1999/1 ^o	C/P	20	55,00	62,00	58,9	0,05	2,00*	0,93	2,16	1,63	1,02	53,72	0,73
3	2000/1 ^o	P	24	35,00	46,00	39,53	1,51	14,98*	2,57	5,82	4,06	5,14	82,83	0,91
4	2001/1 ^o	C	14	42,00	49,00	47,43	6,00	3,76 ^{ns}	2,05	1,83	3,02	1,59	45,52	0,67
5	2001/1 ^o	P	18	33,00	43,00	39,26	2,46	11,59*	3,83	3,02	4,99	4,09	66,91	0,82
6	2002/1 ^o	Co	18	27,00	42,00	36,11	0,17	34,67*	1,34	25,81	3,21	9,23	96,12	0,98
7	2003/1 ^o	C	16	35,00	46,00	41,14	11,89	15,69*	2,69	5,82	3,99	5,06	82,81	0,91
8	2003/1 ^o	Co	26	29,00	46,00	39,83	4,97	29,5*	1,23	24,03	2,78	7,71	95,84	0,98
9	2004/1 ^o	C/P	16	30,00	44,00	36,20	0,43	18,41*	3,49	5,28	5,16	5,33	81,05	0,90
10	2005/1 ^o	C/P	16	29,00	38,00	34,39	0,97	10,06*	0,92	10,96	2,77	4,40	90,87	0,95
11	2006/1 ^o	C/P	13	34,00	37,00	35,44	0,02	0,76*	0,21	3,54	1,30	1,04	71,75	0,85
12	2007/1 ^o	C/P	15	35,00	44,00	38,66	15,66	15,02*	3,09	4,86	4,54	4,46	79,42	0,89
13	2009/2 ^o	C/P	17	35,00	39,00	35,70	0,29	1,19 ^{ns}	0,97	1,23	2,74	0,66	18,75	0,43
14	2010/1 ^o	Co	14	29,00	41,00	39,00	0,05	65,54*	0,35	184,45	1,53	10,35	99,46	0,99
15	2011/2 ^o	Co	16	29,00	38,00	33,56	2,29	13,65*	0,98	13,92	2,95	5,30	92,82	0,96
16	2011/1 ^o	Co	16	30,00	40,00	34,12	20,92	7,77*	3,37	2,30	5,36	3,07	56,58	0,75
17	2012/1 ^o	C/P	14	27,00	35,00	32,55	0,45	9,88*	1,89	5,23	4,22	5,01	80,88	0,90
18	2013/2 ^o	C/P	14	39,00	52,00	45,14	20,86	21,93*	3,63	6,05	4,22	5,47	83,47	0,91
19	2013/1 ^o	Co	15	34,00	40,00	36,89	4,82	1,75 ^{ns}	1,44	1,21	3,25	0,86	17,45	0,42
20	2014/2 ^o	Co	16	28,00	45,00	35,25	5,69	10,07 ^{ns}	18,69	0,54	12,26	0,00	0,00	0,00
21	2014/1 ^o	Co	16	37,00	46,00	42,22	5,69	2,89*	1,52	1,90	2,92	1,39	47,48	0,69
22	2015/2 ^o	C/P	14	36,00	42,00	38,64	1,45	3,95*	1,28	3,08	2,91	2,10	67,57	0,82
23	2015/1 ^o	C/P	14	36,00	42,00	37,93	0,14	1,09 ^{ns}	0,59	1,85	2,03	0,93	45,90	0,68
24	2016/1 ^o	C/P	17	37,00	46,00	41,14	10,02	6,88*	3,44	2,00	4,51	2,60	50,03	0,71
25	2017/2 ^o	C/P	17	40,00	49,00	45,55	11,78	6,04*	2,64	2,29	3,57	2,74	56,31	0,75
26	2017/1 ^o	C/P	17	36,00	50,00	42,10	220,55	2,66 ^{ns}	4,09	0,65	4,80	0,00	0,00	0,00
27	2018/2 ^o	C/P	17	27,00	39,00	37,49	0,32	19,63*	0,38	52,17	1,64	6,76	98,08	0,99
28	2019/2 ^o	Co	18	33,00	45,00	38,55	15,17	10,67*	5,28	2,02	5,96	3,47	50,46	0,71
29	2019/1 ^o	Co	17	36,00	42,00	38,51	15,61	15,38*	3,73	4,12	5,02	5,12	75,73	0,87
30	2020/1 ^o	C/P	12	28,00	44,00	39,44	5,78	12,32 ^{ns}	14,53	0,85	9,66	0,00	0,00	0,00
31	2021/2 ^o	C/P	11	31,00	38,00	36,17	5,58	2,51 ^{ns}	3,92	0,64	5,47	0,00	0,00	0,00

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

^aSafr^a: 1^o: safr^a (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QM_b: quadrado médio dos blocos; QM_t: quadrado médio dos tratamentos; QM_e: quadrado médio do erro; F_c: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

APÊNDICE 9 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA CICLO CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Ciclo (dias)										
				Mín	Máx	Média	QM _b	QM _t	QM _e	F _c	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	77,00	85,00	82,93	1,27	7,70*	0,65	11,81	0,97	1,85	91,53	0,96
2	1999/1 ^o	C/P	20	77,00	87,00	80,57	0,82	9,58*	4,55	2,10	2,65	1,61	52,48	0,72
3	2000/1 ^o	P	24	72,00	87,00	78,28	67,01	25,79*	7,59	3,39	3,52	3,15	70,55	0,84
4	2001/1 ^o	C	14	80,00	83,00	80,78	1,50	3,77*	0,81	4,67	1,11	1,23	78,60	0,89
5	2001/1 ^o	P	18	69,00	79,00	72,57	2,07	15,56*	3,19	4,87	2,46	2,80	79,49	0,89
6	2002/1 ^o	Co	18	76,00	90,00	82,09	12,46	69,56*	6,21	11,20	3,03	5,60	91,07	0,95
7	2003/1 ^o	C	16	76,00	93,00	82,27	13,39	19,03*	4,44	4,29	2,56	2,68	76,67	0,87
8	2003/1 ^o	Co	26	66,00	82,00	77,93	3,13	25,44*	1,17	21,78	1,39	3,65	95,41	0,98
9	2004/1 ^o	C/P	16	62,00	75,00	69,55	2,31	16,54*	3,93	4,21	2,85	2,55	76,24	0,87
10	2005/1 ^o	C/P	16	71,00	79,00	75,20	0,68	6,51*	0,90	7,19	1,26	1,57	86,10	0,93
11	2006/1 ^o	C/P	13	81,00	87,00	81,86	12,07	6,07*	2,19	2,76	1,81	1,20	63,81	0,80
12	2007/1 ^o	C/P	15	79,00	87,00	81,68	0,28	15,12*	3,10	4,87	2,16	2,12	79,47	0,89
13	2009/2 ^o	C/P	17	77,00	85,00	81,79	5,67	15,94*	2,81	5,67	2,05	2,21	82,36	0,91
14	2010/1 ^o	Co	14	74,00	85,00	77,95	5,49	22,51*	2,86	7,85	2,17	2,84	87,27	0,93
15	2011/2 ^o	Co	16	76,00	95,00	86,62	0,62	93,47*	4,25	22,00	2,38	5,45	95,45	0,98
16	2011/1 ^o	Co	16	65,00	77,00	71,31	29,71	8,15*	3,12	2,61	2,48	1,57	61,72	0,78
17	2012/1 ^o	C/P	14	73,20	93,00	83,29	3,73	45,07*	12,27	3,67	4,20	3,97	72,77	0,85
18	2013/2 ^o	C/P	14	93,00	118,00	108,43	31,71	129,56*	16,71	7,75	3,77	5,66	87,10	0,93
19	2013/1 ^o	Co	15	72,00	87,00	79,15	9,49	50,56*	11,25	4,49	4,24	4,57	77,75	0,88
20	2014/2 ^o	Co	16	80,00	117,00	103,12	79,56	63,64 ^{ns}	115,05	0,55	10,40	0,00	0,00	0,00
21	2014/1 ^o	Co	16	74,00	95,00	84,06	82,46	56,65*	16,64	3,40	4,85	3,76	70,63	0,84
22	2015/2 ^o	C/P	14	89,00	120,00	112,00	91,00	65,54 ^{ns}	81,26	0,81	8,05	0,00	0,00	0,00
23	2015/1 ^o	C/P	14	64,00	86,00	73,05	19,87	62,58*	10,35	6,05	4,40	4,95	83,46	0,91
24	2016/1 ^o	C/P	17	104,00	136,00	112,53	331,06	61,88 ^{ns}	35,33	1,75	5,28	2,64	42,90	0,65
25	2017/2 ^o	C/P	17	76,00	104,00	96,88	16,06	49,54*	5,33	9,29	2,38	3,96	89,24	0,94
26	2017/1 ^o	C/P	17	73,00	94,00	82,82	266,35	8,63 ^{ns}	9,14	0,94	3,65	0,00	0,00	0,00
27	2018/2 ^o	C/P	17	79,00	94,00	87,49	74,72	52,50*	9,22	5,69	3,47	4,34	82,43	0,91
28	2019/2 ^o	Co	18	72,00	98,00	88,54	4,57	88,98*	12,63	7,04	4,01	5,70	85,80	0,93
29	2019/1 ^o	Co	17	83,00	101,00	89,86	10,43	56,58*	21,43	2,64	5,15	3,81	62,12	0,79
30	2020/1 ^o	C/P	12	72,00	92,00	82,69	28,44	28,57*	9,47	3,01	3,72	3,05	66,84	0,82
31	2021/2 ^o	C/P	11	93,00	118,00	106,15	9,58	210,29*	7,31	28,77	2,55	7,75	96,52	0,98

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

^aSafr^a: 1^o: safr^a (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QM_b: quadrado médio dos blocos; QM_t: quadrado médio dos tratamentos; QM_e: quadrado médio do erro; F_c: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

APÊNDICE 10 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA NODA GERAL DE ADAPTAÇÃO CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Nota geral de adaptação										
				Mín	Máx	Média	QMb	QMt	QMe	Fc	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	2,00	8,00	4,42	1,32	3,57*	1,00	3,57	22,65	20,97	72,00	0,85
2	1999/1 ^o	C/P	20	1,00	7,00	3,40	1,55	3,46*	1,15	3,02	31,49	25,83	66,86	0,82
3	2000/1 ^o	P	24	2,00	8,00	4,75	1,04	3,83*	1,03	3,73	21,34	20,36	73,20	0,85
4	2001/1 ^o	C	14	2,00	5,00	2,67	0,88	1,13*	0,50	2,27	19,21	12,52	56,01	0,75
5	2001/1 ^o	P	18	1,00	7,00	3,98	0,30	7,19*	0,53	13,53	18,31	37,43	92,61	0,96
6	2002/1 ^o	Co	18	7,00	9,00	8,37	0,02	0,35 ^{ns}	0,55	0,64	8,84	0,00	0,00	0,00
7	2003/1 ^o	C	16	2,00	7,00	4,79	0,27	1,77 ^{ns}	0,89	1,98	19,72	11,30	49,61	0,70
8	2003/1 ^o	Co	26	2,00	9,00	5,18	11,40	5,31*	1,60	3,32	24,40	21,48	69,93	0,84
9	2004/1 ^o	C/P	16	2,00	8,00	4,64	0,77	3,40*	0,74	4,57	18,58	17,56	78,13	0,88
10	2005/1 ^o	C/P	16	3,00	7,00	5,05	0,43	5,44*	0,49	11,15	13,64	22,05	91,03	0,95
11	2006/1 ^o	C/P	13	4,00	9,00	4,15	5,28	2,02*	0,74	2,73	12,03	7,91	63,39	0,80
12	2007/1 ^o	C/P	15	2,00	8,00	6,13	2,4	5,21*	0,97	5,36	16,07	16,78	81,35	0,90
13	2009/2 ^o	C/P	17	2,00	7,00	4,60	1,23	5,81*	0,37	15,89	13,14	25,35	93,71	0,97
14	2010/1 ^o	Co	14	2,00	8,00	5,02	0,45	9,13*	0,74	12,32	17,16	28,86	91,88	0,96
15	2011/2 ^o	Co	16	2,00	9,00	6,56	1,71	3,65*	1,29	2,84	17,26	11,71	64,76	0,80
16	2011/1 ^o	Co	16	2,00	8,00	4,92	0,90	1,56 ^{ns}	1,57	0,99	25,44	0,00	0,00	0,00
17	2012/1 ^o	C/P	14	3,00	9,00	6,28	1,14	3,63*	1,65	2,19	20,47	12,92	54,43	0,74
18	2013/2 ^o	C/P	14	6,00	9,00	7,43	0,5	1,10*	0,27	4,08	6,98	7,08	75,5	0,87
19	2013/1 ^o	Co	15	3,00	9,00	6,15	0,29	6,28*	0,91	6,92	15,48	21,74	85,54	0,92
20	2014/2 ^o	Co	16	3,00	9,00	5,69	2,25	1,62 ^{ns}	2,45	0,66	27,52	0,00	0,00	0,00
21	2014/1 ^o	Co	16	4,00	9,00	6,36	3,18	1,46 ^{ns}	0,83	1,77	14,30	6,28	43,59	0,66
22	2015/2 ^o	C/P	14	3,00	9,00	6,21	4,14	0,65 ^{ns}	1,71	0,38	21,02	0,00	0,00	0,00
23	2015/1 ^o	C/P	14	4,00	9,00	7,05	1,02	2,04*	1,00	2,03	14,21	7,23	50,86	0,71
24	2016/1 ^o	C/P	17	4,00	7,00	5,53	0,53	0,96 ^{ns}	0,70	1,38	15,09	5,37	27,55	0,52
25	2017/2 ^o	C/P	17	3,00	8,00	5,00	1,12	2,79*	1,10	2,54	20,94	15,03	60,71	0,78
26	2017/1 ^o	C/P	17	3,00	7,00	5,39	2,14	0,84 ^{ns}	1,07	0,78	19,23	0,00	0,00	0,00
27	2018/2 ^o	C/P	17	4,00	8,00	6,53	0,53	1,88*	0,55	3,41	11,36	10,19	70,69	0,84
28	2019/2 ^o	Co	18	3,00	8,00	5,81	1,18	1,07 ^{ns}	0,75	1,42	14,93	5,56	29,39	0,54
29	2019/1 ^o	Co	17	2,00	7,00	4,82	2,12	1,80 ^{ns}	1,07	1,67	21,50	10,16	40,11	0,63
30	2020/1 ^o	C/P	12	2,00	8,00	4,67	3,86	5,91*	1,16	5,07	23,26	27,10	80,29	0,90
31	2021/2 ^o	C/P	11	3,00	9,00	6,51	0,94	5,09*	1,57	3,24	19,25	16,62	69,11	0,83

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

^aSafr: 1^o: safr (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QMb: quadrado médio dos blocos; QMt: quadrado médio dos tratamentos; QMe: quadrado médio do erro; Fc: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

APÊNDICE 11 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA ACAMAMENTO DE PLANTAS CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Acamamento de plantas										
				Mín	Máx	Média	QMb	QMt	QMe	Fc	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	2,00	9,00	5,60	12,60	7,04*	1,67	4,21	23,08	23,89	76,27	0,87
2	1999/1 ^o	C/P	20	1,00	9,00	5,45	18,35	12,29*	2,81	4,38	30,74	32,62	77,17	0,88
3	2000/1 ^o	P	24	2,00	9,00	6,32	5,18	4,62*	2,24	2,07	23,68	14,11	51,57	0,72
4	2001/1 ^o	C	14	2,00	9,00	8,00	1,36	2,56*	0,84	3,04	11,49	9,46	67,07	0,82
5	2001/1 ^o	P	18	1,00	9,00	6,37	2,24	11,53*	2,71	4,25	25,85	26,91	76,47	0,87
6	2002/1 ^o	Co	18	8,00	9,00	8,96	0,02	0,03 ^{ns}	0,04	0,91	2,18	0,00	0,00	0,00
7	2003/1 ^o	C	16	2,00	9,00	7,10	2,58	2,97 ^{ns}	2,29	1,29	21,32	6,66	22,62	0,48
8	2003/1 ^o	Co	26	2,00	8,00	3,68	1,17	6,09*	1,57	3,89	34,02	33,38	74,29	0,86
9	2004/1 ^o	C/P	16	1,00	8,00	3,13	0,46	6,60*	1,04	6,37	32,57	37,74	84,30	0,92
10	2005/1 ^o	C/P	16	2,00	8,00	4,69	0,50	8,25*	0,94	8,74	20,73	28,83	88,55	0,94
11	2006/1 ^o	C/P	13	3,00	8,00	6,54	6,10	1,08 ^{ns}	0,55	1,97	11,31	5,57	49,21	0,70
12	2007/1 ^o	C/P	15	3,00	9,00	6,20	0,80	7,69*	1,28	6,02	18,22	20,42	83,40	0,91
13	2009/2 ^o	C/P	17	1,00	8,00	5,15	0,96	15,00*	0,70	21,42	16,26	36,74	95,33	0,98
14	2010/1 ^o	Co	14	2,00	9,00	5,32	0,98	14,09*	1,90	7,42	25,90	32,81	86,52	0,93
15	2011/2 ^o	Co	16	2,00	9,00	6,31	2,88	7,22*	1,98	3,65	22,26	18,13	72,63	0,85
16	2011/1 ^o	Co	16	2,00	9,00	4,88	6,54	6,63 ^{ns}	4,00	1,66	41,01	16,65	39,74	0,63
17	2012/1 ^o	C/P	14	1,00	9,00	5,07	1,14	14,68*	1,14	12,84	21,08	41,88	92,21	0,96
18	2013/2 ^o	C/P	14	5,00	9,00	7,67	4,02	2,21*	0,33	6,65	7,51	10,31	84,97	0,92
19	2013/1 ^o	Co	15	2,00	9,00	5,80	0,27	5,42*	1,17	4,63	18,66	20,52	78,38	0,89
20	2014/2 ^o	Co	16	2,00	9,00	5,23	6,33	2,88 ^{ns}	2,82	1,02	32,13	2,57	1,88	0,14
21	2014/1 ^o	Co	16	3,00	8,00	5,42	0,39	2,16 ^{ns}	1,25	1,73	20,59	8,80	42,23	0,65
22	2015/2 ^o	C/P	14	3,00	9,00	5,89	3,88	3,34*	1,34	2,48	19,66	11,98	59,75	0,77
23	2015/1 ^o	C/P	14	2,00	5,00	3,25	1,40	1,42 ^{ns}	0,76	1,86	26,89	12,49	46,33	0,68
24	2016/1 ^o	C/P	17	2,00	8,00	5,14	4,25	2,92 ^{ns}	1,84	1,59	26,39	11,68	37,03	0,61
25	2017/2 ^o	C/P	17	3,00	7,00	4,73	4,25	1,38*	0,48	2,86	14,72	11,60	65,04	0,81
26	2017/1 ^o	C/P	17	2,00	8,00	4,80	4,84	3,34 ^{ns}	1,72	1,94	27,29	15,29	48,49	0,70
27	2018/2 ^o	C/P	17	3,00	8,00	6,29	1,12	4,83*	1,41	3,43	18,86	16,96	70,81	0,84
28	2019/2 ^o	Co	18	3,00	7,00	5,04	5,80	1,96 ^{ns}	1,80	1,09	26,61	4,59	8,18	0,29
29	2019/1 ^o	Co	17	2,00	7,00	4,57	1,78	2,16*	0,58	3,74	16,61	15,89	73,30	0,86
30	2020/1 ^o	C/P	12	2,00	8,00	5,67	2,25	7,64*	2,25	3,39	26,47	23,65	70,54	0,84
31	2021/2 ^o	C/P	11	2,00	9,00	5,91	1,91	3,54 ^{ns}	2,78	1,27	28,19	8,54	21,57	0,46

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

^aSafr: 1^o: safr (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QMb: quadrado médio dos blocos; QMt: quadrado médio dos tratamentos; QMe: quadrado médio do erro; Fc: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

APÊNDICE 12 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA ALTURA DA PRIMEIRA VAGEM CONTENDO ESTATÍSTICAS DE PRECISÃO EXPERIMENTAL

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Inserção da primeira vagem (cm)										
				Mín	Máx	Média	QM ^b	QM ^t	QM ^e	F _c	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	6,80	19,00	12,72	2,08	12,33*	4,44	2,78	16,56	12,74	63,99	0,80
2	1999/1 ^o	C/P	20	5,10	20,20	8,99	0,49	9,76*	3,61	2,70	21,13	15,93	63,02	0,79
3	2000/1 ^o	P	24	6,40	30,20	14,56	1,42	40,81*	18,66	2,19	29,67	18,66	54,27	0,74
4	2001/1 ^o	C	14	17,70	50,90	27,94	23,79	123,89*	32,99	3,75	20,55	19,70	73,37	0,86
5	2001/1 ^o	P	18	13,30	47,30	25,49	24,60	81,65*	39,94	2,04	24,79	14,63	51,08	0,71
6	2002/1 ^o	Co	18	12,64	67,78	33,54	144,97	285,44*	70,98	4,02	25,12	25,21	75,13	0,87
7	2003/1 ^o	C	16	11,80	28,60	19,84	0,99	31,78*	11,72	2,71	17,26	13,04	63,12	0,79
8	2003/1 ^o	Co	26	10,70	27,50	16,62	18,15	20,17*	5,97	3,38	14,70	13,09	70,40	0,84
9	2004/1 ^o	C/P	16	12,40	28,10	19,39	5,57	17,56*	6,14	2,86	12,78	8,71	65,00	0,81
10	2005/1 ^o	C/P	16	15,30	32,00	21,97	4,84	13,13 ^{ns}	15,74	0,83	18,06	0,00	0,00	0,00
11	2006/1 ^o	C/P	13	20,90	43,41	29,39	8,94	38,58*	18,75	2,06	14,73	7,58	51,40	0,72
12	2007/1 ^o	C/P	15	13,78	25,84	19,55	4,47	13,31 ^{ns}	9,21	1,44	15,53	5,18	30,77	0,55
13	2009/2 ^o	C/P	17	9,75	22,46	15,78	9,95	13,07*	4,46	2,93	13,38	9,30	65,90	0,81
14	2010/1 ^o	Co	14	9,13	24,71	17,04	7,17	22,27*	4,78	4,66	12,82	12,27	78,55	0,89
15	2011/2 ^o	Co	16	11,89	24,10	16,96	11,41	18,81*	6,19	3,04	14,67	10,47	67,10	0,82
16	2011/1 ^o	Co	16	14,25	27,52	19,78	3,86	17,32*	7,73	2,24	14,05	7,83	55,39	0,74
17	2012/1 ^o	C/P	14	20,00	43,70	29,50	44,29	39,40 ^{ns}	24,82	1,59	16,89	7,47	36,99	0,61
18	2013/2 ^o	C/P	14	10,67	18,60	14,71	7,96	9,91*	1,91	5,18	9,41	11,10	80,69	0,90
19	2013/1 ^o	Co	15	8,50	27,88	17,57	12,44	35,64*	5,92	6,02	13,84	17,92	83,40	0,91
20	2014/2 ^o	Co	16	9,74	22,00	15,09	1,06	13,84*	6,40	2,16	16,77	10,44	53,75	0,73
21	2014/1 ^o	Co	16	9,11	26,00	18,31	6,89	35,21*	11,42	3,08	18,45	13,31	67,55	0,82
22	2015/2 ^o	C/P	14	9,00	16,50	11,37	8,27	3,78 ^{ns}	2,38	1,59	13,57	5,21	37,13	0,61
23	2015/1 ^o	C/P	14	8,30	22,60	15,50	7,49	23,89*	5,48	4,36	15,11	13,84	77,05	0,88
24	2016/1 ^o	C/P	17	13,00	33,00	19,99	17,08	56,09*	7,43	7,55	13,63	20,15	86,76	0,93
25	2017/2 ^o	C/P	17	6,70	12,63	10,08	0,36	2,98*	1,39	2,15	11,69	7,22	53,41	0,73
26	2017/1 ^o	C/P	17	12,30	29,00	18,15	147,34	21,42*	6,19	3,46	13,71	12,41	71,09	0,84
27	2018/2 ^o	C/P	17	8,40	25,90	14,38	11,44	16,35*	5,32	3,07	16,04	13,33	67,45	0,82
28	2019/2 ^o	Co	18	9,00	15,88	11,72	4,44	4,39*	2,03	2,17	12,14	7,58	53,87	0,73
29	2019/1 ^o	Co	17	14,30	38,70	24,61	270,23	45,71*	19,41	2,35	17,90	12,03	57,54	0,76
30	2020/1 ^o	C/P	12	15,28	23,00	18,63	8,41	6,08 ^{ns}	3,01	2,02	9,31	5,43	50,50	0,71
31	2021/2 ^o	C/P	11	9,56	16,90	13,19	1,17	7,22*	2,85	2,54	12,79	9,15	60,57	0,78

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

^aSafr^a: 1^o: safra (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QM^b: quadrado médio dos blocos; QM^t: quadrado médio dos tratamentos; QM^e: quadrado médio do erro; F_c: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.

**APÊNDICE 13 - ANÁLISE INDIVIDUAL DA VARIÂNCIA PARA CICLO
INSERÇÃO DA ÚLTIMA VAGEM CONTENDO ESTATÍSTICAS DE
PRECISÃO EXPERIMENTAL**

Exp	Ano/ Safr ^a	T ^b	N ^o	Inserção da última vagem (cm)										
				Mín	Máx	Média	QM ^b	QM ^t	QM ^e	F _c	CVE	CVG	h ²	AS
1	1998/1 ^o	C/P	20	28,60	68,80	50,80	131,02	126,55*	25,09	5,04	9,86	11,45	80,17	0,90
2	1999/1 ^o	C/P	20	19,90	56,60	37,50	69,97	94,24*	30,02	3,14	14,61	12,34	68,14	0,82
3	2000/1 ^o	P	24	10,00	59,20	32,02	64,58	219,10*	72,68	3,01	26,63	21,82	66,83	0,82
4	2001/1 ^o	C	14	42,20	75,40	59,92	26,97	106,48 ^{ns}	52,00	2,05	12,03	7,11	51,17	0,72
5	2001/1 ^o	P	18	32,08	74,88	55,47	307,51	126,95 ^{ns}	85,62	1,48	16,68	6,69	32,56	0,57
6	2002/1 ^o	Co	18	28,16	114,10	74,45	383,54	716,22*	247,64	2,89	21,14	16,79	65,42	0,81
7	2003/1 ^o	C	16	38,10	81,60	55,44	149,18	227,59*	50,46	4,51	12,81	13,86	77,83	0,88
8	2003/1 ^o	Co	26	24,40	61,50	39,94	234,35	104,96*	28,89	3,63	13,46	12,61	72,48	0,85
9	2004/1 ^o	C/P	16	27,40	59,00	43,27	9,12	86,86*	22,34	3,89	10,92	9,28	74,28	0,86
10	2005/1 ^o	C/P	16	36,20	66,40	51,20	51,87	53,45 ^{ns}	46,03	1,16	13,25	2,66	13,87	0,37
11	2006/1 ^o	C/P	13	58,75	85,25	70,06	105,73	61,64 ^{ns}	39,82	1,55	9,01	3,33	35,40	0,60
12	2007/1 ^o	C/P	15	47,46	76,97	59,36	21,87	119,47*	24,73	4,83	8,38	8,20	79,30	0,89
13	2009/2 ^o	C/P	17	33,90	68,15	46,54	60,23	97,04*	18,97	5,11	9,36	9,49	80,45	0,90
14	2010/1 ^o	Co	14	31,18	67,27	45,54	65,45	111,93*	31,48	3,56	12,32	9,85	71,87	0,85
15	2011/2 ^o	Co	16	27,40	73,57	43,73	51,34	218,18*	27,11	8,05	11,91	15,80	87,57	0,94
16	2011/1 ^o	Co	16	33,15	61,30	45,44	87,64	72,72*	28,91	2,52	11,83	7,28	60,25	0,78
17	2012/1 ^o	C/P	14	30,50	82,20	56,78	89,11	151,40 ^{ns}	81,62	1,86	15,91	8,49	46,09	0,68
18	2013/2 ^o	C/P	14	18,44	39,10	29,00	120,27	44,94*	9,42	4,77	10,58	11,86	79,03	0,89
19	2013/1 ^o	Co	15	12,11	47,83	34,15	36,62	151,53*	25,98	5,83	14,93	18,95	82,86	0,91
20	2014/2 ^o	Co	16	21,22	62,70	45,38	10,00	221,00*	49,25	4,49	15,47	16,67	77,71	0,88
21	2014/1 ^o	Co	16	22,00	70,70	42,47	121,17	339,89*	47,46	7,16	16,22	20,13	86,04	0,93
22	2015/2 ^o	C/P	14	21,00	47,00	29,96	63,84	55,32*	10,03	5,52	10,57	11,23	81,87	0,90
23	2015/1 ^o	C/P	14	16,60	69,80	36,34	84,05	133,86*	57,04	2,35	20,78	12,06	57,39	0,76
24	2016/1 ^o	C/P	17	34,00	75,50	51,62	6,28	127,14 ^{ns}	82,25	1,55	17,57	7,49	35,31	0,59
25	2017/2 ^o	C/P	17	13,10	38,00	19,84	10,92	36,33*	11,90	3,05	17,39	14,38	67,24	0,82
26	2017/1 ^o	C/P	17	35,60	71,70	53,06	19,70	158,19*	45,15	3,50	12,66	11,57	71,46	0,85
27	2018/2 ^o	C/P	17	29,10	63,90	45,78	9,88	145,91*	23,86	6,12	10,67	13,93	83,65	0,91
28	2019/2 ^o	Co	18	25,60	58,25	39,91	90,75	136,25*	26,07	5,23	12,79	15,19	80,87	0,90
29	2019/1 ^o	Co	17	41,40	77,57	57,56	141,19	149,35*	36,31	4,11	10,47	10,66	75,69	0,87
30	2020/1 ^o	C/P	12	43,40	69,20	54,06	54,27	63,03*	15,05	4,19	7,18	7,40	76,12	0,87
31	2020/2 ^o	C/P	11	26,50	46,00	36,24	3,23	47,17*	11,65	4,05	9,42	9,49	75,31	0,87

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

^aSafr: 1^o: safra (cultivo de primavera/verão), 2^o: safrinha (cultivo de verão/outono).

^bT: tipo de grão: C: carioca, P: preto, Co: carioca, preto e outros tipos de grãos.

Sendo: Min: mínimo; Máx: máximo; QM^b: quadrado médio dos blocos; QM^t: quadrado médio dos tratamentos; QM^e: quadrado médio do erro; F_c: valor de F calculado; CVE: coeficiente de variação experimental; CVG: coeficiente de variação genética; h²: herdabilidade; AS: acurácia seletiva.