

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**

ADRIELLY BURATTO MACHADO

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES CRIOULAS
DE FEIJÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DOIS VIZINHOS
2020**

ADRIELLY BURATTO MACHADO

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES CRIOULAS
DE FEIJÃO**

Adaptability and stability of land races of common bean

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Lucas da Silva Domingues.

DOIS VIZINHOS

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Machado, Adrielly Buratto
Aptabilidade e estabilidade de variedades crioulas de feijão. / Adrielly Buratto
Machado. – Dois Vizinhos, 2020.
1 arquivo de texto (56 f): PDF; 1,12 MB.

Orientador: Lucas da Silva Domingues
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Dois Vizinhos, 2020.
Inclui bibliografia: f. 51-56

1. Feijão-comum. 2. Germoplasma vegetal - Recursos. 3. Interação genótipo-ambiente. 4. Agroecossistemas – Dissertações. I. Domingues, Lucas da Silva, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. III. Título.

CDD: 630

Biblioteca da UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos

Bibliotecária/Documentalista:
Keli Rodrigues do Amaral Benin – CRB-9/1559



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 51

A Dissertação de Mestrado intitulada **ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO**, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **ADRIELLY BURATTO MACHADO**, no dia 04 de agosto de 2020, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em **CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, área de concentração **Agroecossistemas**, linha de pesquisa **Manejo e Conservação de Agroecossistemas**, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em **Agroecossistemas**.

Prof(a). Dr(a). Lucas da Silva Domingues (Presidente)
UTFPR – DV

Prof(a). Dr(a). Moeses Andriago Danner (Membro)
UTFPR – PB

Prof(a). Dr(a). Liliane Marcia Mertz Henning (Membro Externo)
EMBRAPA – Soja

Este Termo de Aprovação encontra-se na pasta do aluno na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação realizada após a entrega da versão final, incluindo correções necessárias, permitindo o encaminhamento para análise e publicação no Repositório Institucional.

Assinado eletronicamente por

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas
Paulo Fernando Adami

Dedico esse trabalho aos meus avós Valdir Martins Buratto e Maria Das Graças Buratto, pelos ensinamentos, dedicação e educação proporcionada, em muitos momentos importantes seus exemplos embasam grande parte de minhas decisões.

À Ademar Gonçalo Silveira Machado, meu pai, a quem respeito e agradeço pelo dom da vida, sua calma e paciência me inspiram a trilhar caminho igual mesmo em meio a adversidades e desafios diários.

À Jeferson Luis Aquino Daniel, companheiro em muitos momentos vividos até então, obrigado pelo seu amor e companheirismo.

À Nicolas Machado Daniel, presente que veio para brindar as conquistas e vitórias de uma fase difícil, que a educação seja o alicerce de conduta em sua vida, e que eu possa servir de exemplo.

AGRADECIMENTOS

Estes parágrafos certamente não irão contemplar todas as pessoas que fizeram parte dessa importante conquista, portanto, me desculpo por àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Lucas da Silva Domingues pela sua dedicação e pela orientação na elaboração deste trabalho, a você meu muito obrigado.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agroecossistemas, e outros que se fizeram presente em minha formação, diretamente e indiretamente.

Ao meu pai Ademar Gonçalo Silveira Machado, minha irmã Evelin Eduarda Buratto Tomasson, meus avós Valdir Martins Buratto (in memorian) e Maria Das Graças Buratto (in memorian), agradeço a vocês pelos momentos de reflexão, em muitos momentos essa base fortaleceu o meu estudo.

A meu filho Nicolas Machado Daniel, motivo de meus esforços e dedicação, agradeço pela sua chegada, mesmo em um momento tão conturbado em minha vida, me trouxe desafios, mas sobretudo alegrias e realizações, assim como uma força para buscar sempre o melhor para nossas vidas, sei que deixo o exemplo de estudo e dedicação

Aos meus colegas de turma.

A coordenação do curso de Pós-Graduação em Agroecossistemas por sempre atender as necessidades do curso.

Ao meu esposo Jeferson Luis Aquino Daniel, pelo carinho, amor e compreensão, e pela ajuda em momentos difíceis, quando pensei em desistir você estava lá para me fortalecer e auxiliar para que eu seguisse com foco e objetivo.

Meus agradecimentos aos amigos, compadres, comadres, colegas de mestrado, que fizeram parte da minha formação e que irão continuar presente em minha vida.

Enfim, a todos que por algum motivo contribuíram para a minha formação e crescimento intelectual.

“Eu faço da dificuldade a minha motivação. A volta por cima vem na continuação.”

Charlie Brown Jr

RESUMO

MACHADO, Adrielly Buratto. **Adaptabilidade e estabilidade de variedades crioulas de feijão**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

No Brasil, o cultivo do feijão é submetido a diferentes condições edafoclimáticas, resultando em diferentes desempenhos dos genótipos, influenciadas pelas variações ambientais, resultando na redução de potencial produtivo. Além disso, devido ao processo de melhoramento genético, muitas variedades comerciais de feijão apresentam diferentes respostas a diferentes condições edafoclimática, condição menos propícia em ocorrer em variedades crioulas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação genótipo x ambiente e a adaptabilidade e estabilidade de 30 variedades crioulas de feijão no município de Dois Vizinhos-PR. O estudo realizou-se através da análise dos dados de produtividade de ensaios conduzidos na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos (UTFPR-DV). Avaliou-se 30 variedades crioulas de feijão em oito safras de cultivo, 1) Safrinha 2015, 2) Safra 2015/2016, 3) Safrinha 2016, 4) Safra 2016/2017, 5) Safrinha 2017, 6) Safrinha 2018, 7) Safra 2018/2019 e 8) Safrinha 2019, onde cada safra representou um ambiente, totalizando oito ambientes. O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com três repetições por tratamento. Ao final do ciclo de cada variedade na safra correspondente, realizou-se a colheita manual dos grãos. A produtividade total foi obtida quantificando-se a massa total de grãos da parcela e o resultado extrapolado para kg ha^{-1} , corrigindo a umidade para 13%. Os resultados de produtividade foram submetidos à análise de variância, considerando os fatores genótipos, ambiente e a interação $G \times A$. Realizou-se análises complementares para a decomposição da Interação $G \times A$ através da realização da estratificação ambiental e avaliação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica pelos métodos de Lins e Binns modificado por Carneiro, de Eberhart e Russel, de Cruz, Torres e Vencovsky, e de Análise dos efeitos principais aditivos e da interação multiplicativa-AMMI. O método de Cruz, Torres e Vencovsky classificou os ambientes 1, 4, 6 e 7 como favoráveis, os quais correspondem a dois ambientes de Safra (ambientes 4 e 7), e dois ambientes de Safrinha (ambientes 1 e 6). O método de Lin e Binns classificou como favoráveis os ambientes 1, 6 e 7, e por fim, o método de análise AMMI considerou favorável apenas o ambiente 8. Os ambientes 6 (safrinha 2018) e 4 (Safra 2016/17) foram os que apresentaram maiores médias de produtividades, enquanto o ambiente 8 (Safrinha 2019), apresentou a menor média. A variedade Carioca Rosa foi a mais estável, seguida das variedades Pardinho Mineiro, Carioca Siriri e Pombinho, pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky. Serrana Vagem Branca foi a que apresentou maior média de produtividade entre os ambientes avaliados, assim como apresentou maior número de ambientes com maior média produtiva. As variedades Serrana Vagem Branca e Gralha MST foram classificadas como de ampla adaptação e de maior estabilidade pelo método de Lin e Binns. Os métodos de análise não apresentaram resultados semelhantes, as metodologias de Eberhart e Russel e Cruz, Torres e Vencovsky foram pouco concordantes em relação a indicação de comportamento dos genótipos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, interação $G \times A$, germoplasma crioulo, produtividade.

ABSTRACT

MACHADO, Adrielly Buratto. **Adaptability and stability of land races of common bean.** 2020. Dissertation (Master in Agroecosystems) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

In Brazil, the bean culture is subjected to different edaphoclimatic conditions, resulting in different genotype performances, influenced by environmental variations, resulting in a reduction in productive potential. In addition, due to the genetic improvement process, many commercial varieties of beans have different responses to different edaphoclimatic conditions, a condition less likely to occur in creole varieties. Thus, the objective of this work was to evaluate the genotype x environment interaction and the adaptability and stability of 30 common bean land races of in the municipality of Dois Vizinhos-PR. The study was carried out by analyzing the productivity data of tests conducted in the experimental area of the Federal Technological University of Paraná, Câmpus Dois Vizinhos (UTFPR-DV). 30 common bean land races were evaluated over eight growing cycles, 1) 2015 dry season, 2)2015/2016 water season, 3) 2016 dry season, 4) 2016/2017 water season, 5) 2017 dry season, 6) 2018 dry season, 7)2018/2019 water season and 8) dry season 2019, where each cycle represented one environment, totalling eight environments. The experimental design used was completely randomized blocks, with three replications per treatment. At the end of the cycle of each variety in the corresponding season, manual harvesting was done, the total yield was obtained by measuring the total grain mass of the plot extrapolating to kg ha^{-1} . The results of productivity were carried out in the analysis of variance, considering the genotypes, environment and the G x A interaction. Complementary analyzes were made for the decomposition of the G x A interaction through the realization of environmental stratification and evaluation of adaptability and phenotypic stability by Lins and Binns methods modified by Carneiro, Eberhart and Russel, Cruz, Torres and Vencovsky, and Analysis of the main additive effects and the multiplicative-AMMI interaction. The Cruz, Torres and Vencovsky method classified environments 1, 4, 6 and 7 as favorable, with two water season environments, environments 4 and 7, and two dry season environments, environments 1 and 6. Lin's method and Binns classified environments 1, 6 and 7, and the AMMI analysis method considered only environment 8 as favorable. Environments 6 and 4 were the ones with the highest yield averages, and environment 8 showed the lowest yield average. The land race Carioca Rosa showed greater phenotypic stability followed by Pardinho Mineiro, Carioca Siriri and Pombinho by the method of Cruz, Torres and Vencovsky. Serrana Vagem Branca was the one with the highest yield average among the evaluated environments, as well as the largest number of environments with the highest yield average. Serrana Vagem Branca and Gralha MST were classified as widely adapted, and more stable by the Lin and Binns method. The methods of analysis did not show similar results, the methodologies of Eberhart and Russel and Cruz, Torres and Vencovsky were not very consistent in relation to the indication of behavior of the genotypes.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, G x A interaction, land race germplasm, productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dendrograma representativo do agrupamento de oito ambientes, pelo Método UPGMA, com base na dissimilaridade de Mahalanobis.....	38
Figura 2. Gráfico biplot dos componentes principais PC1 e PC2	47
Figura 3. Gráfico biplot dos componentes principais PC1, PC2 e PC3.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição morfológica das variedades crioulas de feijão utilizadas no estudo.....	27
Tabela 2. Média de Temperatura (°C), Umidade Relativa do ar (%), e precipitação (mm) acumulada durante cada mês e nos 4 meses de desenvolvimento das variedades crioulas de feijão, nos oito ambientes avaliados no município de Dois Vizinhos/PR.....	30
Tabela 3. Índices ambientais da análise de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), e classificação dos ambientes, em estudo realizado em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/PR.....	31
Tabela 4. Índices ambientais da análise de Lin e Bins (1988) modificado por Carneiro (1998), e classificação dos ambientes, em estudo realizado em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/PR	31
Tabela 5. Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹), e comparação de médias entre 30 variedades crioulas de feijão em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/Paraná.....	35
Tabela 6. Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre oito ambientes avaliados no estudo de variedades crioulas de feijão no município de Dois Vizinhos/Paraná.....	37
Tabela 7. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas através dos métodos de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Eberhart e Russel (1966), para 30 variedades crioulas de feijão, avaliadas em oito ambientes em Dois Vizinhos/PR.....	41
Tabela 8. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade obtidas pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para 30 variedades crioulas de feijão, avaliadas em oito ambientes, no município de Dois Vizinhos/PR.....	45
Tabela 9. Análise de variância conjunta e da análise AMMI para a produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de 30 variedades crioulas de feijão, avaliadas em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/PR.....	46

LISTA DE SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GBIOMET	Grupo de Estudos e Biometeorologia- UTFPR/DV
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
SSD	Single Seed Decendent
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
EVCU	Ensaio de Valor de Cultivo e Uso
ADAPAR	Agencia de Defesa Agropecuária do Paraná
AMMI	Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis
UPGMA	Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	FEIJÃO	15
3.2	MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO	16
3.3	MELHORAMENTO GENÉTICO EM GERMOPLASMA CRIOULO DE FEIJOEIRO.....	18
3.4	INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE (G x A)	20
3.5	MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE AVALIAÇÃO DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE	22
3.5.1	Método de Eberhart e Russell (1966)	22
3.5.2	Método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989)	23
3.5.3	Análise AMMI (1988)	23
3.5.4	Método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998)	24
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Entre as principais leguminosas comestíveis destaca-se o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), presente na dieta alimentar de mais de 400 milhões de pessoas no mundo. A produção média anual, no período de 2012 a 2014, foi de 23,8 milhões de toneladas, com os maiores produtores Índia e Mianmar (16%), Brasil (13%), EUA, México e Tanzânia (5%) e China (4%) representando 64% da produção mundial da leguminosa (FAO, 2019).

O feijão apresenta ampla variedade de genótipos, porém, pouca importância comercial mundial comparativamente a outros grãos, pois apresenta pequeno consumo em países de primeiro mundo. Os principais países produtores são também grandes consumidores, não havendo excedente exportável, razões as quais restringem o comércio internacional (MAPA, 2018).

O cultivo de feijão no Brasil é estabelecido em três calendários de zoneamento agrícola. A primeira denominada como safra das águas, com semeadura de julho a outubro e colheita de novembro a abril. A segunda como safra da seca, com semeadura de janeiro a março e colheita de abril a julho. A terceira como safra de outono/inverno, principalmente na região sudeste do Brasil, com semeadura de abril a julho e colheita de agosto a outubro (MAPA, 2018). Segundo dados da Conab (2020), para o calendário agrícola 2019/2020, a primeira safra representou 35,8% do total da produção nacional de grãos da leguminosa, a segunda safra 40,39% e a terceira safra 23,81%.

No Brasil, o cultivo do feijão é submetido a diferentes condições edafoclimáticas, resultando em diferentes desempenhos das cultivares comerciais, influenciadas pelas variações ambientais, podendo resultar na redução de potencial produtivo (PIANA et al., 1999). A maneira como a cultivar responde às variações ambientais é determinada pela sua característica genotípica, proporcionando maior ou menor adaptabilidade e estabilidade de cultivo. A expressão fenotípica relacionada ao ambiente é conhecida como interação genótipo x ambiente (ELIAS; HEMP; CANTON, 1999).

Em um programa de melhoramento de feijão destaca-se, entre outras características, a busca por cultivares produtivas, de ciclo precoce, que permitam seu cultivo em safra e safrinha. Além disso, busca-se a adaptabilidade e estabilidade da

cultivar a diversos ambientes, de forma a minimizar a interação genótipo x ambiente (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 1999). Uma vez que a interação genótipo x ambiente pode atuar de maneira negativa ao comportamento dos genótipos, torna-se imprescindível identificar genótipos que apresentam maior adaptabilidade e estabilidade de cultivo, proporcionando produtividades estáveis em diferentes ambientes (MELO et al., 2007).

Tradicionalmente o feijoeiro é cultivado em pequenas propriedades com emprego de baixo nível tecnológico, porém, verifica-se aumento do índice tecnológico, principalmente com a substituição de sementes de genótipos não melhorados, genótipos crioulos, por cultivares melhoradas (CARVALHO et al., 2005). Ainda segundo os autores, cultivares crioulas são cada vez mais escassas em sistemas de cultivo de feijoeiro, contribuindo para a redução da carga genética desta cultura.

Neste sentido, estudos de adaptabilidade e estabilidade, bem como da interação genótipo x ambiente, em germoplasma crioulo de feijão, é de fundamental importância na identificação de materiais promissores dentro de um programa de melhoramento genético.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a interação genótipo x ambiente e a adaptabilidade e estabilidade de 30 variedades crioulas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no município de Dois Vizinhos-PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Avaliar e caracterizar oito períodos de cultivo de feijão, entre safra e safrinha, classificando-os em oito diferentes ambientes, em Dois Vizinhos-PR.

Avaliar o potencial produtivo de 30 variedades crioulas de feijão em Dois Vizinhos-PR.

Avaliar a influência da interação genótipo x ambiente relacionando com variáveis meteorológicas em 30 variedades crioulas de feijão, submetidas a oito ambientes de cultivo em Dois Vizinhos-PR.

Avaliar por diferentes metodologias estatísticas a adaptabilidade e estabilidade de 30 variedades crioulas de feijão.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FEIJÃO

O feijão, *Phaseolus vulgaris* L., é uma importante fonte de proteína na dieta da população de países em desenvolvimento em regiões tropicais e subtropicais, especialmente na América Latina, África Oriental e África do Sul (BROUGHTON et al. 2003). O feijão faz parte do hábito alimentar do brasileiro, sendo o Brasil o maior consumidor e o segundo maior produtor. O cultivo é realizado em praticamente todas as regiões do país, possibilitando a colheita de até três safras por ano (CONAB, 2020).

Conforme dados da CONAB (2020), a produção nacional de feijão para a safra 2019/2020 é de 3,07 milhões de toneladas, 1,9% superior ao obtido na safra 2018/2019, sendo 1.864,4 mil toneladas de feijão-comum cores, 701,1 mil toneladas de feijão caupi, e 508,8 mil toneladas de feijão-comum preto. Ainda, para a safra 2019/2020, a produção nacional de feijão primeira safra foi de 1,1 milhões de toneladas, 12,1% superior ao volume produzido na safra anterior, feijão segunda safra produção de 1,24 milhões de toneladas, com colheita iniciada e produção 4,9% inferior ao período anterior, e o feijão terceira safra, em fase de plantio, com área estimada em 575,1 mil ha⁻¹, representando redução de 1% sobre a área de plantio da safra anterior para esse período.

Para a distribuição da produção nacional entre as regiões na safra 2019/2020, o Sul representou 25%, seguida da região Centro-Oeste, 24,8%, Sudeste, 24%, Nordeste, 23,7%, e Norte, 2,5%. Os estados brasileiros de maior produção de feijão destacam-se o estado do Paraná, 19,2%, seguido pelos estados de Minas Gerais, 17,5%, Mato Grosso, 11,6%, Goiás, 10,4%, e Bahia, 9,5% (CONAB, 2020).

O tamanho das sementes do feijão constitui-se como característica marcante em bancos de germoplasma, dividindo-se em dois grupos de origem, Mesoamérica, apresentam sementes pequenas, e Andes, apresentam sementes grandes (McCLEAN; MYRES; HAMMOND, 1993). No Brasil, atualmente existem inúmeros genótipos com características distintas, nos mais variados grupos comerciais, predominando o feijão carioca, devido sua maior aceitação comercial, o qual foi

amplamente utilizado em programas de melhoramento genético (RIBEIRO et al., 2010).

Por ser cultivada durante todo o ano e numa diversidade de ecossistemas, a cultura do feijão está exposta a uma série de fatores capazes de ocasionar perdas na produção (GARCIA et al. 2007). Em cultivos sob condições inadequadas de manejo, principalmente relacionadas à fertilidade e nutrição de plantas, pragas e doenças, podem ocasionar perdas em produtividade de até 100% (BARBOSA et al., 2010). Segundo Vieira (2005), a cultura do feijoeiro é sensível a mais de 40 patógenos de origem fúngica, bacteriana e virótica, destacando-se o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), o mosaico comum (Bean Common Mosaic Virus), o crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), a mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) e a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*).

3.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO

Devido a variabilidade genética observada na cultura do feijão é possível cultivá-lo em diferentes regiões de exploração agrícola, porém, tal variabilidade é pouco observada em programas de melhoramento, e sim, em pequenos campos de produção e em variedades crioulas (TSUTSUMI; BULEGON; PIANO, 2015). Ainda, segundo os autores, é cada vez mais restrito a presença de variabilidade genética em cultivares comerciais, devido à pressão de seleção, o que desperta olhares de órgãos de pesquisa e melhoramento genético em feijoeiro na busca pela inserção de alelos selvagens em cultivares comerciais.

Em programas de melhoramento genético de feijão utilizam-se diferentes métodos para obtenção de características desejáveis, o emprego da hibridação tem sido uma das principais fontes de obtenção de novas linhagens, necessitando uma criteriosa escolha dos genitores, o tipo de cruzamento a ser utilizado (simples, duplo, triplo, múltiplo), assim como a escolha do método de condução de população segregante (MENEZES JUNIOR, 2011). Ainda, de acordo com o autor, vários métodos de condução de populações segregantes são descritos, os mais utilizados na cultura do feijoeiro são o método massal, método genealógico ou de “pedigree”,

método da população ou *bulk*, método SSD (Single Seed Descendent), e mais recente o método *bulk* dentro de famílias F_2 , F_3 ou F_4 .

De acordo com Ramalho, Abreu e Santos (2005) no método massal selecionam-se os indivíduos fenotipicamente a partir da geração F_2 até atingir a homozigose, método de uso limitado, necessitando expertise do pesquisador melhorista para identificação de indivíduos geneticamente superiores, eficiente somente para caracteres de alta herdabilidade.

Conforme Borém e Miranda (2009) para o método genealógico selecionam-se plantas individuais a partir da geração F_2 , semeadas em linha na geração F_3 , selecionam-se as melhores famílias e as melhores plantas dentro das famílias, repetindo o processo até atingir a homozigose, onde então, as linhagens são avaliadas em experimentos com repetições.

Para o método da população ou *bulk*, as plantas são colhidas a partir da geração F_2 , uma amostra das sementes é utilizada para obtenção da população F_3 , repetindo-se o processo por algumas gerações, extraindo-se plantas individuais dentro da população para dar origem as linhagens a serem avaliadas em experimentos com repetições (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005).

Segundo Menezes Junior (2011) o método SSD (*Single Seed Decendent*) é utilizado com o objetivo de reduzir o tempo necessário para alcançar uma alta proporção de locos em homozigose, obtendo avanços nas gerações fora da época normal de semeadura. Ainda, segundo o autor, o método SSD tem como princípio avançar gerações segregantes a partir da utilização de apenas uma semente de cada planta da população em F_2 para obtenção da geração seguinte, sucessivamente até que seja atingido o nível de homozigose desejado.

Conforme Amaro et al. (2007) no método *bulk* dentro de famílias selecionam-se plantas individuais nas gerações F_2 , F_3 ou F_4 , as quais individualmente geram uma família, e das famílias obtidas, $F_{2:3}$, $F_{3:4}$ ou $F_{4:5}$, colhe-se em *bulk* e avaliam-se em experimentos com repetições. De acordo com Menezes Junior, Ramalho e Abreu (2008) realizam-se avaliações por mais duas ou três gerações em diferentes safras e locais, possibilitando, através de análise conjunta, selecionar famílias com maior confiabilidade, principalmente para características de baixa herdabilidade.

De acordo com Vieira et al. (2005) o melhoramento genético do feijoeiro tem por objetivo obter cultivares que apresentem vantagens frente as cultivares já existentes no mercado, destacando-se a busca por cultivares com produtividades

superiores à média nacional, atualmente pouco acima de 1.600 kg ha⁻¹ conforme dados da Conab (2020), resistência a doenças, tolerância a déficit hídrico e arquitetura ereta apropriada a colheita mecanizada. Ainda, Tsutsumi, Bulegon e Piano (2015) descrevem como objetivos do melhoramento genético voltados a fixação biológica de nitrogênio, resistência a doenças e insetos, tolerância a seca, colheita mecânica, aumento na produção de grãos, qualidade nutricional de grãos, tempo de cozimento e transgenia em feijão.

De maneira geral, o melhoramento genético do feijoeiro proporciona benefícios a pequenos e grandes produtores, por ser uma tecnologia que proporciona ganhos em produtividade sem elevar os custos de produção, e como consequência, maior lucratividade e rentabilidade.

3.3 MELHORAMENTO GENÉTICO EM GERMOPLASMA CRIOULO DE FEIJOEIRO

As características morfoagronômicas em feijoeiro, tais como estatura de planta, número de nós, número de ramos, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, entre outras, podem sofrer influências das variações do ambiente, resultando em redução da produtividade média e instabilidade produtiva ao longo dos anos (COELHO et al., 2010). Para os autores, a utilização de variedades melhoradas e uniformes é uma exigência de mercado, atende às necessidades de aumento da produção de alimentos e gera uma intensa pressão negativa no uso de genótipos crioulos já adaptados para as condições de produção do agricultor.

No feijoeiro, a produtividade de grãos apresenta alta correlação com os componentes de rendimento, e conforme as condições ambientais, alguns componentes podem sofrer aumento ou redução, interferindo na manutenção da estabilidade produtiva (ZILIO et al., 2011). Ainda, conforme os autores, em estudo da contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijoeiro, no estado de Santa Catarina, observaram que número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de lóculos por vagem do feijoeiro contribuíram de maneira pronunciada na identificação dos genótipos mais promissores para rendimento de grãos.

Em estudo semelhante, Sevim et al. (2016), constataram diferenças significativas na diversidade genética de caracteres morfoagronômicos entre populações de feijoeiro crioulo no município de Pato Branco/PR, sugerindo a inserção de populações em programas de melhoramento.

Elias et al. (2007) caracterizaram a diversidade genética de genótipos crioulos de feijoeiro através da morfologia e dos componentes do rendimento, selecionando caracteres de interesse para os estudos de melhoramento, porém, essas avaliações foram realizadas em apenas um ano de cultivo. Já os estudos de Coelho et al. (2010) avaliaram dois anos de cultivo, encontrando resultados de produtividade superiores a 4.000 kg há⁻¹ para seis cultivares crioulas de feijoeiro, indicando-as para compor cruzamentos nos programas de melhoramento que visem elevadas produtividades.

O feijoeiro pode apresentar elevados teores de nutrientes nos grãos, como, o ferro, que pode estar correlacionado positivamente com magnésio, zinco, fósforo e enxofre, e assim promover melhorias simultâneas nos teores de minerais nos grãos (PEREIRA et al., 2011). Embora possa ocorrer elevada concentração nutricional nos grãos do feijoeiro, a biodisponibilidade dos minerais, bem como das proteínas, pode variar, porém, genótipos crioulos de feijoeiro estão adaptados às condições ambientais e socioeconômicas dos agricultores, sendo constatado a correlação positiva entre os nutrientes presentes nos grãos em estudo realizado por Beebe et al. (2000).

Estudos da caracterização dos nutrientes e antinutrientes que podem interferir na qualidade nutricional do grão, favorecer o uso das sementes dos genótipos crioulos de feijoeiro pelos agricultores para consumo próprio ou para comercialização, ou serem indicados para os cruzamentos nos programas de melhoramento da cultura, foram realizados por Coelho et al. (2007) avaliando o menor tempo de cocção, Pereira et al. (2009) avaliando o maior teor proteico, e Pereira et al. (2011) na avaliação da diversidade no teor de nutrientes em grãos de feijão crioulo, onde todos os trabalhos apresentaram variabilidade genética entre os cultivares de feijoeiro crioulo estudados.

Neste sentido, o melhoramento genético utilizando germoplasma crioulo de feijoeiro pode contribuir na conservação dos recursos genéticos do feijão crioulo, e na possibilidade desta diversidade genética ser explorada pelos programas de melhoramento da cultura do feijoeiro.

3.4 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE (G x A)

No Brasil, o cultivo do feijão é realizado em três épocas diferentes do ano, a primeira denominada como safra das águas, com plantio realizado de agosto a dezembro nos estados da região Sul, a segunda denominada de safra da seca ou safrinha, realizada em todos os estados brasileiros de dezembro a março, e a terceira conhecida como safra de inverno, com plantio realizado de abril a junho (MAPA, 2018).

A diversidade de épocas de semeadura, conforme zoneamento agrícola para a cultura do feijoeiro no Brasil, resulta na exposição de cultivos a uma diversidade de ambientes, e em muitas situações, essa exposição é observada para uma mesma cultivar (MENEZES JUNIOR, 2011). Essa diversidade edafoclimática compromete, em muitas situações, o desempenho de cultivares de feijão, o que resulta em baixas produtividades, conseqüentemente baixa rentabilidade.

Vários fatores influenciam no desenvolvimento de cultivares de feijão e a expressão de suas características fenotípicas, destacando-se a interação entre tais características e o ambiente, conhecida como interação genótipo x ambiente (G x A) (PEREIRA et al., 2015). De acordo com os autores esta interação explica o que é observado para algumas cultivares comerciais, que apresentam características fenotípicas diferente em diferentes regiões de um mesmo estado.

De acordo com Pereira et al. (2013) a utilização de genótipos antigos, baixo potencial produtivo, suscetíveis a estresses bióticos e abióticos, são considerados motivos pela baixa produtividade de feijoeiro no nordeste do Brasil. Ainda segundo os autores, poucos programas de melhoramento genético em feijoeiro têm atuado frente as necessidades de enfrentamento a baixa precipitação pluviométrica, oscilações de temperatura e ataque de pragas.

Pereira et al. (2013), estudando a interação genótipo x ambiente em feijoeiro comum no estado de Pernambuco concluíram que a interação foi importante para a produtividade e massa de mil grãos, assim como quatro ambientes dentro do estado de Pernambuco forneceram informações complementares para a avaliação. Gonçalves et al. (2010) avaliando os parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade de linhagens e cultivares de feijoeiro no estado de São Paulo observaram materiais genéticos superiores no conjunto de dados avaliados, demonstrando existir a interação genótipo x ambiente entre os dados avaliados.

Segundo Cruz e Regazzi (2001) a interação G x A é composta por duas partes, a primeira, denominada simples, representa a resposta diferencial dos genótipos aos ambientes, e a segunda, denominada complexa, refere-se a menor correlação entre o desempenho dos genótipos nos ambientes. Portanto, de acordo com os autores, a primeira parte não altera a classificação dos genótipos nos ambientes, já a segunda, altera a ordem de classificação dos genótipos nos ambientes.

Conforme Pereira et al. (2013) os efeitos da interação G x A tornam a seleção e recomendação de genótipos lenta e onerosa, mesmo quando os genótipos apresentam características promissoras, pois as diferenças de ambiente proporcionam alterações no desempenho relativo dos genótipos.

Em estudo avaliando genótipos de feijoeiro em diferentes locais no estado do Paraná, Buratto (2007) observou três genótipos, em 20 genótipos avaliadas, que apresentaram melhores produtividades de grãos, alta adaptabilidade e estabilidade. Em estudo semelhante, nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, Melo et al. (2007), também observaram genótipos mais estáveis e produtivos, neste estudo cinco genótipos em 20 avaliados foram superiores em produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade.

Evidencia-se em programas de melhoramento genético de feijoeiro a busca por genótipos que apresentem alta herdabilidade das características de adaptabilidade e estabilidade, possíveis de serem estimadas e identificadas através de métodos estatísticos, disponibilizando aos produtores rurais cultivares que sofram menores interferências do ambiente, sem relação negativa entre G x A (PEREIRA et al., 2015).

Durante a fase final do melhoramento genético de cultivares de feijoeiro, antecedendo seu lançamento comercial, todas as linhagens passam por ensaios de valor de cultivo e uso (EVCUs), submetendo as linhagens a avaliações por meio de ensaios com repetições em diferentes ambientes, representando variadas condições ambientais às quais a cultivar pode ser submetida (PEREIRA et al., 2009).

Neste sentido, identificar genótipos com elevada estabilidade fenotípica, minimizando os efeitos da relação G x A, contribuem na recomendação de novas cultivares, assim como tornam o processo mais seguro (MELO et al., 2007).

3.5 METODOS ESTATÍSTICOS DE AVALIAÇÃO DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

Alguns métodos estatísticos são propostos para avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos quando ocorre interação genótipo x ambiente, tais como o método de Eberhart e Russel (1966), método de análise dos efeitos principais aditivos e da interação multiplicativa – AMMI (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988), método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e o método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998). Tais métodos auxiliam em programas de melhoramento genético do feijoeiro na identificação de cultivares com elevada capacidade produtiva, adaptabilidade e estabilidade (PEREIRA et al., 2015).

3.5.1 Método de Eberhart e Russell (1966)

O método de Eberhart e Russell (1966) é baseado em uma análise de regressão linear que utiliza o índice ambiental para avaliar a qualidade dos ambientes e para classifica-los como favoráveis e desfavoráveis por meio de índices negativos e positivos, considerando desta forma a resposta de cada genótipo avaliada às variações do ambiente.

Este método considera três parâmetros na avaliação individual de cada cultivar, a produtividade média (β_{oi}), coeficiente de regressão linear (β_{1i}), e o desvio de regressão (σ^2_{di}). Por meio deste método, as cultivares podem ser classificadas como de adaptabilidade geral ou ampla, quando β_{1i} não diferir estatisticamente de 1, de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, quando β_{1i} for estatisticamente maior que 1, ou de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, quando β_{1i} for estatisticamente menor que 1 (EBERHART; RUSSELL, 1966).

Silva Filho et al. (2008), acreditam que o método de Eberhart e Russell (1966) é um dos mais utilizados porque avalia a resposta dos genótipos à melhoria dos ambientes. Segundo Vencovsky e Barriga (1992) é o método mais indicado quando se tem um número restrito de ambientes a ser analisados.

O método tem sido largamente utilizado em análises de adaptabilidade e estabilidade de feijão em diferentes regiões do país (PEREIRA et al., 2009; RIBEIRO et al., 2004; SILVA FILHO, et al., 2008).

3.5.2 Método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989)

O método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) é baseado em uma análise de regressão bissegmentada linear, para avaliar o desempenho dos genótipos de forma distinta em ambientes favoráveis e desfavoráveis, utilizando uma variável indexadora.

A metodologia possui três parâmetros de adaptabilidade, a média, a resposta linear aos ambientes desfavoráveis e a resposta linear aos ambientes favoráveis. A estabilidade é avaliada pelo desvio da regressão de cada cultivar em função das variações ambientais. Por esse método as estimativas não possuem correlação entre si, resultando em dois segmentos de reta independentes (CRUZ; TORRES; VENCOVSKY, 1989).

Estudos realizados por Pereira et al. (2009), comparando métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum, encontraram correlação entre o método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e o método de Eberhart e Russel (1966), o que indica redundância nas informações fornecidas pelos métodos baseados em regressão.

A redundância nas informações é passível de ser atribuída à não identificação de genótipo com comportamento ideal segundo o método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989). Em função disto, estes métodos tendem a fornecer resultados semelhantes (PEREIRA, et al., 2009).

3.5.3 Análise AMMI (1988)

A análise AMMI (1988) realiza a combinação entre a análise de variância dos efeitos aditivos principais de genótipos e de ambientes, e a análise de componentes

principais do efeito multiplicativo da interação G x A, informando qual a contribuição do genótipo para a interação G x A (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988).

Conforme Zobel, Wright e Gauch (1988), as vantagens da utilização do método são que ele permite analisar de maneira detalhada a interação G x A, selecionar genótipo de acordo com suas interações positivas com o ambiente, propiciar estimativas precisas das respostas dos genótipos, além de facilitar a interpretação dos resultados permitindo sua representação gráfica.

Silva e Duarte (2006) em trabalho de avaliação de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja, observaram baixa correlação entre o método AMMI (1988) e o de Eberhart e Russel (1966), indicando o uso destes dois métodos de modo a complementar-se. A baixa correlação entre os métodos também foi observada por Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009).

A análise AMMI (1988) tem sido utilizada em testes de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão por diversos autores (DOMINGUES et al., 2013; MELO et al., 2007; PEREIRA et al. 2009).

3.5.4 Método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998)

O método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), identifica os genótipos com maior estabilidade com o uso de um único parâmetro de adaptabilidade e estabilidade. Ele também contempla os desvios em relação a produtividade máxima obtida em cada ambiente, possibilitando detalhar essa informação em ambientes favoráveis e desfavoráveis.

A classificação dos ambientes é feita por meio de um índice de ambiente (i), que é a diferença entre a média dos genótipos avaliados em determinado ambiente e a média geral dos experimentos. Quando i for menor que 0, o ambiente é considerado favorável e quando i for maior que 0, desfavorável (CARNEIRO, 1998).

Pereira et al. (2009), observaram em seu trabalho comparando métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum, que o método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) teve alta correlação com o método de Annicchiarico (1992), o que demonstra que estes proporcionam

informações semelhantes. Borges et al. (2000), Silva e Duarte (2006) e Silva Filho et al. (2008) observaram o mesmo resultado em seus trabalhos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado por meio da análise dos dados de produtividade de ensaios de feijoeiro, conduzidos na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos (UTFPR-DV), em solo classificado como Latossolo Roxo de textura argilosa (EMBRAPA, 2014). O clima, conforme classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido (ALVARES et al., 2013), nas coordenadas de latitude e longitude 25°42'09"S, 53°05'44"O e altitude de 541 metros.

Avaliou-se 30 variedades crioulas de feijão (Tabela 1), obtidas em coleção de sementes de um produtor rural do município de Dois Vizinhos/PR, em oito safras de cultivo: Safrinha 2015, Safra 2015/2016, Safrinha 2016, Safra 2016/2017, Safrinha 2017, Safrinha 2018, Safra 2018/2019 e Safrinha 2019; em que cada safra representou um ambiente, totalizando oito diferentes ambientes. A Safra 2017/2018 não teve dados para compor as análises, pois fatores ambientais comprometeram as parcelas no campo e resultaram na perda dos ensaios para esta safra.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com três repetições por tratamento. A área de cada parcela era de 4 m², constituída por duas linhas com 4 metros de comprimento e 0,5 metros de espaçamento entre linhas. A população de plantas variou de 20 a 25 plantas m⁻², semeadura realizada utilizando adubação em sulco, variando as quantidades e necessidades através dos resultados de análise de solo para o local de cultivo de cada safra. As parcelas em campo foram conduzidas de maneira análoga em todas as safras realizadas.

O manejo de plantas daninhas foi realizado de forma mecânica por meio de capinas e arranquio manual, assim como o controle de pragas, quando necessário, foi realizado com o uso de inseticidas registrados para a cultura e liberados pela Agencia de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR, 2020). A ocorrência de doenças não apresentou-se como fator limitante a produtividade, dispensando a utilização de fungicidas ou bactericidas para controle.

Os estádios fenológicos do feijoeiro foram acompanhados durante o ciclo, conforme escala fenológica proposta por Gepts e Fernández (1982).

Realizou-se colheita manual, ao final do ciclo de cada variedade na safra correspondente. A produtividade total quantificou-se a massa total de grãos da parcela e o resultado foi extrapolado para kg ha⁻¹.

Tabela 1. Descrição morfológica das variedades crioulas de feijão utilizadas no estudo.

Nº	Variedade	Arquitetura de planta	Hábito de crescimento	Ciclo (dias)		PMS ³ (g)	Grupo Comercial
				E.F. ¹	E.M. ²		
1	90 Dias Preto	Arbustivo	Indeterminado	47	94	211,0	Preto
2	Argentino	Arbustivo	Determinado	36	79	246,3	Outros
3	Carioca Iapar 16	Arbustivo	Determinado	41	95	255,3	Carioca
4	Carioca Rosa	Prostrado	Indeterminado	46	100	173,7	Outros
5	Carioca Siriri	Prostrado	Indeterminado	43	85	219,0	Carioca
6	Carioca UM Rajado	Arbustivo	Indeterminado	43	85	184,7	Outros
7	Carioca Vermelho	Arbustivo	Indeterminado	42	87	222,3	Outros
8	Cavalo BR UM	Arbustivo	Determinado	35	74	293,7	Outros
9	Cavalo UM PR	Arbustivo	Indeterminado	39	87	271,7	Outros
10	Chumbinho	Prostrado	Indeterminado	47	95	235,7	Preto
11	Chumbinho Preto	Prostrado	Indeterminado	44	87	213,3	Preto
12	Chumbinho Preto Lustroso	Prostrado	Indeterminado	41	95	220,3	Preto
13	Gralha Coop	Prostrado	Indeterminado	43	95	202,3	Preto
14	Gralha MST	Arbustivo	Indeterminado	44	88	211,0	Preto
15	Iapar 40	Prostrado	Indeterminado	43	95	254,7	Carioca
16	IPR Rajado	Arbustivo	Determinado	37	79	267,7	Outros
17	Maronze	Prostrado	Indeterminado	43	95	191,0	Outros
18	Mourinho	Arbustivo	Indeterminado	44	95	228,0	Outros
19	Mulatinho	Arbustivo	Indeterminado	42	88	237,7	Mulatinho
20	Pardinho	Prostrado	Indeterminado	41	88	238,3	Outros
21	Pardinho Mineiro	Prostrado	Indeterminado	44	95	191,0	Outros
22	Pombinho	Prostrado	Indeterminado	43	102	187,7	Outros
23	Rosinha	Arbustivo	Indeterminado	48	95	180,7	Rosinha
24	Serrana Vagem Branca	Arbustivo	Indeterminado	41	89	215,0	Preto
25	Serrana Vagem Roxa	Arbustivo	Indeterminado	48	90	214,7	Preto
26	Taquara	Arbustivo	Indeterminado	42	95	216,3	Preto
27	Vagem Branca Lustroso	Prostrado	Indeterminado	35	75	192,3	Preto
28	Vagem Roxa Seca	Prostrado	Indeterminado	41	87	200,3	Preto
29	Vermelho	Arbustivo	Determinado	36	79	207,7	Outros
30	Vinagrinho	Arbustivo	Indeterminado	44	95	208,0	Outros

¹Emergência ao florescimento; ²Emergência a maturação fisiológica; ³Peso de mil sementes

Fonte: Adaptado de Santos (2019)

As safras caracterizaram diferentes ambientes, e foram utilizadas para a análise da interação genótipo x ambiente (G x A), assim como para a determinação do desempenho de cada variedade em relação à adaptabilidade e estabilidade. Os

resultados de produtividade foram organizados em planilha eletrônica e em seguida submetidos à análise de variância, considerando os fatores genótipos, ambiente e a interação G x A.

Para análise complementar a ANOVA efetuou-se o teste de médias de Scott Knott, também foram realizadas as análises complementares para a decomposição da Interação G x A através da realização da estratificação ambiental e avaliação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica pelos métodos de Lins e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Eberhart e Russel (1966), Cruz, Torres e Vencovsky (1989), e Análise dos efeitos principais aditivos e da interação multiplicativa – AMMI (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988), em cada safra. Realizou-se a matriz de correlação simples, correlação de Pearson, para auxiliar a estimar o grau de associação entre os diferentes ambientes estudados. A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa estatístico RBio (BHERING, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as médias de temperatura e umidade relativa do ar, assim como a precipitação pluviométrica de cada mês e o acumulado da precipitação pluviométrica durante todo o ciclo das variedades crioulas de feijão nos ensaios de campo. De acordo com Dourado-Neto e Fancelli (2000) temperaturas médias acima de 35 °C ou inferiores a 12 °C provocam redução do número de flores, assim como dificuldades para a planta obter os nutrientes necessários para manutenção da produção. Segundo Pereira et al. (2014), a faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura do feijoeiro situa-se entre 17 e 25 °C, e estima-se que a necessidade hídrica é de 300 a 600 mm durante o ciclo da cultura.

Verifica-se que as médias de temperatura não apresentaram-se como fator limitante ao desenvolvimento das plantas, embora para as condições de safrinha nos ambientes 1 e 3, ocorrer médias de temperatura inferiores a mínima sugeridas pela literatura, 16 e 16,26 °C respectivamente durante os meses de maio, tais temperaturas ocorreram no final do ciclo de desenvolvimento da cultura, estágio em que as plantas iniciam o processo de maturação fisiológica, não interferindo assim no desenvolvimento das plantas no campo (Tabela 2).

As condições ambientais caracterizam-se como fundamentais para o desenvolvimento das plantas de feijoeiro, as quais, de acordo com o período cultivado, safra ou safrinha, assim como em diferentes anos agrícolas, tais características se alteram de maneira significativa. Para o presente estudo, a distribuição de chuvas, precipitação pluviométrica, foi o fator limitante para a caracterização dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis, sendo mais preponderante em relação a temperatura.

Tabela 2. Média de Temperatura (°C), Umidade Relativa do ar (%), e precipitação (mm) acumulada durante cada mês e nos 4 meses de desenvolvimento das variedades crioulas de feijão, nos oito ambientes avaliados no município de Dois Vizinhos/PR

Ambiente	Mês/Ano	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)	
				Acumulado Mensal	Acumulado no Período
Ambiente 1 (Safrinha 2015)	fev/15	22,6	83,8	217,4	683,8
	mar/15	21,5	82,6	156,4	
	abr/15	18,9	83,3	68,4	
	mai/15	16	87,4	241,6	
Ambiente 2 (Safrinha 2015/16)	out/15	22,62	76,44	145,8	971
	nov/15	21,46	85,53	233,4	
	dez/15	22,93	86,2	396,6	
	jan/16	24,57	75,84	195,2	
Ambiente 3 (Safrinha 2016)	fev/16	24,41	83,44	191,2	614,2
	mar/16	21,89	77,9	165	
	abr/16	22,64	73,56	66	
	mai/16	16,26	82,12	192	
Ambiente 4 (Safrinha 2016/17)	out/16	20,28	73,25	185,6	620
	nov/16	22,16	65,34	163,6	
	dez/16	22,75	80,25	139,6	
	jan/17	23,5	71,9	131,2	
Ambiente 5 (Safrinha 2017)	fev/17	25,17	70,44	20,6	369,4
	mar/17	23,92	67,8	0	
	abr/17	18,5	69,26	85,8	
	mai/17	19,37	79,47	263	
Ambiente 6 (Safrinha 2018)	fev/18	23,03	73,35	186,2	551,4
	mar/18	23,43	81,27	232	
	abr/18	22,21	72,48	41,8	
	mai/18	18,21	75,68	91,4	
Ambiente 7 (Safrinha 2018/19)	out/18	20,37	81,06	299,2	615,2
	nov/18	23,09	69,49	192,6	
	dez/18	23,76	70,82	25,8	
	jan/19	25,01	78,58	97,6	
Ambiente 8 (Safrinha 2019)	fev/19	23,28	78,37	206,4	650
	mar/19	22,72	75,47	115	
	abr/19	21,29	81,72	125,8	
	mai/19	19,3	84,68	202,8	

Fonte: Adaptado de Gebiomet (2020).

Utilizando a análise de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), é possível verificar que tal análise utiliza o parâmetro índice ambiental para a classificação dos ambientes, sendo possível observar que os ambientes 1, 4, 6 e 7 como ambientes favoráveis,

enquanto que os ambientes 2, 3, 5 e 8 foram classificados como desfavoráveis (Tabela 3).

Tabela 3. Índices ambientais da análise de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), e classificação dos ambientes, em estudo realizado em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/PR

Ambiente/Safra	Média	Índice Ambiental	Aj	Classificação
Ambiente 1 (Safrinha 2015)	880,16	95,49	-129,68	Favorável
Ambiente 2 (Safrinha 2015/2016)	669,43	-115,23	.	Desfavorável
Ambiente 3 (Safrinha 2016)	535,64	-249,02	.	Desfavorável
Ambiente 4 (Safrinha 2016/2017)	1.025,46	240,79	15,62	Favorável
Ambiente 5 (Safrinha 2017)	571,74	-212,93	.	Desfavorável
Ambiente 6 (Safrinha 2018)	1.276,97	492,30	267,13	Favorável
Ambiente 7 (Safrinha 2018/2019)	856,78	72,11	-153,06	Favorável
Ambiente 8 (Safrinha 2019)	461,16	-323,51	.	Desfavorável

Fonte: Do autor (2020)

A mesma classificação também é utilizada pelo método de Lin e Bins (1988) modificado por Carneiro (1998), porém, o ambiente 4 é considerado como desfavorável, ficando apenas os ambientes 1, 6 e 7 classificados como ambientes favoráveis (Tabela 4).

Tabela 4. Índices ambientais da análise de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), e classificação dos ambientes, em estudo realizado em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/PR

Ambiente/Safra	Produtividade Média	Índice Ambiental	Min	Classificação
Ambiente 1 (Safrinha 2015)	880,1578	95,4916	279,4167	Favorável
Ambiente 2 (Safrinha 2015/2016)	669,4328	-115,2335	58,75	Desfavorável
Ambiente 3 (Safrinha 2016)	535,6417	-249,0246	107,8333	Desfavorável
Ambiente 4 (Safrinha 2016/2017)	1025,4571	240,7908	270,6667	Desfavorável
Ambiente 5 (Safrinha 2017)	571,7389	-212,9274	107,8333	Desfavorável
Ambiente 6 (Safrinha 2018)	1276,9667	492,3004	530,1867	Favorável
Ambiente 7 (Safrinha 2018/2019)	856,7777	72,1114	44,26	Favorável
Ambiente 8 (Safrinha 2019)	461,1576	-323,5087	121,4867	Desfavorável

Fonte: Do autor (2020)

É possível relacionar a classificação dos ambientes, determinadas pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) (Tabela 3), com a precipitação pluviométrica acumulada durante os meses de desenvolvimento das variedades crioulas de feijão (Tabela 2).

Para os ambientes classificados como favoráveis, a distribuição da precipitação ocorreu de maneira homogênea para o ambiente 4, com acumulado de 620 mm durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Nos ambientes 6 e 7 as precipitações foram maiores nos primeiros meses de estabelecimento da cultura, 76% da precipitação em fevereiro e março de 2018 para o ambiente 6, totalizando 551,4 mm durante todo o período, e 80% da precipitação nos meses de outubro e novembro para o ambiente 7, totalizando 615,2 mm em todo período de desenvolvimento da cultura. Para o ambiente 1, a precipitação pluviométrica nos primeiros dois meses representou aproximadamente 55% do total acumulado em todo o período de desenvolvimento da cultura, que foi 683,8 mm, concentrando também uma representativa precipitação pluviométrica, cerca de 35%, no último mês de desenvolvimento das plantas nos experimentos (Tabela 2).

Dourado-Neto e Fancelli (2000) ressaltam que a ocorrência de déficit hídrico nos períodos de formação de vagens e enchimento de grãos podem comprometer a produtividade, ocasionado devido à redução do metabolismo da planta e diminuição do acúmulo de metabólitos nos grãos. Silva et al. (2011) relatam que o período de maior demanda hídrica pelas plantas ocorre durante o florescimento, pois devido as limitações anatômicas e fisiológicas, assim como pelo sistema radicular pouco desenvolvido, o feijoeiro apresenta baixa capacidade de recuperação após deficiência hídrica. Ainda, de acordo com Silva et al. (2011), o consumo hídrico diário do feijoeiro é de 3 a 4 mm e disponibilidade mensal de no mínimo 100 mm.

Para os ambientes classificados como desfavoráveis, ao contrário do observado para os ambientes classificados como favoráveis, a distribuição da precipitação ocorreu de maneira desuniforme. Para o ambiente 2 verifica-se precipitação acumulada de 971 mm durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, onde, nos meses de novembro e dezembro, as precipitações observadas foram de 233,4 e 396,6 mm respectivamente (Tabela 2). De acordo com Vieira et al. (2005) o feijoeiro é classificado como uma planta sensível, tanto para o déficit quanto para o excesso hídrico, e o bom desenvolvimento das plantas no campo não está apenas relacionado a quantidade total de água durante o ciclo, mas sim na sua boa e uniforme distribuição durante todos os estádios de desenvolvimento da cultura.

Observando os resultados da Tabela 2 é possível verificar que o ambiente 3 apresentou resultados de temperatura e precipitação pluviométrica semelhante ao ambiente 1, porém, foi classificado de acordo com os métodos de análise de Cruz,

Torres e Vencovsky (1989) e Lin e Binns (1988) (Tabela 3) como desfavorável. Quando verifica-se a umidade relativa do ar média no mês de março de 2016, nota-se que em comparação ao mesmo mês do ambiente 1, neste caso março de 2015, esse valor é menor, 77,9 % para o ambiente 3 e 83,3% para o ambiente 1. Esse resultado demonstra que, apesar da precipitação pluviométrica ter sido maior para o ambiente 3 no mês de março de 2016, 165 mm, em comparação a março de 2015 no ambiente 1, 156,4 mm, a distribuição das chuvas foi desuniforme, o que possivelmente contribuiu para uma média de produtividade das variedades ter sido menor no ambiente 3 em comparação as variedades do ambiente 1.

Verifica-se para o ambiente 5, classificado como desfavorável, que a precipitação pluviométrica acumulada durante o período de desenvolvimento das variedades foi baixa, 369,4 mm, principalmente durante os primeiros meses de desenvolvimento das plantas, com apenas 20,6 mm no mês de fevereiro, zero mm para o mês de março, e 85,8 mm para o mês de abril. Neste ambiente, aproximadamente 72% da precipitação pluviométrica ocorreu no mês de maio, último mês de desenvolvimento das plantas, 263 mm (Tabela 2).

Para os resultados observados na Tabela 2 relacionados ao ambiente 8, classificado como desfavorável, também percebe-se que, apesar de um volume de precipitação semelhante ao ambiente 1, os valores de umidade relativa do ar foram inferiores nos primeiros meses de implantação do ensaio de campo, sugerindo uma distribuição irregular das chuvas ao longo dos dias do mês.

Pela análise de variância foi possível verificar a presença da interação entre os fatores estudados. Isso denota a presença da interação genótipo x ambiente no presente estudo, possibilitando assim os estudos dos seus desdobramentos. Silva (2015), Santana (2017), Almeida (2018), também verificaram ocorrer interação genótipo x ambiente para genótipos de feijão em estudo semelhante.

Através do resultado da análise complementar do teste de comparação de médias da produtividade das variedades crioulas de feijão é possível verificar que, em relação aos ambientes, a maior média produtiva ocorreu no Ambiente 6, média de 1.276,97 kg ha⁻¹, seguido pelo Ambiente 4, média de 1.025,46 kg ha⁻¹ (Tabela 5). Verifica-se também que, dentro de um mesmo ambiente, o Ambiente 3 apresentou a menor variação estatística entre as variedades crioulas de feijão, apesar de uma média produtiva baixa, 535,64 kg ha⁻¹, quando comparadas aos demais ambientes (Tabela 5).

Entre os ambientes estudados é possível verificar que o Ambiente 8 foi o que apresentou menor média de produtividade, 461,16 kg ha⁻¹, seguido do Ambiente 3, 535,64 kg ha⁻¹, Ambiente 5, 571,74 kg ha⁻¹ (Tabela 5). Esses três ambientes apresentaram produtividade média inferiores a 600 kg ha⁻¹, e, além desses ambientes, o Ambiente 2, Ambiente 7, e Ambiente 1 apresentaram resultados de produtividade média inferiores a 1.000 kg ha⁻¹, 669,43, 856,78 e 880,16 kg ha⁻¹ de produtividade média respectivamente (Tabela 5).

Ainda, para os ambientes avaliados, verifica-se que os Ambientes 3 e 8 não apresentaram nenhuma variedade agrupada no grupo das mais produtivas pelo teste de Scott Knott, classificando as variedades em comparação aos ambientes (Tabela 5). Esse resultado é refletido na média final de ambos os ambientes, 3 e 8, os quais apresentaram médias de produtividade baixas, 535,64 e 461,16 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 5).

Assim como os ambientes 3 e 8, o Ambiente 5 apresentou média de produtividade baixa, porém, neste ambiente, ocorreu a participação de uma variedade na comparação de médias, a variedade Mourinho, com produtividade de 1.045,08 kg ha⁻¹ (Tabela 5).

Verifica-se, através dos dados da Tabela 5, que o período compreendido como Safra, neste estudo denominado como Ambientes 2, 4 e 7, analisados de maneira isolada, não apresentaram resultados em produtividade superiores aos períodos compreendidos por safrinha, Ambientes 1, 3, 5, 6 e 8. De acordo com dados da Conab (2020) a produtividade média para o estado do Paraná na primeira safra, com implantação de lavouras a partir de setembro, obtiveram médias produtivas de 2.133 kg ha⁻¹, enquanto a segunda safra, com implantação de lavouras a partir do mês de fevereiro, apresentaram produtividade média de 1.193 kg ha⁻¹.

Tabela 5. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹), e comparação de médias entre 30 variedades crioulas de feijão em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/Paraná

Variedades	Ambiente 1 (Safrinha 2015)	Ambiente 2 (Safrinha 2015/16)	Ambiente 3 (Safrinha 2016)	Ambiente 4 (Safrinha 2016/17)	Ambiente 5 (Safrinha 2017)	Ambiente 6 (Safrinha 2018)	Ambiente 7 (Safrinha 2018/19)	Ambiente 8 (Safrinha 2019)	Média
90 Dias Preto	927,58 b B	96,92 g D	429,50 b C	935,75 d B	562,83 b C	1399,72 c A	1134,99 d B	272,69 c D	720,00
Argentino	550,00 c B	1041,00 d A	596,08 a B	335,33 g B	596,08 b B	1158,98 d A	396,21 g B	414,44 c B	636,02
Carioca Iapar 16	983,92 b A	71,58 g C	606,17 a B	281,83 g C	606,17 b B	860,93 e A	44,26 h C	245,27 c C	462,52
Carioca Rosa	529,83 c B	567,83 f B	424,58 b B	574,08 f B	414,58 b B	966,20 e A	675,72 e B	367,83 c B	565,08
Carioca Siriri	972,00 b C	738,75 e C	504,67 a D	1587,50 c A	404,67 b D	1596,85 c A	1239,31 d B	577,03 b D	952,60
Carioca UM Rajado	627,94 c B	428,08 f B	513,92 a B	1580,92 c A	513,92 b B	1443,70 c A	503,40 f B	271,29 c B	735,40
Carioca Vermelho	653,75 c B	152,83 g C	663,33 a B	1073,08 d A	663,33 a B	1276,39 c A	494,99 f B	461,48 c B	679,90
Cavalo BRUM	370,75 d C	128,75 g C	738,08 a B	607,00 f B	738,08 a B	1159,72 d A	168,70 h C	176,31 c C	510,92
Cavalo UM PR	1540,67 a A	152,25 g C	609,92 a B	437,08 g B	609,92 b B	1406,30 c A	72,31 h C	410,25 c B	654,84
Chumbinho	1117,67 b C	1921,00 a B	194,00 b E	2355,00 a A	177,33 c E	1217,78 d C	1303,62 c C	627,50 b D	1114,24
Chumbinho Preto	1130,83 b B	113,42 g E	557,08 a D	821,63 e C	800,00 a C	1791,67 b A	980,72 d B	556,09 b D	843,93
Chumbinho Preto Lustroso	632,83 c C	289,08 g D	499,25 a D	768,33 e C	499,25 b D	1757,50 b A	1139,50 d B	412,03 c D	749,72
Gralha Coop	279,42 d D	107,98 g D	326,67 b D	766,58 e B	293,33 c D	1211,39 d A	887,18 e B	556,85 b C	553,68
Gralha MST	1160,08 b B	997,00 d B	739,33 a C	1745,33 c A	839,33 a C	1497,96 c A	1201,46 d B	705,41 a C	1110,74
Iapar 40	851,13 c C	71,00 g D	623,67 a C	1010,83 d B	623,67 b C	1678,43 b A	1412,64 c A	290,88 c D	820,28
IPR Rajado	573,00 c B	918,08 d A	456,50 b C	635,33 f B	439,83 b C	967,78 e A	669,19 e B	121,49 c D	597,65
Maronze	553,42 c C	674,58 e C	573,25 a C	730,75 e C	556,58 b C	852,32 e B	1762,43 b A	927,16 a B	828,81
Mourinho	909,58 b A	58,75 g C	578,42 a B	623,42 f B	1045,08 a A	1139,63 d A	483,67 f B	551,91 b B	673,81
Mulatinho	717,75 c B	1140,17 c A	589,75 a B	682,58 f B	523,08 b B	945,28 e A	336,10 g B	548,53 b B	685,40
Pardinho	1068,50 b C	720,42 e D	812,50 a D	1710,50 c B	979,17 a C	1787,13 b B	2208,94 a A	721,69 a D	1251,11
Pardinho Mineiro	692,50 c B	509,92 f C	385,58 b C	769,92 e B	385,58 b C	1397,32 c A	245,42 g C	422,76 c C	601,13
Pombinho	1016,08 b A	707,08 e B	588,33 a B	799,50 e A	571,67 b B	534,63 f B	1042,68 d A	222,99 c C	685,37

Continua

Tabela 5 - Continuação

Rosinha	1395,75	a A	1209,92	c A	297,50	b C	1102,75	d B	297,50	c C	1042,87	e B	527,79	f C	877,32	a B	843,93
Serrana Vagem Branca	1394,67	a C	1822,58	a B	706,08	a D	1729,25	c B	806,08	a D	2091,48	a A	1592,81	b C	567,49	b D	1338,81
Serrana Vagem Roxa	1568,67	a B	1576,17	b B	606,25	a C	1981,33	b A	572,92	b C	530,19	f C	1865,69	b A	728,98	a C	1178,77
Taquara	982,92	b B	1245,92	c A	538,67	a C	1490,00	c A	672,00	a C	1421,57	c A	715,23	e C	379,74	c C	930,76
Vagem Branca Lustroso	1057,83	b A	1245,75	c A	107,83	b B	1008,00	d A	107,83	c B	938,24	e A	358,34	g B	307,32	c B	641,39
Vagem Roxa Seca	439,92	d D	103,33	g E	897,25	a C	1830,92	c A	897,25	a C	1528,98	c B	1509,76	c B	443,76	c D	956,40
Vermelho	574,83	c B	426,33	f C	579,17	a B	270,67	g C	529,17	b B	1352,87	c A	680,88	e B	252,43	c C	583,29
Vinagrinho	1130,92	b A	846,50	d B	325,92	b C	518,50	f C	425,92	b C	1355,19	c A	49,39	h D	415,83	c C	633,52
Média	880,16		669,43		535,64		1025,46		571,74		1276,97		856,78		461,16		784,67
CV (%)	20,45		29,54		18,94		20,82		20,60		13,10		22,49		23,29		21,35

Fonte: Do autor (2020)

A Tabela 6 apresenta uma matriz de correlação simples, ou matriz de correlação de Pearson, que auxilia a estimar o grau de associação entre os diferentes ambientes estudados, onde valores próximos de 1 demonstram maior correlação ou semelhança, e de acordo com Mambrin et al. (2015) valores positivos caracterizam correlação diretamente proporcional e valores negativos inversamente proporcional.

Verifica-se, através dos resultados da Tabela 6, que os Ambientes 3 e 5 apresentaram alto valor de correlação positiva, 0,87. Esses ambientes são classificados como ambientes de safrinha, e apresentaram média de produtividade entre as 30 variedades crioulas de feijão muito próximas, 535,64 e 571,74 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 5). Quando analisamos os dados climáticos de precipitação da Tabela 2, evidencia-se que a correlação apresentada não concorda com os valores de precipitação, haja visto que para o Ambiente 3 o acumulado de precipitação pluviométrica foi de 614,2 mm, enquanto que para o Ambiente 5 foi de 369,4 mm sendo essa correlação devida a outros fatores ambientais que proporcionaram uma produtividade semelhante entre esses ambientes.

Tabela 6. Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre oito ambientes avaliados no estudo de variedades crioulas de feijão no município de Dois Vizinhos/Paraná

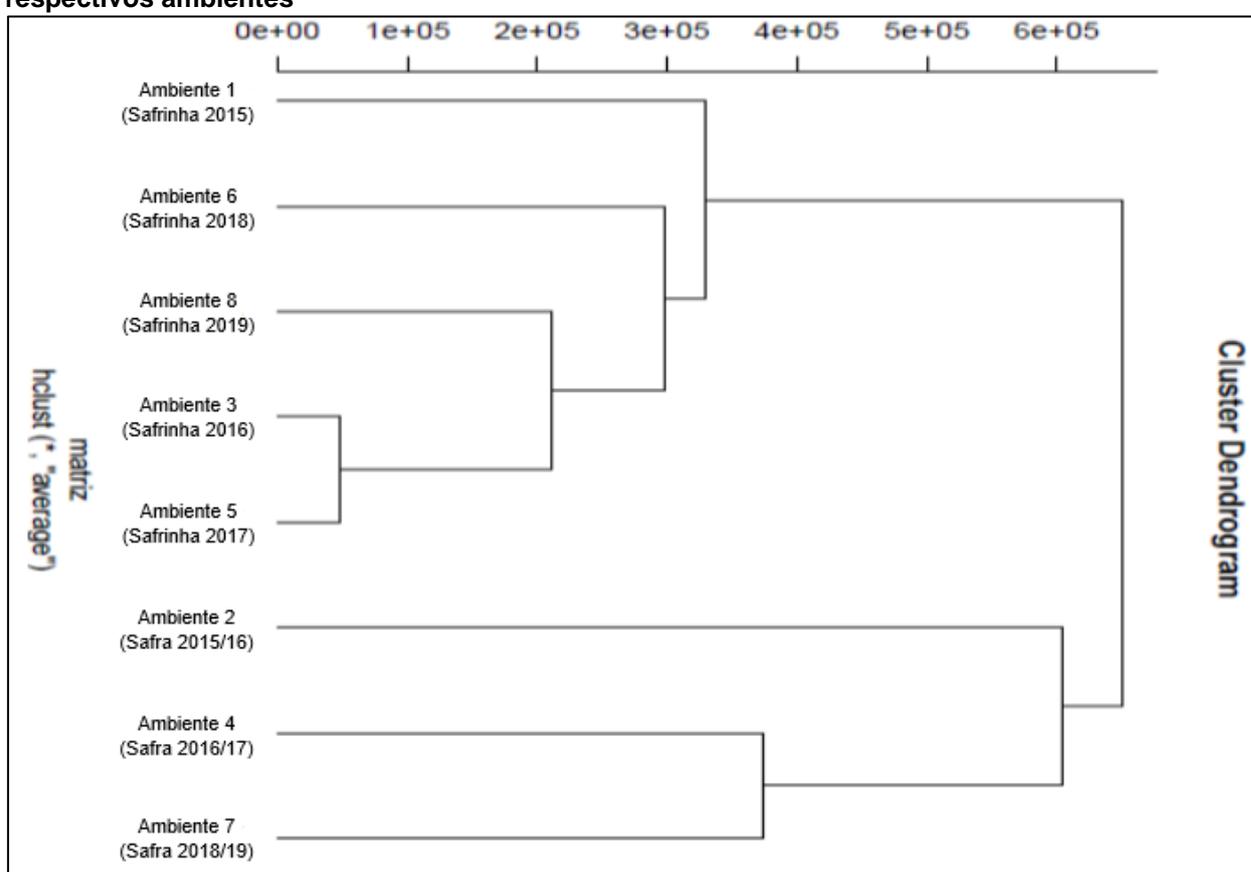
	Ambiente 2	Ambiente 3	Ambiente 4	Ambiente 5	Ambiente 6	Ambiente 7	Ambiente 8
Ambiente 1	0,47	-0,08	0,36	0,05	0,06	0,16	0,36
Ambiente 2		-0,29	0,52	-0,32	-0,14	0,24	0,37
Ambiente 3			0,11	0,87	0,27	0,33	0,03
Ambiente 4				0,08	0,26	0,65	0,43
Ambiente 5					0,36	0,29	0,09
Ambiente 6						0,25	0,05
Ambiente 7							0,50

Fonte: Do autor (2020)

Ainda, observando os resultados da Tabela 6, verifica-se que os Ambientes 4 e 7, classificados como ambientes de safra, também apresentaram correlação positiva, 0,65, apesar de ser em menor grau quando comparado a correlação dos Ambientes 3 e 5. Para essa correlação, Ambientes 4 e 7, é possível verificar que os dados ambientais de precipitação pluviométrica apresentados na Tabela 2 assemelham-se, 620 e 615,2 mm respectivamente, assim como para os valores médios de produtividade entre as variedades crioulas de feijão apresentados na Tabela 5, 1.025,46 e 856,78 Kg ha⁻¹.

Embora comparando os resultados obtidos para os dados ambientais, Tabela 2, e produtividade, Tabela 5, com os resultados expressos na estimativa do coeficiente de correlação de Pearson, Tabela 6, não apresentarem similaridade em algumas correlações, verifica-se a formação de dois grupos distintos, utilizando a análise realizada pelo método hierárquico UPGMA, representando as combinações mais divergentes e mais similares entre os ambientes estudados, identificada pela distância generalizada de Mahalanobis (Figura 1).

Figura 1. Dendrograma representativo do agrupamento de oito ambientes, pelo Método UPGMA, com base na dissimilaridade, os números de identificação na figura referem-se aos respectivos ambientes



Fonte: Do autor (2020)

Nota-se, pela análise UPGMA (Figura 1), a formação de dois grupos distintos, formados pelos ambientes 1, 6, 8, 3 e 5, que são ambientes de safrinha, e outro grupo formado pelos ambientes 2, 4 e 7, que são ambientes de safra. Também é possível observar que os ambientes de safrinha 1 e 6 estão mais afastados em comparação aos ambientes 8, 3 e 5, assim como para os ambientes de safra, onde é possível observar que os ambientes 4 e 7 estão agrupados dentro dos ambientes de safra.

Esses ambientes, 1, 6, 4 e 7, são ambientes considerados pelo método Cruz, Torres e Vencovsky (1989) como favoráveis.

Ainda, através da análise UPGMA (Figura 1), verifica-se que os ambientes 3 e 5 apresentam-se muito próximos, indicando uma alta semelhança entre os ambientes, o que também é apontado pela análise de correlação de Pearson (Tabela 6), assim como são classificados como ambientes desfavoráveis nas análises de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Lin e Binns (1988).

Avaliando as variedades crioulas de feijão, através dos resultados observados na tabela 5, nota-se que a variedade Serrana Vagem Branca foi a que apresentou maior número de ambientes com produtividade média significativamente superior as demais, ambientes 1, 2, 3, 5 e 6, totalizando cinco ambientes. A variedade Pardinho foi a segunda a apresentar maior número de ambientes com produtividade significativamente superiores, ambientes 3, 5, 7 e 8, totalizando quatro ambientes. Duas variedades foram significativamente superiores em três ambientes, Gralha MST foi superior nos ambientes 3, 5 e 8, enquanto Serrana Vagem Roxa nos ambientes 1, 3 e 8 (Tabela 5).

Para variedades com produtividade significativamente superiores em dois ambientes verifica-se que, Carioca Vermelho, Cavallo Brum, Chumbinho Preto, Mourinho, Taquara e Vagem Roxa Seca, superiores nos ambientes 3 e 5, Cavallo UMPR nos ambientes 1 e 3, Chumbinho nos ambientes 2 e 4, Maronze nos ambientes 3 e 8 e Rosinha nos ambientes 1 e 8. Entre as variedades que não apresentaram produtividades significativamente superiores em nenhum ambiente avaliado citam-se as variedades 90 dias Preto, Carioca Rosa, Gralha Coop, IPR Rajado, Pardinho Mineiro, Vagem Branca Lustroso e Vinagrinho (Tabela 5).

Além de apresentar maior número de ambientes com produtividade significativamente superior as demais variedades avaliadas, cinco ambientes, a variedade Serrana Vagem Branca foi a que apresentou a maior média de produtividade entre os oito ambientes avaliados, $1.338,81 \text{ kg ha}^{-1}$, assim como para a variedade Pardinho, segunda a apresentar maior número de ambientes com produtividade significativamente superiores, quatro ambientes, e segunda na média de produtividade entre os ambientes, $1.251,11 \text{ kg ha}^{-1}$. Para a terceira variedade em média produtiva entre os ambientes, cita-se a Serrana Vagem Roxa, $1.178,77 \text{ kg ha}^{-1}$, a qual foi significativamente superior em três ambientes, seguida pela variedade Chumbinho, quarta na média de produtividade entre os ambientes, $1.114,24 \text{ kg ha}^{-1}$,

porém com produtividade significativamente superior em dois ambientes, ao contrário da variedade Gralha MST, que foi a quinta em média de produtividade, 1.110,74 kg ha⁻¹, e significativamente superior em três ambientes (Tabela 5).

Para as variedades que apresentaram maiores médias de produtividade entre os ambientes avaliados percebe-se não ocorrer suas maiores produtividades somente nos ambientes considerados favoráveis, como é o caso da variedade Serrana Vagem Branca, que apresentou produtividade estatisticamente superior no ambiente 2, 3 e 5, considerados ambientes desfavoráveis, além de também apresentar produtividade estatisticamente superior as demais nos ambientes 1 e 6. A variedade Pardinho, segunda maior média produtiva entre os ambientes, apesar de apresentar produtividades de 1.068,50, 1.710,50 e 1.787,50 kg ha⁻¹ nos ambientes 1, 4 e 6 respectivamente, os quais classificam-se como favoráveis pela análise de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), nesses ambientes essas produtividades não foram significativamente superiores as demais, somente para o ambiente 7 essa variedade apresentou produtividade significativamente superior, 2.208,94 kg ha⁻¹ (Tabela 5).

De acordo com os resultados observados na Tabela 5, verifica-se que os ambientes classificados como favoráveis, através do método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), foram também os que apresentaram maiores médias de produtividade. O resultado percebido na Tabela 4, através da análise pelo método de Lin e Bins (1988) modificado por Carneiro (1998), exclui o ambiente 4 da lista de ambientes classificados como favorável, o que diverge dos resultados de produtividade média, haja visto que o ambiente 4 apresentou a segunda maior média de produtividade.

Analisando o teste de comparação de médias, Tabela 5, é difícil observar e interpretar o comportamento dos genótipos bem como ponderar sobre sua previsibilidade de comportamento. Somente análises específicas para este propósito podem ser considerados confiáveis para classificar uma variedade de acordo com cada uma destas características. Apesar de poder ocorrer semelhanças entre as condições ambientais de safra e safrinha, existem variações de acordo com cada ano, estas variações podem explicar o comportamento e a classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis através dos métodos utilizados.

Em relação ao método de Eberhart e Russell (1966), de acordo com Schimidt e Cruz (2005), a estabilidade das variedades pode ser medida através do desvio de regressão, σ^2 , e também através do coeficiente de determinação, R^2 , neste caso

desde que as variedades apresentem média de produtividade alta e seu desvio de regressão significativo. Silva Filho et al. (2007) utilizaram esse critério em trabalho com a cultura do algodão, pois observaram comportamento de alta previsibilidade para a maioria dos genótipos avaliados. O método de Eberhart e Russel (1966) também considera os valores de β_1 , classificando as variedades como adaptadas a ambientes favoráveis quando apresentam valores maiores que 1, adaptadas a ambientes desfavoráveis quando apresentam valores menores que 1, e de ampla adaptabilidade quando apresentam valores iguais a 1.

Conforme os resultados observados na Tabela 7, a variedade Carioca Rosa apresentou valor de desvio de regressão não significativo, com valor de R^2 de 81,16, e com média de produtividade considerada baixa, 565,08 kg ha⁻¹. Para as variedades com média de produtividade acima de 1.000 kg ha⁻¹ e com valores de R^2 acima de 80, considerado alto em comparação aos resultados de todas as variedades, participa somente a variedade Gralha MST, com valor de R^2 81,98. Além da variedade Gralha MST, a variedade Carioca Siriri apresentou valor de R^2 acima de 80, 87,63, porém, a média de produtividade foi de 952,60 kg ha⁻¹.

Avaliando as características de adaptabilidade, observa-se que as variedades Vagem Branca Lustroso, Gralha Coop, Cavalo UMPR, Carioca Vermelho e Vinagrinho, podem ser classificadas como variedades de ampla adaptabilidade, com resultados de β_1 de 1,00, 0,99, 0,96, 0,95 e 0,93 respectivamente, porém, nenhuma variedade apresentou média de produtividade considerada alta, 641,40, 553,68, 654,84, 679,90 e 633,52 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas através dos métodos de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Eberhart e Russel (1966), para 30 variedades crioulas de feijão, avaliadas em oito ambientes em Dois Vizinhos/PR.

Variedades	Cruz, Torres e Vencovsky (1989)					Eberhart e Russel (1966)		
	$\beta_0^{(1)}$	$\beta_1^{(2)}$	$\beta_1 + \beta_2^{(3)}$	$R^{2(4)}$	$\sigma^{2(5)}$	$\beta_1^{(2)}$	$R^{2(4)}$	$\sigma^{2(5)}$
90 Dias Preto	720,00	1,55	0,84	78,11	6,65	1,41	75,00	49873,97
Argentino	636,02	0,05	1,63	46,49	7,38	0,38	11,83	85441,37
Carioca Iapar 16	462,52	0,28	0,89	14,07	16,16	0,41	10,31	122116,36
Carioca Rosa	565,08	0,56	0,85	84,04	0,87	0,62	81,16	-1322,44 *
Carioca Siriri	952,60	1,71	1,21	89,00	3,73	1,61	87,63	23389,50
Carioca UM Rajado	735,39	1,31	2,25	77,11	8,27	1,51	72,47	68189,18
Carioca Vermelho	679,90	0,73	1,76	66,39	6,26	0,95	55,62	55092,45
Cavalo BRUM	510,92	0,25	2,19	60,85	7,77	0,65	24,70	107129,89

Continua

Tabela 7 - Continuação

Cavalo UM PR	654,84	0,81	1,53	26,47	32,26	0,96	24,20	249955,40
Chumbinho	1114,24	1,96	0,16	39,25	54,52	1,59	32,39	463757,19
Chumbinho Preto	843,93	1,31	1,74	63,29	13,34	1,40	62,34	97378,71
Chumbinho Preto Lustroso	749,72	1,33	2,01	74,28	8,98	1,47	71,78	67475,14
Gralha Coop	553,68	0,87	1,46	57,19	8,99	0,99	54,01	65944,83
Gralha MST	1110,74	1,30	0,83	84,01	3,25	1,20	81,98	19242,41
Iapar 40	820,28	1,69	1,23	68,34	13,83	1,60	67,41	101644,94
IPR Rajado	597,65	0,67	0,82	51,95	5,33	0,70	51,58	32477,45
Maronze	828,81	0,56	-0,92	20,10	19,31	0,25	3,05	173311,89
Mourinho	673,81	0,37	1,09	22,60	14,09	0,52	17,18	108166,81
Mulatinho	685,40	0,09	1,06	28,57	6,90	0,29	9,90	58463,73
Pardinho	1251,11	1,86	0,25	65,65	16,72	1,53	55,44	159771,09
Pardinho Mineiro	601,13	0,76	2,31	90,54	1,88	1,08	67,77	40618,80
Pombinho	685,37	0,80	-1,22	86,17	1,51	0,38	15,44	62437,14
Rosinha	843,93	0,83	0,30	24,59	20,04	0,72	22,61	150998,71
Serrana Vagem Branca	1338,81	1,85	1,44	73,79	12,89	1,77	73,14	93599,87
Serrana Vagem Roxa	1178,77	1,51	-2,83	68,42	18,52	0,61	7,44	413906,97
Taquara	930,76	1,15	1,48	66,65	8,75	1,22	65,86	60431,77
Vagem Branca Lustroso	641,40	1,08	0,66	36,33	20,72	1,00	35,30	154788,70
Vagem Roxa Seca	956,40	1,46	1,33	41,77	33,15	1,43	41,72	249334,11
Vermelho	583,29	0,61	1,67	56,28	7,82	0,83	44,33	68272,92
Vinagrinho	633,52	0,66	1,93	44,70	16,00	0,93	34,17	139106,36

⁽¹⁾Produtividade média; ⁽²⁾Coefficiente de regressão linear; ⁽³⁾Coefficiente de regressão linear bissegmentado;

⁽⁴⁾Coefficiente de determinação; ⁽⁵⁾Desvio de regressão; *Desvio de regressão não significativo

Fonte: Do autor (2020)

Para as variedades com produtividade acima de 1.000 kg ha⁻¹, as variedades Serrana Vagem Branca, Chumbinho, Pardinho e Gralha MST podem ser classificadas como adaptadas a ambientes favoráveis, com valores β_1 de 1,77, 1,59, 1,53 e 1,20 respectivamente. A variedade Serrana Vagem Roxa apresentou valor β_1 de 0,61, podendo ser classificada como adaptada à ambientes desfavoráveis de acordo com o método de Eberhart e Russel (1966) (Tabela 7).

Verifica-se neste estudo que as variedades que apresentaram elevada produtividade média não apresentam características complementares à análise, como por exemplo coeficiente de determinação acima de 80 ($R^2 > 80$). Em estudo realizado por Domingues et al. (2013) os autores observaram que o método de Eberhart e Russel (1966) não foi suficiente para determinar uma linhagem ideal, pois nenhuma linhagem apresentou simultaneamente alta produtividade de grãos, coeficiente de

regressão igual a unidade (ampla adaptabilidade) e desvio de regressão igual a zero (alta estabilidade).

Utilizando o método de análise proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), é possível classificar as variedades quanto a adaptabilidade e estabilidade, onde, pela metodologia o genótipo ideal seria os que apresentem baixo desvio de regressão (σ^2), altos percentuais de R^2 , baixos valores de β_1 , altos valores de $\beta_1 + \beta_2$, e altos valores de β_0 . Quando os valores de β_1 são menores em comparação aos valores de $\beta_1 + \beta_2$, as variedades apresentam melhor adaptação a ambientes favoráveis, quando ocorre o inverso, as variedades apresentam melhor adaptação a ambientes desfavoráveis.

Para as variedades avaliadas, utilizando o método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), verifica-se que nenhuma variedade combina mais de um resultado, σ^2 , β_0 , β_1 , $\beta_1 + \beta_2$, R^2 , para melhor classificação. Sendo assim, destacam-se quatro variedades que apresentaram baixos valores de β_1 , as variedades Argentino, Mulatinho, Cavalo BRUM e Iapar 16 (0,05, 0,09, 0,25 e 0,28 respectivamente) sendo adaptados a ambientes desfavoráveis e como altos valores de $\beta_1 + \beta_2$, as variedades Pardinho Mineiro, Carioca UM Rajado, Cavalo Brum e Chumbinho Preto Lustroso (2,31, 2,25, 2,19 e 2,01 respectivamente) e altos valores de R^2 , as variedades Pardinho Mineiro, Carioca Siriri, Pombinho e Carioca Rosa (90,54, 89,00, 86,17 e 86,04 respectivamente) por sua vez, essas variedades seriam mais adaptadas a ambientes favoráveis (Tabela 7).

Para as variedades que apresentaram maior estabilidade, Carioca Rosa apresentou menor valor de desvio de regressão com valor não significativo, 0,87, destacando as variedades com desvio significativo e valores altos de R^2 Pardinho Mineiro, Carioca Siriri e Pombinho, 90,54, 89,00 e 86,14, respectivamente. Dentre as variedades de maior estabilidade, duas apresentaram-se adaptadas a ambientes favoráveis, Pardinho Mineiro e Carioca Rosa, com valores de $\beta_1 + \beta_2$ (2,31 e 0,85 respectivamente) maiores que β_1 (0,76 e 0,56 respectivamente), e duas apresentaram-se adaptadas a ambientes desfavoráveis, Carioca Siriri e Pombinho, com valores de $\beta_1 + \beta_2$ (1,21 e -1,22, respectivamente) menores que β_1 (1,71 e 0,80, respectivamente) sendo essas variedades recomendadas para uso nesses respectivos ambientes por aliarem a estabilidade fenotípica e a adaptabilidade a esses ambientes (Tabela 7).

Entre as variedades com maior média produtiva destaca-se como de maior estabilidade a variedade Gralha MST, R^2 de 84,01, e sua adaptabilidade é considerada maior em ambientes desfavoráveis, através dos resultados de β_1 (1,30) e $\beta_1 + \beta_2$ (0,83), onde β_1 é maior que $\beta_1 + \beta_2$. Assim como a variedade Gralha MST, as variedades Serrana Vagem Branca, Pardinho, Serrana Vagem Roxa e Chumbinho também apresentaram resultados de β_1 (1,85, 1,86, 1,51 e 1,96 respectivamente) superiores a $\beta_1 + \beta_2$ (1,44, 0,25, -2,83 e 0,16 respectivamente), caracterizando como variedades mais adaptadas a ambientes desfavoráveis, porém, os valores para estabilidade, R^2 , foram baixos, 73,79, 65,65, 68,42 e 39,25 respectivamente (Tabela 7).

Trabalhando com cultivares de milho, Carvalho et al. (2005) classificaram como cultivares de maior adaptação aquelas que apresentaram produtividade de grãos acima da média geral, além dos resultados apresentados pelo método de análise. Em estudo com variedades de feijão carioca na região central do Brasil, Pereira et al. (2009) identificaram duas cultivares consideradas sensíveis a ambientes desfavoráveis com resposta à melhoria do ambiente, além de serem as mais produtivas.

Desta forma foi possível verificar que as metodologias de Eberhart e Russel (1966) e Cruz, Torres e Vencovsky (1989) foram pouco concordantes em relação a indicação de comportamento dos genótipos, somente quanto a estabilidade fenotípica para a Variedade Carioca Rosa. Estudos como de Gonçalves et al. (2010), De-Franceschi et al. (2010), Polizel et al. (2013) e Barroso et al. (2015), que avaliaram a associação dos métodos indicam que tais metodologias podem ser complementares pela similaridade de seus resultados, o que não foi observado nesse estudo.

O método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) classifica as variedades quanto a adaptabilidade analisando os índices de P_i , os quais devem apresentar menores valores para cada ambiente avaliado, favorável e desfavorável.

Conforme os resultados da Tabela 8 é possível classificar as variedades Carioca Siriri, Chumbinho e Pardinho como as mais adaptadas a ambientes favoráveis, e as variedades Mulatinho, Serrana Vagem Roxa e Taquara as mais adaptadas a ambientes desfavoráveis. As variedades Gralha MST e Serrana Vagem Branca foram classificadas como adaptadas tanto para ambientes favoráveis quanto para ambientes desfavoráveis.

Tabela 8. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade obtidas pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para 30 variedades crioulas de feijão, avaliadas em oito ambientes, no município de Dois Vizinhos/PR

Variedades	Pi Geral	Pi Favorável	Pi Desfavorável
90 Dias Preto	516508	507146	525870
Argentino	662618	1159037	166198
Carioca Iapar 16	937673	1355009	520337
Carioca Rosa	664546	983485	345607
Carioca Siriri	263404	266239	260570
Carioca Um Rajado	493796	601585	386007
Carioca Vermelho	601633	760300	442966
Cavalo BRUM	838550	1190159	486940
Cavalo UM PR	773841	1089232	458451
Chumbinho	195233	223298	167168
Chumbinho Preto	482637	517669	447604
Chumbinho Preto Lustroso	502087	581068	423106
Gralha Coop	688856	838356	539357
Gralha MST	179759	238241	121278
Iapar 40	450385	390796	509974
IPR Rajado	612356	947770	276942
Maronze	456312	675479	237145
Mourinho	689113	914422	463805
Mulatinho	591405	1042797	140013
Pardinho	140833	94772	186893
Pardinho Mineiro	659985	952181	367789
Pombinho	549868	813610	286125
Rosinha	434412	690486	178338
Serrana Vagem. Branca	64636	100183	29090
Serrana Vagem Roxa	197556	336887	58226
Taquara	299654	471411	127898
Vagem Branca Lustroso	573239	853755	292722
Vagem Roxa Seca	369590	294250	444930
Vermelho	704332	1026584	382080
Vinagrinho	680998	1096272	265725

Fonte: Do autor (2020)

Ainda, conforme dados da Tabela 8, através dos resultados de acordo com o Pi Geral, é possível classificar as variedades Chumbinho, Gralha MST, Pardinho, Serrana Vagem Branca e Serrana Vagem Roxa como as mais estáveis, enquanto que as variedades Carioca Iapar 16, Cavalo BRUM, Cavalo UMPR, Mourinho e Vermelho, classificadas com menor estabilidade.

Ribeiro et al. (2008), identificaram germoplasma com estabilidade fenotípica em avaliação de Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (EVCU) em diferentes locais do estado do Rio Grande do Sul, utilizando o método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), em conjunto ao teste de Eberhart e Russel (1966), os quais apresentaram resultados concordantes.

O método de análise AMMI (1988), análise multivariada, baseia-se considerando os efeitos aditivos principais, agrupando os resultados da análise em um gráfico biplot, e a análise dos resultados refere-se as variedades que mais se aproximam do ponto de origem do gráfico como sendo ideais.

No presente estudo, utilizando a análise AMMI (1988), verifica-se que os três primeiros componentes principais foram significativos e juntos explicaram 81,5% da soma dos quadrados da interação entre os genótipos e ambiente (Tabela 9).

Tabela 9. Análise de variância conjunta e da análise AMMI para a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 30 variedades crioulas de feijão, avaliadas em oito ambientes no município de Dois Vizinhos/PR

Componente principal	Porcentagem	Porcentagem Acumulada	GL ⁽¹⁾	SQ ⁽²⁾	QM ⁽³⁾	F	Pr.F
CP1	39	39	35	30652387,8	875782,51	32,16	0
CP2	30	69	33	23583354,5	714647,11	26,24	0
CP3	12,5	81,5	31	9804142,9	316262,67	11,61	0
CP4	8	89,4	29	6254773,9	215681,86	7,92	0
CP5	6,7	96,2	27	5289586	195910,59	7,19	0
CP6	3,3	99,4	25	2571197	102847,88	3,78	0
CP7	0,6	100	23	448206,2	19487,23	0,72	0,8267

⁽¹⁾Graus de liberdade; ⁽²⁾Soma dos Quadrados; ⁽³⁾Quadrado Médio

Fonte: Do autor (2020)

As variedades Carioca Rosa (4) e Carioca UM Rajado (6) são as mais próximas do ponto de origem na Figura 2, que representa a interação entre os componentes principais 1 e 2 (Figura 3). Verifica-se que somente Carioca UM Rajado (6) permanece próximo ao centro de origem do gráfico quando se acrescenta os componentes principais da interação 1 e 3 (Figura 3).

Figura 2. Gráfico biplot dos componentes principais PC1 e PC2 (componentes 1 e 2)

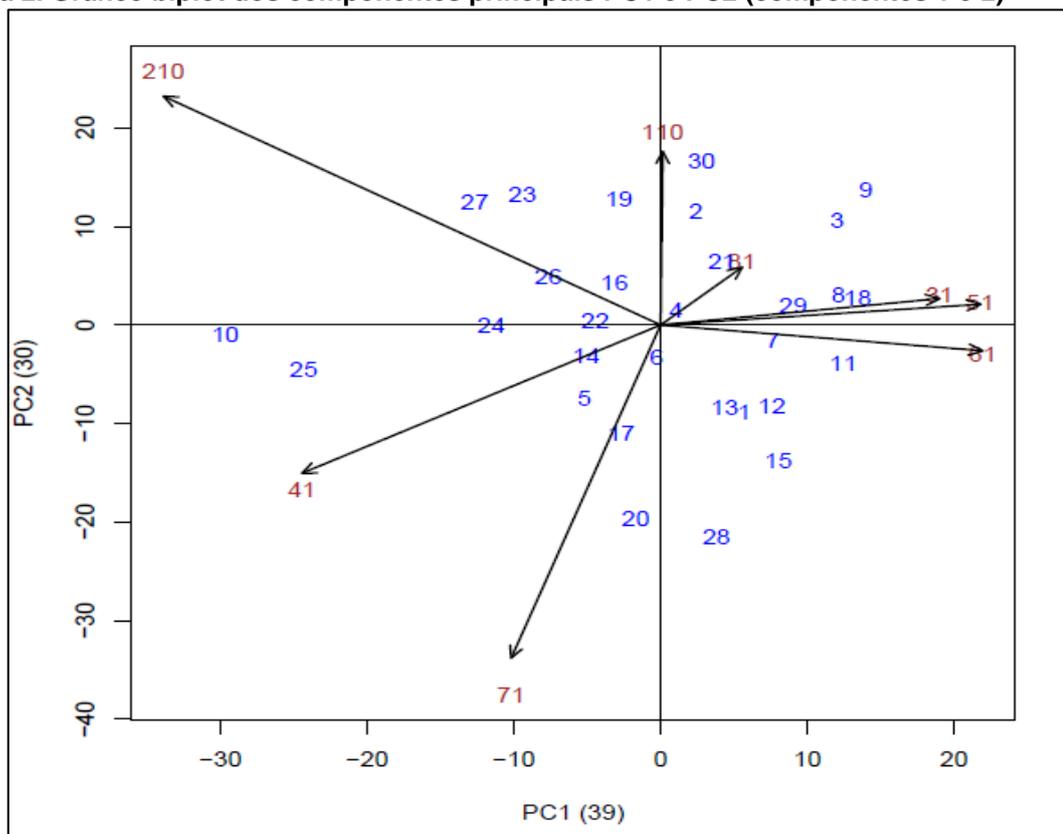
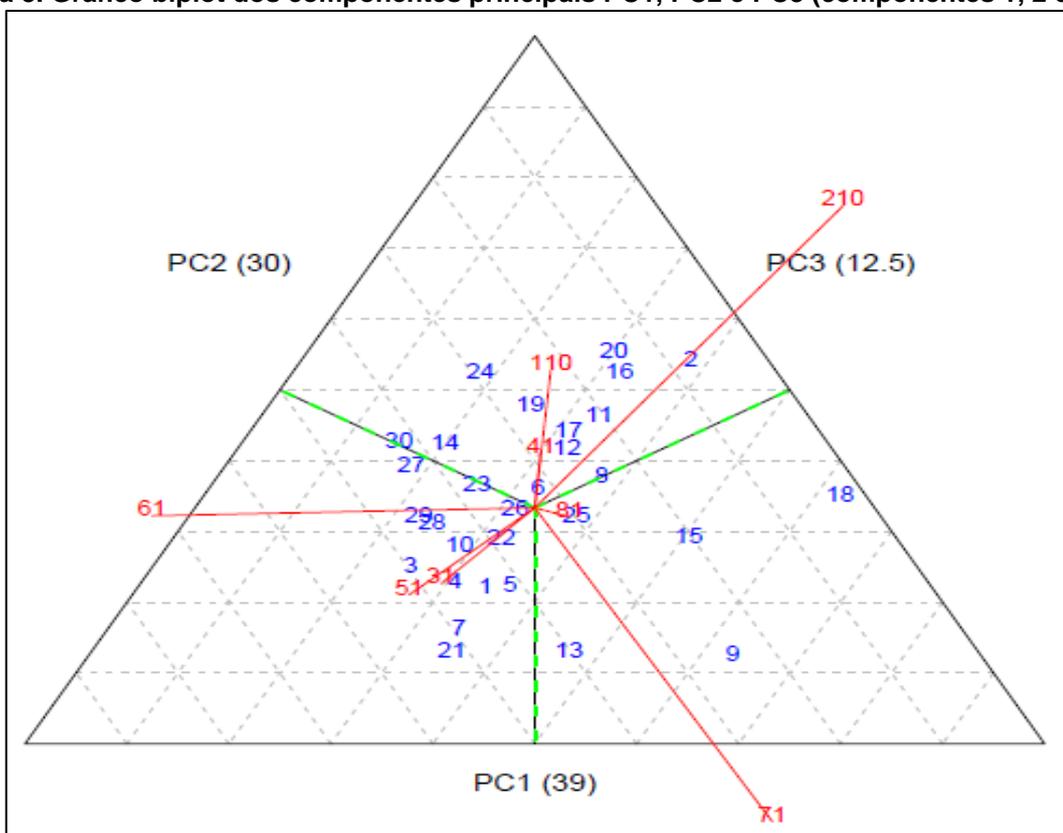


Figura 3. Gráfico biplot dos componentes principais PC1, PC2 e PC3 (componentes 1, 2 e 3)



Considerando apenas os componentes principais 1 e 2, que juntos são responsáveis por explicar 69% dos resultados (Tabela 9), verifica-se que as variedades Gralha MST (14), IPR Rajado (16) e Pombinho (22) também se encontram relativamente próximas à origem, quando comparadas as demais variedades (Figura 2), porém, essas variedades não se repetem no gráfico da Figura 3, que considera também o terceiro componente principal. Quando verificamos a interação dos componentes principais 1, 2 e 3, Figura 3, observa-se que as variedades Taquara (26), Serrana Vagem Roxa (25) e Pombinho (22) aproximam-se da origem, entretanto, o componente principal 3 possui baixa significância, 12,5%, quando comparado a dos efeitos 1 e 2, 69% (Tabela 9).

Para os ambientes, utilizando o método de análise AMMI, verifica-se, através das linhas vermelhas das Figuras 2 e 3, que o ambiente 8, identificado como 81, apresenta-se mais próximo ao centro de origem em ambos os gráficos apresentados. Para o gráfico da Figura 2, onde representa os valores para os componentes principais 1 e 2, o ambiente 8 encontra-se entre os valores de 0 a 10 tanto para o componente principal 1 quanto para o componente principal 2. Já na Figura 3, onde também apresentam-se resultados do componente principal 3, verifica-se que o ambiente 8 encontra-se mais relacionado aos componentes principais 1 e 3.

Para o gráfico da Figura 2, que corresponde aos componentes principais 1 e 2, verifica-se também que o ambiente 1, identificado como 110, encontra-se em posição de valor zero para o CP 1, estando sobre a linha central desse componente principal, e com valor de 15 em relação ao componente principal 2. Ao analisar o gráfico da Figura 3, componentes principais 1, 2 e 3, o ambiente 1 (110) distancia-se do centro de origem, ficando mais relacionado aos componentes principais 2 e 3.

Já para o ambiente 7, identificado como 71, observa-se valores de -10 para o componente principal 1 e -30 para o componente principal 2 (Figura 2), e para o gráfico da Figura 3, esse ambiente apresenta-se distante do centro de origem. O ambiente 6 (61) apresentou-se mais próximo ao centro de origem para o gráfico da Figura 2 (componentes principais 1 e 2) em comparação ao gráfico da Figura 3 (componentes principais 1, 2 e 3), assim como para o ambiente 2 (210).

6 CONCLUSÃO

Quatro ambientes foram considerados favoráveis pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), ambientes 1, 4, 6 e 7, sendo dois ambientes de Safra, ambientes 4 e 7, e dois ambientes de Safrinha, ambientes 1 e 6. O método de Lin e Binns (1988) classificou apenas os ambientes 1, 6 e 7 como ambientes favoráveis, enquanto que o método de análise AMMI considerou apenas o ambiente 8 como mais favorável entre os ambientes estudados.

Os ambientes 6, Safrinha 2018, e 4, Safra 2016/17 foram os que apresentaram maiores médias de produtividades entre as variedades crioulas de feijão, e o ambiente 8, Safrinha 2019, apresentou a menor média de produtividade entre todos os ambientes avaliados.

Entre as variedades crioulas de feijão, Serrana Vagem Branca foi a que apresentou maior média de produtividade entre os ambientes avaliados, assim como apresentou maior número de ambientes com maior média produtiva, foram cinco ambientes, destes, três foram ambientes classificados como desfavoráveis e dois como ambientes favoráveis pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989).

A variedade Carioca Rosa apresentou-se como variedade de maior estabilidade pelo método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), seguida das variedades Pardinho Mineiro, Carioca Siriri e Pombinho. Dessas variedades, duas apresentaram-se adaptadas a ambientes favoráveis, Pardinho Mineiro e Carioca Rosa e duas apresentaram-se adaptadas a ambientes desfavoráveis, Carioca Siriri e Pombinho.

As variedades Serrana Vagem Branca e Galha MST foram classificadas como de ampla adaptação pelo método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), e também consideradas como variedades mais estáveis.

O método de análise AMMI (1988) apresentou a variedade Galha MST próximo ao centro de origem quando utilizado os componentes principais 1 e 2, e excluiu a variedade quando acrescentado a análise o componente 3.

Os métodos de análise não apresentaram resultados semelhantes para a classificação dos ambientes, assim como para a classificação das variedades. As metodologias de Eberhart e Russel (1966) e Cruz, Torres e Vencovsky (1989) foram concordantes quanto a estabilidade fenotípica para a Variedade Carioca Rosa, e não

apresentaram semelhanças em relação a indicação de comportamento das demais variedades.

A variedade Serrana Vagem Branca pode ser recomendada para uso em programas de melhoramento e para uso pelos produtores rurais na produção de grãos, por apresentar maior média produtiva entre as variedades crioulas avaliadas, assim como foi classificada variedade de ampla adaptabilidade.

As variedades Carioca Rosa e Pardinho Mineiro podem ser recomendadas para uso em programas de melhoramento genético como variedades de adaptabilidade a ambientes favoráveis, e as variedades Carioca Siriri e Pombinho como variedades de adaptabilidade a ambientes desfavoráveis.

As variedades Carioca Rosa, Pardinho Mineiro, Carioca Siriri e Pombinho podem ser recomendadas para uso em programas de melhoramento genético como variedades de alta estabilidade entre as variedades crioulas avaliadas neste estudo.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ – ADAPAR. Pesquisa Agrotóxicos. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=387>> Acesso em: 24 mai. 2020
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift, Fast Track**, Piracicaba-SP, [s/v], [s/n], p.1-18, 2013
- ALMEIDA, D. V. Qualidade de grãos em feijoeiro-comum: estimativas de parâmetros genéticos, interação com ambientes, eficiência de seleção e correlação entre caracteres. 2018. 143 f. **Dissertação** (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018
- AMARO, G. B. et al. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, v.30, p. 584-588, 2007
- ARRUDA, K, M, A. **Piramidação de genes de resistência á antracnose, ferrugem e mancha angular e estudos de alelismo em feijão comum**. 2009. 142 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009
- BARBOSA et al. Validação do Sistema de Produção Integrada do Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na Região Central Brasileira. **Circular Técnica 87 – EMBRAPA**. Santo Antônio de Goiás, [s/v], n. 87, 8 p., 2010
- BARROSO et al. Metodologia para análise de adaptabilidade e estabilidade por meio de regressão quantílica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 50, n. 4, Brasília, 2015
- BEEBE, S.; GONZALEZ, A. V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals the common bean. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 21, n. 1, p. 387-391, 2000
- BHERING, L. L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17: 187-190p, 2017
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Editora UFV, Viçosa, ed.5, v.1, 529p., 2009
- BORGES, L.C. et al. Emprego de metodologias de avaliação da estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v.47, p.89-102. Lavras, 2000

BROUGHTON, et al. Beans (*Phaseolus vulgaris* L spp.) model food legumes. **Plant Soil**, [s/v], n.252, p.55-128, 2003

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

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade de comportamento**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1998

CARVALHO, H. W. L. et. al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.5, p.471-477. Brasília, 2005

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

COELHO, C. M. M. et al. Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1177-1186, 2010

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. V.7 – SAFRA 2019/20, N.9 – Nono Levantamento, p. 30-39. Brasília, 2020

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

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

DE FRANCESCHI et al. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. **Bragantia**, v. 69, n. 4, Campinas, 2010

DOMINGUES, L. S. et al. Metodologias de análise de adaptabilidade e de estabilidade para a identificação de linhagens de feijão promissoras para o cultivo no Rio Grande do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1065-1076, Londrina, 2013

DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000, 386 p.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n.1, p. 36-40. Madison, 1966

ELIAS, H. T.; HEMP, S.; CANTON, T. Análise da interação genótipo X ambiente na avaliação de cultivares de feijão em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, n.2, p.271-275. Chapecó, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 265p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Produção mundial de grãos 2019**. Disponível em <<http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2019/pt/>> Acesso em 01 mai. 2020

GARCIA et al. Influência das variáveis ambientais no progresso da antracnose do feijoeiro e eficiência de tiofanato metílico + clorotalonil no controle da doença. **Ciênc. agrotec.**, v. 31, n. 6, p. 1-7, Lavras-MG, 2007

GRUPO DE ESTUDOS EM BIOMETEOROLOGIA – GEBIOMET. **Boletins Agrometeorológicos**. UTFPR – Campus Dois Vizinhos. Disponível em: <<http://www.gebiomet.com.br/pt/downloads>>. Acesso em: 24 mai. 2020

GONÇALVES et al. Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos especiais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, Lavras, 2010

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198. Ottawa, 1988

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

McCLEAN, P. E., MYRES, J. M., HAMMOND, J. J. Coefficient of parentage and cluster analysis of north American dry bean cultivars. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 1, p.190-193, 1993

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

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

MENEZES JUNIOR, J. A. N. de. **Seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho**. 2011. 83 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011

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

PIANA, C. F. B. et al. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de grãos de genótipos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.553-564. Brasília, 1999

PEREIRA, H. S. et. al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.29-37. Brasília, 2009

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

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

PEREIRA, T. et al. Diversidade no teor de nutrientes em grãos de feijão crioulo no Estado de Santa Catarina. **Acta Sci., Agron.** (Online) vol.33 no.3 Maringá, 2011

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

PEREIRA, V. G. C. et. al. Exigências Agroclimáticas para a Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.3, p.32-42. Palotina, 2014

POLIZEL et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 910-920, 2013

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

RIBEIRO, N. D. et. al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares registradas de feijão em diferentes épocas de semeadura para a depressão central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1395-1400. Santa Maria, 2004

RIBEIRO, N. D. et al. Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, n.9, p.2434-2440. Santa Maria, 2008

RIBEIRO, N. D. et. al. Estabilidade de produção de linhagens-elite de feijão em diferentes ambientes no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.16, n.1 e 2, p.39-44. Porto Alegre, 2010

SANTANA, T. G. S. Genótipos de feijoeiro comum, do grupo Preto, no inverno, no município de Uberlândia-MG. 2015. 23 f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017
SANTOS, A. C. S. dos. Caracterização morfoagronômica e molecular de genótipos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), 2019, 102 f. **Dissertação** (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019

SCHMILDT, E. R; CRUZ, C. D. Análise de adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Eberhart e Russel e de Annicchiarico. **Revista Ceres**, 52 (299), p.45-58, 2005

SEBIM, D. E. et al. Diversidade genética entre populações de feijão crioulo através da análise multivariada de caracteres morfoagronômicos. **Espacios**. vol. 37; n.16,; p.19; 2016

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BOREM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. p.488-533. Viçosa: UFV, 1999
SILVA, F. C. Interação de genótipos com ambientes para qualidade de grãos carioca e caracteres agrônômicos em feijoeiro-comum. 2015. 194 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015

SILVA FILHO, J. L. et al. Comparação de métodos de análises de interação genótipos x ambientes em algodoeiro. In: VI Congresso Brasileiro de Algodão, 2007, Uberlândia. **Anais**. Uberlândia, 2007

SILVA FILHO, J. L. et al. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.349-355. Brasília, 2008

SILVA, J. C, da et al. Necessidade de irrigação para o feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, Campina Grande, 2011

SILVA, W. C. J; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1. Brasília, 2006

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO: avanços, perspectivas e novos estudos, no âmbito nacional. **Nativa**, v. 03, n. 03, p. 217-223, Sinop, 2015

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Sociedade Brasileira de Genética, 486 p.. Ribeirão Preto, 1992

VIEIRA, C. de et al. Melhoramento do feijão. In: BOREM, A., (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 2005. p. 301-392

ZILIO, M. et al. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Ciênc. Agron.** vol.42; n.2; Fortaleza, 2011

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v. 80, n. 3, p. 388-393. Madison, 1988