

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE E ADAPTABILIDADE E  
ESTABILIDADE EM FEIJÃO PRETO COMUM DE CICLO NORMAL E  
PRECOCE NO NORTE FLUMINENSE**

**LARISSA JAINA DA SILVA DE OLIVEIRA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO - 2020**

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE E ADAPTABILIDADE E  
ESTABILIDADE EM FEIJÃO PRETO COMUM DE CICLO NORMAL E  
PRECOCE NO NORTE FLUMINENSE**

**LARISSA JAINA DA SILVA DE OLIVEIRA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

**Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO - 2020**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

O48

Oliveira, Larissa Jaina da Silva de.

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE E ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM FEIJÃO PRETO COMUM DE CICLO NORMAL E PRECOCE NO NORTE FLUMINENSE / Larissa Jaina da Silva de Oliveira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

63 f.

Bibliografia: 39 - 48.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2020.  
Orientador: Rogerio Figueiredo Daher.

1. Melhoramento de feijão. 2. Produtividade de grãos. 3. *Phaseolus vulgaris*. 4. Spearman.  
I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 631.5233

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE E ADAPTABILIDADE E  
ESTABILIDADE EM FEIJÃO PRETO COMUM DE CICLO NORMAL E  
PRECOCE NO NORTE FLUMINENSE

LARISSA JAINA DA SILVA DE OLIVEIRA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas”.

Aprovada em 17 de fevereiro de 2020.

Comissão Examinadora:



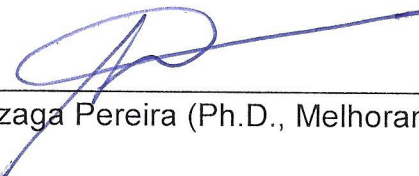
---

Dr. Flávio Dessaune Tardin (D.Sc., Produção Vegetal) – Embrapa



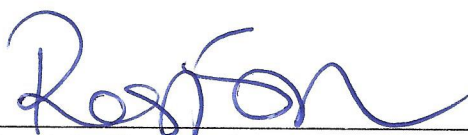
---

Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF



---

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D., Melhoramento de Plantas) – UENF



---

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
(Orientador)

Dedico aos meus pais Auriledo e Maria, que não mediram esforços para que eu estivesse aqui. À minha vó Dalva, por acreditar que sou capaz, e às minhas tias Nayara e Lucilene, pelos ensinamentos repassados e por serem meu espelho. E a todos que contribuíram direta ou indiretamente.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela formação acadêmica.

Ao Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos da Pesagro-Rio na pessoa do Dr. Benedito Fernandes de Souza Filho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil (Capes) – código de financiamento 001.

Ao Prof. Rogério Daher, pela orientação, ensinamentos e suporte concedidos durante o mestrado e pela oportunidade de fazer parte da sua equipe.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, bem como aos professores de outros programas em que fui aluna, pelos ensinamentos oferecidos durante as disciplinas do curso e pelas colaborações em momentos diversos.

Aos amigos do Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG), pelo companheirismo, ensinamentos e distrações no decorrer do mestrado.

Ao Prof. Messias Gonzaga Pereira, Prof. Marcelo Vivas e Dr. Flávio Dessaune Tardin pelos comentários e alterações sugeridas e pelo aceite em participar da banca de defesa.

Ao secretário José Daniel, pela paciência, preocupação em nos atender e auxiliar no decorrer do mestrado.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

A todos os amigos da pós-graduação, pelo convívio e amizade.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Caracterização do local e época do feijoeiro do grupo preto de ciclo normal e ciclo precoce.....11
- Tabela 2.** Relação de genótipos de feijão preto normal e feijão preto precoce utilizados em três locais do Estado do Rio de Janeiro.....13
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância individual para a característica produtividade, em  $t.ha^{-1}$ , avaliada em seis ambientes com 12 e 11 genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente.....23
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância conjunta para a característica produtividade, em  $t.ha^{-1}$ , avaliada em seis ambientes com 12 e 11 genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente.....25
- Tabela 5.** Estimativas das interações complexas (%C), em seis ambientes, para produtividade com 12 e 11 genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente.....26
- Tabela 6.** Produtividades médias e estimativas dos métodos Yates e Cochran (YC), Plaisted e Peterson (PP), Kang e Phan (KP) aplicados aos métodos Yates e Cochran (KP+YC), Plaisted e Peterson (KP+PP), Annichiarico (ANN), Lin e Binns



(LB) e Huenh (HU) com seus respectivos rankings (P), para 12 e 11 genótipos de feijão preto de ciclo normal e precoce, respectivamente.....28

**Tabela 7.** Estimativas da correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre os rankings para a média de produtividade e diferentes métodos de estabilidade, obtidos em 12 e 11 genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente.....35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**A** – Ambiente

**ANN** – Annichiarico

**CV** – Coeficiente de Variação

**G** – Genótipo

**GL** – Grau de Liberdade

**G x A** – Genótipo x Ambiente

**HU** – Huenh

**YC** – Yates e Cochran

**KP** – Kang Phan

**KP + YC** – Kang Phan associado a Yates e Cochran

**KP + PP** – Kang Phan associado a Plaisted e Peterson

**LB** – Lin e Binns

**PP** – Plaisted e Peterson

**P** – Rankings

**SQ** – Soma de Quadrado

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
2.1 Objetivo geral .....	4
2.2 Objetivos específicos .....	4
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
3.1 Produção de Feijão no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro .....	5
3.2 Origem e Classificação Botânica do Feijoeiro .....	6
3.3 Fatores Edafoclimáticos e Sistema de Cultivo .....	7
3.4 Melhoramento Genético do Feijoeiro .....	8
3.5 Interação Genótipo x Ambiente (G x A) .....	8
3.6 Estimação de Adaptabilidade e Estabilidade .....	9
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
4.1 Local, Instalação e Delineamento Experimental .....	11
4.2 Característica Avaliada .....	13
4.3 Análises Genético-Estatísticas .....	14
4.3.1 Análise de Variância Individual e Conjunta .....	14
4.3.2 Decomposição da Interação G x A em partes simples e complexa .....	15
4.3.3 Estimadores de Estabilidade e Adaptabilidade Fenotípica .....	15
4.3.3.1 Método de Yates e Cochran (1938) ou Tradicional .....	15

4.3.3.1 Método Plaisted e Peterson (1959) .....	16
4.3.3.1 Método de Kang e Phan (1991) .....	16
4.3.3.1 Método de Annicchiarico (1992).....	16
4.3.3.1 Método de Lin e Binns (1988) .....	17
4.3.3.1 Método de Huenh (1990) .....	18
4.3.4 Comparação das Metodologias de Estabilidade e Adaptabilidade.....	19
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>21</b>
5.1 Análise de Variância Individual e Conjunta .....	21
5.2 Estimativas das Interações Complexas .....	26
5.3 Análise das Estimativas de Estabilidade e Adaptabilidade .....	27
5.4 Correlação de Spearman .....	34
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>

## RESUMO

OLIVEIRA, Larissa Jaina da Silva de; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro, 2020; Interação genótipo x ambiente e adaptabilidade e estabilidade em feijão preto comum de ciclo normal e precoce no Norte Fluminense; Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher. Conselheiros: Prof. Marcelo Vivas e Prof. Messias Gonzaga Pereira.

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero *Phaseolus* e representa um dos grãos de leguminosa mais produzidos e consumidos no Brasil. Este trabalho teve como objetivo identificar métodos de adaptabilidade e estabilidade e selecionar os genótipos com elevada produtividade, estabilidade de desempenho e adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região Norte Fluminense. Desta forma, foram conduzidos 12 ensaios de VCU de feijão preto de ciclo normal e precoce, em três municípios (Campos dos Goytacazes, Italva e Macaé). A unidade experimental foi composta por quatro metros quadrados. A característica avaliada foi produtividade de grãos. Todas as análises genético-estatísticas foram feitas utilizando os recursos computacionais do Programa Genes. As estatísticas S1 e S2 de Huehn (1990) exibiram alta concordância ( $P < 0,01$ ) entre si, destacando-se com alta correlação S1 e S2 ( $r = 0,9650$ ) para preto normal e S1 e S2 ( $r = 1,0000$ ) para preto precoce. Os genótipos de feijão preto de ciclo normal e ciclo precoce apresentaram rankings semelhantes nos métodos Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) e forte associação entre estas metodologias, segundo o coeficiente de correlação de Spearman, para genótipos normal ( $r = 0,8671$ ) e precoce ( $r = 0,9000$ ). Os

parâmetros S1 e S2 de Huenh exibiram alta concordância entre si, indicando ser apenas uma dessas estatísticas suficiente para a seleção de genótipos estáveis, tanto para o genótipo de ciclo normal quanto para o de ciclo precoce. Os métodos Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) mostram forte concordância entre si e produzem classificações similares quanto à estabilidade fenotípica, sendo recomendado utilizar um ou outro, tanto para genótipo de ciclo normal quanto para o de ciclo precoce. Os genótipos de feijão de ciclo normal BRS FP403 e BRS ESTEIO e os de ciclo precoce BRS CAMPEIRO e BRS ESTEIO foram os mais promissores, segundo as metodologias desenvolvidas por Lin e Binns e Annicchiarico.

Palavras-Chave: Melhoramento de feijão, Produtividade de grãos, *Phaseolus vulgaris*, Spearman.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Larissa Jaina da Silva de; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February, 2020; Genotype x environment interaction and adaptability and stability methods in common black beans of normal and early cycle in Norte Fluminense; Advisor: Rogério Figueiredo Daher. Committee members: Marcelo Vivas and Messias Gonzaga Pereira.

Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most cultivated species among the others of the *Phaseolus* genus and represents one of the most produced and consumed legumes grains in Brazil. This work aimed to identify methods of adaptability and stability and to select genotypes with high productivity, performance stability and adaptability to the edaphoclimatic conditions of the Northern Fluminense region. Thus, 12 VCU trials of black beans of normal and early cycle were conducted in three municipalities (Campos dos Goytacazes, Italva and Macaé). The experimental unit consisted of four square meters. The evaluated characteristic was grain yield. All genetic-statistical analyzes were performed using the computational resources of the Genes Program. The statistics S1 and S2 of Huehn (1990) showed high agreement ( $P < 0,01$ ) with each other, standing out with high correlation S1 and S2 ( $r = 0,9650$ ) for normal black and S1 and S2 ( $r = 1,0000$ ) for early black. The black bean genotypes of normal cycle and early cycle showed similar rankings in the Lin and Binns (1988) and Annicchiarico (1992) methods and a strong association between these methodologies, according to Spearman's correlation coefficient, for normal genotypes ( $r = 0,8671$ ) and early ( $r = 0,9000$ ). Huenh's S1 and S2 parameters showed high agreement among themselves,

indicating that only one of these statistics is sufficient for the selection of stable genotypes, both for the normal cycle and for the early cycle genotype. The Lin and Binns (1988) and Annicchiarico (1992) methods show strong agreement with each other and produce similar classifications in terms of phenotypic stability, and it is recommended to use one or the other, both for normal and early cycle genotypes. The genotypes of beans of normal cycle BRS FP403 and BRS ESTEIO and those of early cycle BRS CAMPEIRO and BRS ESTEIO were the most promising, according to the methodologies developed by Lin and Binns and Annicchiarico.

**Keywords:** Bean improvement, Grain productivity, *Phaseolus vulgaris*, Spearman.



## 1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero *Phaseolus*, sendo um dos grãos de leguminosa mais produzidos e consumidos no Brasil (DEPEC, 2017). O feijão comum preto é o terceiro mais cultivado no Brasil e regionalmente é o mais consumido no Sul do país (Conab, 2017).

O feijão é considerado um típico produto da alimentação brasileira e um dos grãos mais importantes na dieta da população, por ser uma excelente fonte de proteínas, carboidratos, ferro e fibras (Borém; Carneiro, 2006). Alguns caracteres fenológicos e morfológicos, tais como maturação precoce e porte ereto, são estudados como critérios para o desenvolvimento de novas cultivares de feijão. Neste cenário, a utilização de cultivares de feijão de ciclo precoce permite melhor aproveitamento da área de cultivo e adaptação das épocas de semeadura e de colheita para períodos mais favoráveis (Ribeiro; Hoffmann; Possebon, 2004), proporcionando ainda redução de perdas na colheita (Buratto et al., 2007). Em relação ao caráter morfológico, plantas que apresentam porte ereto têm se tornado umas das principais exigências dos produtores de feijão, tendo em vista que o porte da planta deve permitir penetração de luz, resistência a tombamento e eficiência fisiológica na produção de grãos (Adams, 1982). Plantas de porte ereto que apresentam menores índices de acamamento e maior altura da inserção da vagem facilitam a colheita e os tratos culturais (Mendes; Ramalho; Abreu, 2009). Por consequência, o desenvolvimento de novas cultivares de feijão no intuito de obter

aumento de produtividade e qualidade de grãos é almejado por programas de melhoramento (Soratto et al., 2005).

Nos programas de melhoramento, os genótipos desenvolvidos são avaliados em diferentes ensaios, instalados em diferentes ambientes que representam as diversas condições ambientais a que a cultura será submetida (Pereira et al., 2009). Nesses experimentos, o trabalho do melhorista para selecionar os melhores genótipos é dificultado pelo surgimento da interação genótipo x ambiente (G x A), caracterizada pela resposta diferenciada dos genótipos quando cultivados em diferentes ambientes, prejudicando a seleção (Cargnin et al., 2006). A interação G x A é desdobrada em dois fatores: na simples, a interação G x A não altera a ordem de classificação dos genótipos nos diferentes ambientes, enquanto na complexa, ocorre inversão na classificação, ou seja, um genótipo pode ser superior ao outro em um determinado ambiente, mas inferior quando testado em outro ambiente contrastante (Cruz et al., 2012).

Para amenizar os efeitos desta interação G x A, é utilizada a análise de estabilidade e adaptabilidade. Desta forma, podem ser identificados genótipos com comportamento estável nos diferentes ambientes (Cruz e Regazzi, 2001). Este tipo de análise prescreve informações detalhadas sobre o comportamento dos genótipos, assim como sua caracterização quanto à resposta às mudanças ambientais, indicando uma recomendação precisa e segura (Silva et al., 2013).

Para a análise da adaptabilidade e estabilidade, são propostas diferentes metodologias, de modo que a escolha por uma delas depende de fatores como a quantidade de genótipos e de ambientes avaliados e da forma como é feita a interpretação dos resultados.

Na cultura do feijão já foram conduzidos estudos desta natureza. Oliveira et al. (2006), avaliando a adaptabilidade e a estabilidade de linhagens de feijão comum no Estado de Minas Gerais, observaram que o método de Cruz et al. apresentou maior refinamento para a recomendação das cultivares para condições específicas de ambientes, favoráveis, desfavoráveis ou ambas, quando comparado ao método de Eberhart & Russell. Segundo Ribeiro et al. (2008), avaliando a adaptação e a estabilidade de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul, os métodos de Eberhart & Russel (1966) e de Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro, foram concordantes na identificação de germoplasma de feijão com estabilidade fenotípica. E ainda Pereira et al. (2009),

analisando a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil, observaram que os métodos de Lin & Binns, modificados por Carneiro, bem como o método de Annichiarico se mostraram muito úteis ao programa de melhoramento genético por reunirem características como simplicidade de utilização, separação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis e identificação dos genótipos mais estáveis entre os mais produtivos. De acordo com Silva et al. (2013), o método de Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), mostrou-se adequado para a análise da adaptabilidade e da estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo. Sendo assim, estimar os parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade auxiliará na tomada de decisões e na eficácia da seleção dos genótipos superiores de feijão preto normal e precoce para as condições edafoclimáticas da Região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Identificar métodos de adaptabilidade e estabilidade e selecionar os genótipos com elevada produtividade, estabilidade de desempenho e adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região Norte Fluminense.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Estimar a interação genótipos x ambientes (G x A) de 23 genótipos de feijão preto.
- Estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade com base na característica produtividade.
- Comparar métodos de estudo de estabilidade e adaptabilidade fenotípica de feijoeiro comum e precoce.
- Indicar genótipos com elevada produtividade, estabilidade de desempenho e adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região Norte Fluminense.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Produção de Feijão no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro

A Índia e o Brasil lideraram a produção de feijão no mundo por várias décadas. No entanto, na safra de 2016/2017, Myanmar e Índia lideraram no ranking mundial, tendo o Brasil ficado como terceiro maior produtor de feijão, em seguida, pontificaram Estados Unidos, México e Tanzânia, responsáveis por 59,4% do total produzido no mundo, ou seja, 15,8 milhões de toneladas. (Faostat, 2017).

A produção do feijão comum no Brasil em 2017 foi de, aproximadamente, três milhões de toneladas em três milhões de hectares (IBGE, 2018). No Brasil, a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) concentra-se nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, representando 29, 26 e 25 por cento da produção total, respectivamente (Ibge, 2018).

O Rio de Janeiro se situou na 4ª posição (1.458 t) na região Sudeste na safra de 2018, atrás de Minas Gerais (490.414 t), São Paulo (242.769 t) e Espírito Santo (11.825 t) (Ibge, 2018).

No Estado do Rio de Janeiro, as mesorregiões Norte Fluminense (35%) e Noroeste Fluminense (29%) apresentaram maior produção, quando comparadas com as demais (Ibge, 2018).

Em 2017, no Estado do Rio de Janeiro, o feijoeiro ocupou a sétima maior área plantada (1.576 ha), entre as lavouras temporárias, perdendo apenas para cana-de-açúcar (55.582 ha), mandioca (11.742 ha), abacaxi (4.559 ha), melancia

(2.763 ha), milho (2.763 ha) e tomate (2.550 ha) (Ibge, 2018). A estimativa de área plantada com feijão, nessa primeira safra 2018/2019, é de 972 mil hectares, redução de 7,7% em relação à safra passada.

### 3.2 Origem e Classificação Botânica do Feijoeiro

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é originário das Américas, sendo relatados dois centros principais de domesticação (Andino e Mesoamericano) e um terceiro de menor expressão. Esta espécie pertence à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, gênero *Phaseolus*, compreendendo cerca de 70 espécies, das quais cinco são cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman (Debouck, 1999).

Trata-se de uma espécie anual, diploide, com  $2n = 2x = 22$  cromossomos, autógama, predominando a autopolinização (99%). Seu ciclo pode variar de 60 a 120 dias. As cultivares de feijão normal apresentam, aproximadamente, ciclo intermediário de 90 dias, e as cultivares precoces, ciclos de cerca de 70 dias (Singh et al., 1991).

O feijoeiro é uma leguminosa que proporciona uma vasta variabilidade morfológica, que permite separar as formas selvagens das cultivadas pelo hábito de crescimento, tamanho das folhas, das flores, das vagens e tamanho e cor de sementes (Singh et al., 1991).

Quanto ao hábito de crescimento, esta espécie pode ser classificada como do tipo I, II, III ou IV. As plantas tipo I apresentam hábitos de crescimento determinado, ou seja, apresentam o caule e os ramos laterais terminados em uma inflorescência, têm número limitado de nós e floração com início do ápice para a base da planta. As plantas do tipo II, III e IV apresentam hábitos de crescimento indeterminado, ou seja, o caule principal tem crescimento contínuo, com sucessão de nós e entrenós. As inflorescências são axilares e a floração inicia-se da base para o ápice da planta (Jauer et al., 2006; Fachini et al., 2006; Silva e Costa, 2003; Graham e Ranalli, 1997; Zimmermann et al., 1996; Singh et al., 1991).

O feijoeiro comum apresenta folhas trifolioladas alternas, flores do tipo pedicelo glabro ou subglabro, com pelos unguiculados (Vilhordo et al., 1996) e coloração variando do branco à púrpura. A espécie é autógama e das flores autopolinizadas são formadas as vagens, finas e curvas (Graham; Ranalli, 1997).

As sementes apresentam inúmeras formas, cores e tamanhos. Essa diferenciação é bem evidente no mercado nacional, onde são cultivados diferentes grupos de feijões, entre eles, o Carioca, Preto, Mulatinho, Roxinho, Vermelho, entre outros (Castro; Krüge, 1999; Silva, 2005; Coelho et al., 2007; Conab, 2015).

### **3.3 Fatores Edafoclimáticos e Sistema de Cultivo**

Em razão da sua ampla adaptação edafoclimática, o feijoeiro é difundido em todo o território nacional, podendo ser cultivado em sistema solteiro ou consorciado (Aidar, 1996). O feijoeiro, quando consorciado com mamona, apresenta índice de equivalência de área superior a 1 (um) para todas as cultivares de feijão comum consorciadas com mamona, indicando a superioridade do consórcio (Teixeira et al., 2011).

E ainda apresenta bom desenvolvimento em regiões de climas quentes e amenos, com faixas de temperatura entre 18 e 30°C. No entanto, não tolera fatores climáticos extremos, como frios e geadas, temperaturas excessivas, alta ou baixa umidade do solo (Andrade, 2015).

Em relação à precipitação pluviométrica, estima-se que o consumo hídrico da cultura do feijão varie de 300 a 600 mm de acordo com seus estádios de desenvolvimento, sendo seu consumo diário, em média, de 3 a 4 mm, ou seja, necessitando de 100 mm mensais. A precipitação, em conjunto com os demais fatores agroclimáticos, pode limitar o crescimento e o desenvolvimento do feijoeiro (Dourado-Neto e Fancelli, 2000).

Pelo fato de o Brasil apresentar uma grande diversidade edafoclimática, o feijoeiro pode ser cultivado em diversas áreas, com condições distintas de clima e solo, por se tratar de uma cultura que produz três safras durante o ano agrícola. A primeira safra, denominada a safra das "águas", ocorre no período de cultivo entre agosto e novembro nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Tocantins e Rondônia. A safra da "seca", considerada a segunda safra, ocorre nos meses de dezembro a abril nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e em um único período de plantio no Norte, em que normalmente o feijão comum é consorciado com o milho. Já a terceira safra, designada como safra irrigada, de inverno, ocorre entre os meses de abril e julho no Centro-Sul do Brasil (Vieira, 2008; Embrapa Arroz e Feijão, 2012).

### **3.4 Melhoramento Genético do Feijoeiro**

O melhoramento genético do feijoeiro no Brasil teve início na década de 30 com trabalhos iniciados no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) visando à capacidade produtiva, porte de planta e resistência a doenças (Chiorato e Carbonell, 2014). E na Embrapa Arroz e Feijão, desde a década de 70 até os dias atuais. Faria et al. (2013) avaliaram a evolução no melhoramento nesse período a partir de estudos conduzidos pela Embrapa e observaram para o feijão tipo carioca ganho de 0,7% ao ano (17,3 kg ha<sup>-1</sup>) e para feijão tipo preto, ganho de 1,1% (25,2 kg ha<sup>-1</sup>).

O programa de melhoramento genético de feijoeiro da Embrapa Arroz e Feijão visa a selecionar linhagens superiores para produtividade, estabilidade e outros atributos agrônomicos desejáveis, a fim de obter cultivares para atender as exigências da cadeia produtiva. Este programa está sistematizado dentro de uma rede nacional organizada, incluindo os Estados responsáveis por mais de 90% da produção nacional (Del Peloso e Melo, 2005).

Visando a aumentar a produtividade do feijoeiro, os melhoristas têm focado na busca por cultivares tolerantes ao estresse hídrico, de porte determinado, caráter de grande importância para a colheita mecanizada, além da melhoria de outros tratos culturais (Martins, 2015; Abreu e Ramalho, 2005).

### **3.5 Interação Genótipo x Ambiente (G x A)**

A interação G x A indica alteração no desempenho dos genótipos, quando submetidos a diferentes ambientes (Borém et al., 2017).

Ao realizar a instalação de experimentos em diferentes ambientes, ou sob diferentes condições ambientais, são esperadas respostas diferenciadas dos genótipos em relação às variações impostas pelos ambientes. Quanto maior a diversidade genética entre os genótipos e entre os ambientes, maior importância terá a interação G x A (Maia et al., 2008; Borém et al., 2017).

Segundo Robertson (1959), a interação é descrita de duas formas de acordo com sua natureza, sendo elas simples e complexa. Na simples, as interações mantêm a classificação de desempenho entre os genótipos nas diversas condições ambientais, sendo acarretada pela diferença de variabilidade dos genótipos nos ambientes considerados (Moll et al., 1978). Por outro lado, a interação complexa é



representada pela ausência de correlação entre o desempenho dos genótipos nos diferentes ambientes, alterando, deste modo, a classificação dos genótipos entre ambientes (Vencosky e Barriga, 1992).

### **3.6 Estimação de Adaptabilidade e Estabilidade**

A adaptabilidade refere-se à capacidade que uma cultivar tem de se adequar às diferentes variações do ambiente, enquanto a estabilidade visa a apresentar alta capacidade de resposta do genótipo às variações ambientais (Borém et al., 2017).

Diversos métodos têm sido aplicados em espécies de importância econômica e têm ajudado na indicação de genótipos com alta produtividade, estabilidade e adaptabilidade, estudos estes desenvolvidos, inclusive, com o feijoeiro comum (Tavares et al., 2017; Melo et al., 2018).

Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade, diferentes metodologias têm sido desenvolvidas e aprimoradas em análise de variância, regressão linear, regressão não linear, análises multivariadas e estatísticas não paramétricas (Bastos et al., 2007). Estas metodologias permitem o estudo dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, estando disponíveis aquelas desenvolvidas por Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959), Eberhart e Russell (1966), Verma et al. (1978), Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) (Cruz et al., 2004).

O método de Yates e Cochran (1938), atualmente designado por método tradicional, trata de uma análise conjunta dos experimentos. Deste modo, é feita uma análise dos variados genótipos nos diversos ambientes e, em seguida, é feita a decomposição das somas de quadrados dentro de cada genótipo. De acordo com Cruz et al (2012), o estimador de estabilidade é criado em função da variação de ambientes dentro de cada genótipo, de maneira que o genótipo de menor quadrado médio seja considerado o mais estável.

O método de Plaisted e Peterson (1959) visa a avaliar os genótipos em vários ambientes, cada genótipo contribuindo com uma determinada porção para a variância total da interação  $G \times A$ . Deste modo, o genótipo mais estável é o que menos contribui para a variação total entre genótipos  $\times$  ambientes.

O método de Kank e Phan (1991) baseia-se na utilização de uma ponderação entre os parâmetros de estabilidade de métodos não paramétricos e as estimativas de produção, proporcionando uma classificação nova dos genótipos,

apontando aqueles genótipos mais estáveis, de modo a proporcionar também um alto rendimento

O método de Annicchiarico (1992) tem por base a análise de variância conjunta dos experimentos, levando em consideração todos os ambientes e o desdobramento da soma de quadrados dos efeitos dos ambientes e da interação G x A em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (Cruz & Regazzi, 2001).

O método de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), é um dos métodos mais utilizados na cultura do feijoeiro e tem por base a análise não paramétrica (Pereira et al., 2009). De acordo com essa metodologia, a performance dos acessos é quantificada pelo índice de estabilidade  $P_i$ , que representa o quadrado médio da distância entre a média de um acesso para um dado ambiente e a resposta máxima para o mesmo ambiente em todos os ambientes avaliados. Dessa forma, o quadrado médio menor indica uma elevação geral do genótipo em questão, pois, à medida que o valor  $P_i$  diminui, menor será o desvio em torno da produtividade máxima; portanto, maior a estabilidade e, obrigatoriamente, maior a produtividade (Daher et al., 2003).

O método de Huehn (1990) baseia-se na estatística não paramétrica da estabilidade ( $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ ), em que  $S_1$  é a média das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo  $i$ , nos ambientes;  $S_2$  é a variância das classificações do genótipo  $i$  nos ambientes; e  $S_3$  é a soma dos desvios absolutos de cada classificação em relação à média das classificações. De acordo com Huehn, o genótipo com estabilidade máxima é aquele que apresentar valores de  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  iguais a zero.

As análises de adaptabilidade e estabilidade são destinadas à avaliação de inúmeros materiais genéticos, sendo dezenas as metodologias existentes. De acordo com Cruz e Regazzi (2001), a escolha de um determinado método depende dos dados experimentais, sobretudo daqueles relacionados à quantidade de ambientes disponíveis, à precisão solicitada e ao tipo de informação que se deseja.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local, Instalação e Delineamento Experimental

Foram conduzidos 12 ensaios de VCU de feijão do grupo preto, seis de ciclo precoce e seis de ciclo normal, avaliados em três municípios do Estado do Rio de Janeiro (Campos dos Goytacazes, Italva e Macaé) na safra 2016/2017. Deste total, quatro foram conduzidos no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos da Pesagro-Rio em Campos dos Goytacazes/RJ, dois em Italva/RJ, na propriedade do Sr. Almerindo Correa da Silva, e outros seis em Macaé/RJ, na Fazenda Ilha da Saudade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização do local e época do feijoeiro do grupo preto de ciclo normal e ciclo precoce.

<b>Ambiente</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Campos dos Goytacazes</b>	Ciclo Normal - 22/03	Ciclo Normal - 27/04
	Ciclo Precoce - 22/03	Ciclo Precoce - 27/04
<b>Macaé</b>	Ciclo Normal - 18/05	Ciclo Normal - 31/05
	Ciclo Normal - 19/05	Ciclo Precoce - 31/05
	Ciclo Precoce - 18/05	-
	Ciclo Precoce - 19/05	-
<b>Italva</b>	-	Ciclo Normal - 17/05
	-	Ciclo Precoce - 17/05

O município de Campos dos Goytacazes localiza-se na região Norte do Estado do Rio de Janeiro, a 21° 19' 23" sul e 41° 19' 40" oeste, com altitude variando de 20 a 30 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como tropical úmido (Aw), com verão chuvoso, inverno seco. Segundo a Estação Climatológica, o município apresenta amplitude térmica pequena e precipitação média anual de 1.055,3 mm (Mendonça, 2014).

O município de Italva localiza-se na mesorregião Noroeste Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, a 21° 25' 15" sul e 41° 41' 27" oeste, com altitude de 36m. O clima da região é classificado como tropical (Aw).

O município de Macaé está localizado a 22° 22' 15" sul e 41° 47' 13" oeste, com altitude de 7 m, fazendo parte da região Norte Fluminense do estado do Rio de Janeiro. O clima da região é classificado como tropical (Aw), sendo quente e úmido na maior parte do ano, com temperaturas que variam entre 23 °C e 38 °C, amplitude térmica considerável, ocasionada pela troca de ventos entre o litoral e a serra.

Os experimentos foram instalados, segundo a exigência mínima estabelecida para o ensaio de VCU de feijão, conforme Portaria no 294, de 14 de outubro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que consiste em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas composta de quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas 0,5 m, com densidade de semeadura de 15 sementes por metro linear, totalizando uma área de 8,0 m<sup>2</sup> por unidade experimental. A primeira e a última linha foram consideradas bordadura. A área útil da parcela foi constituída de 4,0m<sup>2</sup>. Cada experimento foi composto de 12 genótipos do feijão preto de ciclo normal e 11 genótipos do feijão preto de ciclo precoce, com duas testemunhas por grupo (Tabela 2).

A adubação de plantio foi feita segundo a necessidade da cultura, nos diferentes municípios. Em Campos dos Goytacazes, foram aplicados 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 10:10:10 (N:P:K) por ocasião do plantio, mais 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (N). Em Italva, foram aplicados 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico à base de esterco de curral, disponível na propriedade, mais três aplicações de fertilizante foliar Agrobio, aos 15, 20 e 30 dias após a emergência, nas dosagens de 200, 300 e 400 ml por pulverizador costal manual. Em Macaé, a adubação foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 10:20:10 + micro (N:P:K).

**Tabela 2.** Relação de genótipos de feijão preto normal e feijão preto precoce utilizados em três locais do Estado do Rio de Janeiro.

Feijão Preto Normal			Feijão Preto Precoce		
Nº G.	Genótipo	Origem	Nº G.	Genótipo	Origem
N 01	BRS FP403	Embrapa	P 01	BRS CAMPEIRO	Embrapa
N 02	BRS ESTEIO <sup>(1)</sup>	Embrapa	P 02	BRS ESTEIO <sup>(1)</sup>	Embrapa
N 03	IPR TUIUIU	Iapar	P 03	IPR UIRAPURU <sup>(1)</sup>	Iapar
N 04	IPR UIRAPURU <sup>(1)</sup>	Iapar	P 04	CNFP 15658	Embrapa
N 05	CNFP 15695	Embrapa	P 05	CNFP 16324	Embrapa
N 06	CNFP 15676	Embrapa	P 06	CNFP 16332	Embrapa
N 07	CNFP 15678	Embrapa	P 07	CNFP 16335	Embrapa
N 08	CNFP 15681	Embrapa	P 08	CNFP 16337	Embrapa
N 09	CNFP 15684	Embrapa	P 09	CNFP 16369	Embrapa
N 10	CNFP 15685	Embrapa	P 10	CNFP 16387	Embrapa
N 11	CNFP 15695	Embrapa	P 11	CNFP 16422	Embrapa
N 12	CNFP 15697	Embrapa	-	-	-

<sup>(1)</sup> Testemunha; n = Ciclo normal; P = Ciclo precoce.

Durante o período de condução dos ensaios, foram feitas inspeções para acompanhamento da cultura, tendo sido feitos os tratos culturais e fitossanitários exigidos e recomendados por Souza Filho e Andrade (2010).

#### 4.2 Característica Avaliada

A produtividade de grãos foi avaliada pela colheita manual das plantas contidas em duas fileiras de 4,0 m de comprimento na área útil de cada unidade experimental. As plantas, após serem arrancadas, foram secas ao sol e, posteriormente, trilhadas mecanicamente. Os grãos foram pesados e posteriormente calculada a produtividade em kg ha<sup>-1</sup> e corrigida a umidade para 13% (base úmida).

### 4.3 Análises Genético-Estatísticas

#### 4.3.1 Análise de Variância Individual e Conjunta

Para a análise estatística dos dados, foram feitas análise de variância (ANOVA) e teste F para cada ambiente, considerando o seguinte modelo:

$$y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Em que:

$\mu$  : é a média;

$G_i$  : é o efeito fixo do i-ésimo genótipo;

$B_j$  : é o efeito do j-ésimo bloco; e

$\varepsilon_{ij}$  : é o erro experimental.

Para a análise de variância conjunta, foi considerado o esquema fatorial, de acordo com Steel et al. (1997), conforme descrição a seguir:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + \frac{B}{A_{kj}} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

Em que:

$\mu$  : é a média;

$G_i$  : é o efeito fixo do i-ésimo genótipo;

$A_j$  : é o efeito aleatório do j-ésimo ambiente;

$GA_{ij}$  : é o efeito fixo da interação entre genótipos por ambientes;

$\frac{B}{A_{kj}}$  : é o efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente; e

$\varepsilon_{ijk}$  : é o erro experimental.

### 4.3.2 Decomposição da Interação G x A em partes simples e complexa

Como foi detectada ocorrência de interação G x A (teste F significativo), foram feitas a decomposição da interação em partes simples e complexa e as estimativas da estabilidade e da adaptabilidade da produtividade de grãos, para cada um dos genótipos.

A decomposição da interação em parte complexa foi feita conforme Cruz e Castoldi (1991), pela seguinte expressão:

$$C = \sqrt{(1 - R)^2} \sqrt{Q_1 Q_2} \quad (3)$$

Em que:

Q1 e Q2: quadrados médios de genótipos nos pares de ambientes; e

r: correlação entre as médias dos genótipos nos dois ambientes.

### 4.3.3 Estimadores de Estabilidade e Adaptabilidade Fenotípica

Para determinação da estabilidade fenotípica, foram empregadas metodologias com base em análise de variância e análise não paramétricas, conforme descrição em Cruz et al. (2012; 2014), para a variável Produtividade (t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>).

#### 4.3.3.1 Método de Yates e Cochran (1938) ou Tradicional

O método proposto por Yates e Cochran (1938) analisa o comportamento individual de genótipos em diferentes ambientes.

Sua estimativa foi obtida pela expressão:

$$QM \left( \frac{A}{G_i} \right) = \frac{r}{a - 1} \left[ \sum_i \bar{Y}_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{a} \right] \quad (4)$$

Em que:

$\bar{Y}$  : média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ), no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, a$ ); e  
 $r$ : número de repetições, associado ao genótipo.

#### 4.3.3.1 Método Plaisted e Peterson (1959)

O método proposto por Plaisted e Peterson (1959) se baseia no conhecimento das variações dos efeitos ambientais em cada genótipo e de cada genótipo na interação total  $G \times A$  (Cruz et al., 2004). Sua estimativa foi obtida pela expressão:

$$\theta_i = \frac{1}{g-1} \left[ \sum_{i'} \sigma_{g'a_{ii'}}^2 \right] \quad (5)$$

A contribuição relativa de cada genótipo foi calculada por:

$$\theta_i(\%) = \frac{\theta_i \times 100}{g \sigma_{g'a}^2} \quad (6)$$

#### 4.3.3.1 Método de Kang e Phan (1991)

O método proposto por Kang e Phan (1991) se baseia no ranqueamento dos genótipos, com base nos estimadores (QMA/Gi), de Yates e Cochran, e  $\theta_i$ , de Plaisted e Peterson. Na sequência, ranqueiam-se os genótipos em ordem decrescente, com base nas estimativas das médias de produtividade. Os valores do ranqueamento de cada genótipo serão somados e, assim, obtida a soma das classificações, que constitui o estimador do método.

#### 4.3.3.1 Método de Annicchiarico (1992)

Este método proposto por Annicchiarico (1992) baseia-se na superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente.

As medidas desta estabilidade são dadas por:



$$\omega_i = \hat{\mu} - z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{zi} \quad (7)$$

Em que:

$\omega_i$ : índice de confiança;

$\hat{\mu}_i$ : média percentual;

$z_{(1-\alpha)}$ : percentil da função da distribuição normal padrão, para o qual a função de distribuição normal atinge o valor  $1 - \alpha$ , sendo  $\alpha=0.25$ ; e

$\hat{\sigma}_{zi(\alpha)}$ : desvio-padrão dos valores  $Z_{ij}$ , do  $i$ -ésimo genótipo.

#### 4.3.3.1 Método de Lin e Binns (1988)

O método proposto por Lin e Binns (1988) estima a estabilidade dos genótipos pelo quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima obtida no ambiente.

A medida de superioridade foi calculada por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{1j} - M_j)^2}{2n} \quad (8)$$

Em que:

$P_i$ : índice de superioridade de  $i$ -ésimo genótipo;

$X_{ij}$ : produtividade do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo local;

$M_j$ : resposta máxima obtida entre todos os genótipos no  $j$ -ésimo local; e

$n$ : número de locais.

Em seguida, procedeu-se à decomposição da expressão para a obtenção do desvio genético devido à interação.

O desvio genético foi quantificado por:

$$\frac{n(\bar{Y}_i - \bar{M})^2}{2n} \quad (9)$$

e o desvio da interação foi obtido pela expressão

$$\sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i - M_j + \bar{M})^2}{2n} \quad (10)$$

Em que:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{j=1}^n Y_{ij}}{n} \text{ é a média do genótipo } i; \text{ e}$$

$$\bar{M} = \frac{\sum_{j=1}^n M_j}{n} \text{ é a média dos genótipos com resposta máxima.}$$

#### 4.3.3.1 Método de Huenh (1990)

O método proposto por Huenh (1990) analisa a estabilidade dos genótipos por meio das estatísticas  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ , baseadas na classificação dos genótipos nos vários ambientes em relação aos dados originais ou aos efeitos  $\hat{G}A_{ij}$ . As estimativas dos efeitos da interação genótipos por ambientes foram obtidas pela expressão:

$$\hat{G}A_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j - \bar{Y}_{..} \quad (11)$$

Em que:

$Y_{ij}$  é a média do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

$\bar{Y}_i$  é a média geral i-ésimo genótipo;

$\bar{Y}_j$  é a média geral j-ésimo ambiente; e

$\bar{Y}_{..}$  é média geral do ensaio.

As medidas não paramétricas de estabilidade, denotadas por  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ , foram obtidas conforme descrição a seguir.

$S_{1i}$ : média das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo  $i$  nos ambientes, dadas por:

$$S_{1i} = \frac{\sum_{j>j'} |r_{ij} - r_{ij'}|}{\frac{a(a-1)}{2}} \quad (12)$$

Em que:

$r_{ij}$  : classificação do genótipo i no ambiente j; e  
a: número de ambientes.

$S_{2i}$ : variância das classificações do genótipo i nos ambientes, dada por:

$$S_{2i} = \frac{\sum_j (r_{ij} - \bar{r}_t)^2}{a-1} \quad (13)$$

Em que:

$$\bar{r}_t = \frac{\sum_j r_{ij}}{a} \quad (14)$$

$S_{3i}$ : soma dos desvios absolutos de cada classificação em relação à média das classificações, dada por:

$$S_{3i} = \frac{\sum_j |r_{ij} - \bar{r}_t|}{\bar{r}_t} \quad (15)$$

#### 4.3.4 Comparação das Metodologias de Estabilidade e Adaptabilidade

Para avaliar o grau de associação entre as diferentes metodologias de estabilidade, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman ( $\rho$ ), considerando o ordenamento dos genótipos decorrente de cada método, calculado pela expressão:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

(16)

Em que:

$d_i = x_i - y_i$  refere-se à diferença de postos dos escores X e Y.

Para verificar a significância do valor observado de  $\rho$ , foi feito o teste t de Student. A correlação apresentou valores entre -1 e 1, sendo que, quanto mais próximo estiver desses extremos, maior a associação entre as variáveis, indicando o sinal negativo que as variáveis variam em sentidos opostos.

Para as análises genético-estatísticas dos dados, foi utilizado o software Genes.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Análise de Variância Individual e Conjunta

Observa-se pelos resultados da análise de variância individual que existem diferenças significativas entre genótipos para produtividade de grãos em todos ambientes avaliados pelo teste F ( $P < 0,01$ ) entre genótipos de feijão preto de ciclo normal e feijão preto de ciclo precoce. A média de produtividade para os genótipos de feijão preto normal variou de 1.183,33 a 3.256,18 t.ha<sup>-1</sup> em Macaé no ano agrícola de 2016 e no ano agrícola de 2017, respectivamente; para os genótipos de feijão preto precoce, variou de 1.131,81 a 3.181,06 t.ha<sup>-1</sup> em Macaé no ano agrícola 2016 e no ano agrícola 2017, respectivamente (Tabela 3).

Segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002), se a relação entre o maior e o menor quadrado médio residual for menor que sete, é permitido que seja feita análise conjunta sem interferência. No entanto, se essa relação for superior a sete, convém separar subgrupos não muito heterogêneos de quadrados médios residuais, para atender o pré requisito da homocedasticidade das variâncias para a realização da Anova conjunta.

Os valores de quadrados médios do resíduo (QMR) obtidos nas análises de variância individuais referentes à produtividade (Tabela 3) resultaram numa relação entre o maior e o menor quadrado médio residual igual a 6,98 e 6,52 para os genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente, indicando relativa

homogeneidade de variâncias, permitindo a utilização de todos os ambientes avaliados na análise de variância conjunta.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância individual para a característica produtividade, em t.ha<sup>-1</sup>, avaliada em seis ambientes com 12 e 11 genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente.

<b>FEIJÃO PRETO NORMAL</b>							
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		2016			2017		
		Campos	Macaé	Macaé	Campos	Italva	Macaé
<b>Blocos</b>	2	16.944,44	1.302,08	139.114,58	31.267,18	163.815,79	85.154,34
<b>Genótipos</b>	11	69.827,96 **	69.393,93**	340.246,21**	105.867,47**	318.450,55**	598.444,49**
<b>Resíduo</b>	22	12.133,83	11.377,84	73.281,25	21.710,93	79.466,36	33.188,99
<b>Média</b>		1.528,47	1.183,33	2.479,16	1.526,04	2.760,76	3.256,18
<b>CVe (%)</b>		7,20	9,01	10,91	9,65	10,21	5,59
<b>FEIJÃO PRETO PRECOCE</b>							
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		2016			2017		
		Campos	Macaé	Macaé	Campos	Italva	Macaé
<b>Blocos</b>	2	159.223,48	173.428,03	15.852,27	130.205,30	8.521,21	16.646,21
<b>Genótipos</b>	10	242.212,12**	201.700,75**	22.867,42**	161.485,11**	315.103,86**	373.670,45**
<b>Resíduo</b>	20	38.660,98	43.303,03	8.748,10	53.593,01	57.040,17	34.263,29
<b>Média</b>		1.231,06	2.209,84	1.131,81	1.763,03	2.591,96	3.181,06
<b>CVe (%)</b>		15,97	9,41	8,26	13,13	9,21	5,81

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Foram observadas diferenças significativas entre os genótipos e entre os ambientes, bem como efeitos significativos para as interações genótipos x ambientes (G x A) ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para os genótipos de feijão preto de ciclo normal e ciclo precoce (Tabela 4).

Segundo Melo et al. (2007), o efeito significativo de genótipos indica que existe variabilidade para a seleção de genótipos promissores.

Segundo Barili et al. (2015), o efeito significativo da interação G x A deduz que os genótipos apresentaram respostas diferenciadas em relação às mudanças ambientais. Essa mudança é devida ao fato de as condições edafoclimáticas ocorrerem nos diferentes locais e safras (Ribeiro et al., 2008) bem como os diferentes genótipos estudados.

A interação G x A permite um estudo mais detalhado no melhoramento pela possibilidade de um determinado genótipo apresentar destaque de desempenho em um determinado ambiente e em outro não. Por consequência, é indispensável analisar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (Barili et al., 2015).

A interação G x A tem sido relatada em diversos estudos com feijoeiro comum (Oliveira et al., 2006; Buratto et al., 2007; Perina et al., 2010, Rocha et al., 2010; Pereira et al., 2012; Domingues et al., 2013) e metodologias de adaptabilidade e estabilidade foram utilizados nesses trabalhos para auxiliar na indicação de genótipos estáveis de acordo com cada ambiente.



**Tabela 4.** Resumo da análise de variância conjunta para a característica produtividade, em t.ha<sup>-1</sup>, avaliada em seis ambientes com 12 e 11 genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente.

<b>FEIJÃO PRETO NORMAL</b>		
<b>Fonte de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>
<b>Blocos/Amb</b>	12	72.933,07
<b>Genótipos</b>	11	483.423,55**
<b>Amb</b>	5	24.555.520,05**
<b>Gen x Amb</b>	55	203.761,41**
<b>Resíduo</b>	132	38.526,53
<b>Total</b>	215	
<b>Média</b>		2.122,32
<b>CV (%)</b>		9,24
<b>QMr+/QMr-</b>		6,98
<b>FEIJÃO PRETO PRECOCE</b>		
<b>Fonte de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>
<b>Blocos/Amb</b>	12	83.979,41
<b>Genótipos</b>	10	682.456,69**
<b>Amb</b>	5	21.044.484,74**
<b>Gen x Amb</b>	50	126.916,60**
<b>Resíduo</b>	120	39.268,09
<b>Total</b>	197	
<b>Média</b>		2.018,13
<b>CV (%)</b>		9,81
<b>QMr+/QMr-</b>		6,52

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Os valores de CV encontrados para genótipos de feijão preto normal (CV= 9,24%) e precoce (CV= 9,81%) mostraram boa precisão experimental (Tabela 04). Segundo Scapim et al. (2010), a classificação dos CVs pode variar, dependendo das condições edafoclimáticas ou do ciclo reprodutivo da cultura e da característica que está sendo avaliada.

De acordo com Lúcio et al. (1999), a precisão experimental representada pelo coeficiente de variação (CV) para produtividade na cultura do feijão é considerada alta quando apresenta valores inferiores a 15,5% e média entre 15,5% e 27,0 %. Oliveira et al., (2006), Carbonell et al. (2010) e Silva et al. (2013), estudando a cultura do feijão, encontraram CVs entre 6,0% e 23,0% para produtividade de grãos.

## 5.2 Estimativas das Interações Complexas

Após a confirmação da significância da interação, quantificou-se a natureza dessa interação pelo método de Cruz e Castoldi (1991). Pode-se observar que, das quinze possíveis comparações efetuadas entre os ambientes, onze apresentaram estimativas percentuais superiores a 50%, expressando interação do tipo complexa, tanto para os genótipos de feijão preto de ciclo normal, quanto para os de ciclo precoce (Tabela 5). Tal resultado indica completa falta de correlação nos comportamentos genotípicos entre os ambientes. Estudos de interação conduzidos por Pereira et al. (2010) também identificaram pares de ambientes com interação simples e complexa.

Tavares et al. (2017) observaram que a indicação dos genótipos pode ser prejudicada quando da ocorrência de interação do tipo complexa, tendo a necessidade de análises mais detalhadas, como o estudo da adaptabilidade e estabilidade, a fim de se ter uma maior confiança na recomendação de genótipos que sejam aptos para os diferentes ambiente.

**Tabela 5.** Estimativas das interações complexas (%C), em seis ambientes, para produtividade com 12 e 11 genótipos de feijão preto normal e precoce, respectivamente.

FEIJÃO PRETO NORMAL		FEIJÃO PRETO PRECOCE	
Ambientes	Interações complexas (%C)	Ambientes	Interações complexas (%C)
1 x 2	95,90	1x2	71,50
1 x 3	55,61	1x3	15,08
1 x 4	107,85	1x4	71,88
1 x 5	49,04	1x5	66,75
1 x 6	82,32	1x6	62,48
2 x 3	53,91	2x3	60,73
2 x 4	77,41	2x4	96,19
2 x 5	86,62	2x5	57,41
2 x 6	35,76	2x6	73,10
3 x 4	37,76	3x4	67,34
3 x 5	88,54	3x5	46,29
3 x 6	70,54	3x6	41,90
4 x 5	93,62	4x5	61,54
4 x 6	22,10	4x6	42,74
5 x 6	96,03	5x6	52,09

### 5.3 Análise das Estimativas de Estabilidade e Adaptabilidade

A avaliação da estabilidade do desempenho dos genótipos de feijão preto de ciclo normal com base no método tradicional (Tabela 6) mostrou que os genótipos mais estáveis para a produtividade apresentaram menor variação nos ambientes. Em ordem decrescente de estabilidade, pontificaram IPR TUIUIU, CNFP 15695, IPR UIRAPURU, CNFP 15681 e CNFP 15685, com valores de quadrado médio de ambientes dentro de genótipos (QMA/Gi) de 1.377.207,29, 1.409.416,66, 1.580.564,79, 1.862.129,79 e 1.961.613,95, respectivamente.

Por outro lado, os mais produtivos foram BRS FP403, BRS ESTEIO, CNFP 15684, CNFP 15676, CNFP 15685 e CNFP 15695, que se classificaram quanto ao QMA/Gi nas posições 10<sup>o</sup>, 11<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> e 12<sup>o</sup>, respectivamente (Tabela 6).

Em genótipos de feijão preto precoce, os mais estáveis, segundo o método tradicional, foram BRS CAMPEIRO, CNFP 16324, CNFP 16337, IPR UIRAPURU, CNFP 16369 e CNFP 16335. Estes genótipos apresentaram menor variação em ordem decrescente de estabilidade, com valores de quadrado médio de ambientes dentro de genótipos (QMA/Gi) de 247.615,58, 1.363.021,39, 1.370.765,56, 1.549.062,01, 1.624.140,83 e 1.682.570,35, respectivamente.

Em contrapartida, os genótipos mais produtivos foram BRS ESTEIO, CNFP 16422, BRS CAMPEIRO, CNFP 16337, CNFP 16387 e CNFP 16324, que se classificaram quanto ao QMA/Gi nas posições 10<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup>, 1<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, 11<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup>, respectivamente (Tabela 6).

**Tabela 6.** Produtividades médias e estimativas dos métodos Yates e Cochran (YC), Plaisted e Peterson (PP), Kang e Phan (KP) aplicados aos métodos Yates e Cochran (KP+YC), Plaisted e Peterson (KP+PP), Annichiarico (ANN), Lin e Binns (LB) e Huenh (HU) com seus respectivos rankins (P), para 12 e 11 genótipos de feijão preto de ciclo normal e precoce, respectivamente.

FEIJÃO PRETO NORMAL										
G	YC			PP			KP			
	PROD	P	QM(A/Gi)	P	$\theta(\%)$	P	KP+YC	P	KP+PP	P
1	2.382,64	1	2.780.888,68	10	11,14	10	11	2	11	4
2	2.376,81	2	2.947.817,84	11	7,83	8	13	8	10	3
3	1.917,08	11	1.377.207,29	1	10,14	9	12	4	20	12
4	1.835,42	12	1.580.564,79	3	7,11	6	15	9	18	10
5	2.022,50	10	1.409.416,66	2	5,28	3	12	5	13	6
6	2.140,83	4	2.231.850,00	7	13,77	11	11	3	15	8
7	2.051,81	9	2.022.054,51	6	6,78	5	15	10	14	7
8	2.097,92	8	1.862.129,79	4	7,49	7	12	6	15	9
9	2.272,36	3	2.720.286,18	9	4,86	2	12	7	5	1
10	2.129,58	5	1.961.613,95	5	4,69	1	10	1	6	2
11	2.123,19	6	3.668.640,34	12	14,64	12	18	12	18	11
12	2.117,78	7	2.234.425,55	8	6,21	4	15	11	11	5

YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, ANN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS1: estatística S1 de Huenh, HUS2: estatística S2 de Huenh, HUS3: estatística S3 de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

**Tabela 6.- Cont.**

<b>FEIJÃO PRETO NORMAL</b>											
<b>Ann</b>			<b>LB</b>			<b>HU</b>					
<b>G</b>	<b>Ann(%)</b>	<b>P</b>	<b>Pi</b>	<b>P</b>	<b>S<sub>1</sub></b>	<b>P</b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>P</b>	<b>S<sub>3</sub></b>	<b>P</b>	
1	109,35	1	43.499,59	3	4,00	6	11,46	8	2,17	3	
2	109,09	2	25.928,76	1	2,53	2	4,26	1	1,50	1	
3	89,38	11	258.922,74	11	5,93	12	24,56	12	3,41	11	
4	84,78	12	295.298,20	12	3,86	5	10,40	5	2,00	2	
5	95,19	8	173.314,58	10	4,86	10	15,36	9	3,25	10	
6	96,74	6	159.704,28	8	5,33	11	22,40	11	3,00	9	
7	92,83	9	162.252,37	9	3,73	4	9,06	4	2,21	5	
8	96,82	5	146.329,68	7	4,00	7	11,20	6	2,66	7	
9	104,54	3	41.488,94	2	3,13	3	7,10	3	2,18	4	
10	99,31	4	111.231,30	4	2,46	1	4,96	2	3,57	12	
11	92,78	10	116.849,24	6	4,66	9	16,40	10	2,75	8	
12	96,55	7	114.410,99	5	4,13	8	11,20	7	2,28	6	

YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, ANN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS1: estatística S1 de Huenh, HUS2: estatística S2 de Huenh, HUS3: estatística S3 de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

Tabela 6 – Cont.

FEIJÃO PRETO PRECOCE										
G	PROD	P	YC		PP		KP			
			QM(A/Gi)	P	$\theta(\%)$	P	KP+YC	P	KP+PP	P
1	2.242,50	3	247.615,58	1	7,10	4	4	1	7	1
2	2.337,22	1	2.623.988,06	10	9,55	7	11	4	8	3
3	1.799,03	11	1.549.062,01	4	6,09	2	15	7	13	7
4	1.841,11	10	1.784.453,06	7	12,76	9	17	11	19	11
5	1.938,89	6	1.363.021,39	2	8,75	6	8	3	12	6
6	1.908,19	7	2.415.251,18	8	6,96	3	15	8	10	4
7	1.871,81	9	1.682.570,35	6	3,68	1	15	9	10	5
8	2.025,56	4	1.370.765,56	3	13,54	11	7	2	15	9
9	1.891,67	8	1.624.140,83	5	12,81	10	13	6	18	10
10	2.022,36	5	2.841.397,01	11	11,10	8	16	10	13	8
11	2.321,11	2	2.582.845,56	9	7,66	5	11	5	7	2

YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, ANN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS1: estatística S1 de Huenh, HUS2: estatística S2 de Huenh, HUS3: estatística S3 de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

**Tabela 6 – Cont.**

<b>FEIJÃO PRETO PRECOCE</b>										
	<b>Ann</b>		<b>LB</b>			<b>HU</b>				
<b>G</b>	<b>Ann(%)</b>	<b>P</b>	<b>Pi</b>	<b>P</b>	<b>S<sub>1</sub></b>	<b>P</b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>P</b>	<b>S<sub>3</sub></b>	<b>P</b>
1	108,93	3	24.464,35	3	1,47	2	1,47	2	1,80	4
2	113,20	1	9.546,64	1	1,47	3	1,47	3	2,57	8
3	86,99	11	228.596,12	11	0,93	1	0,67	1	0,43	1
4	87,94	10	224.992,71	10	3,53	7	8,17	7	1,81	5
5	95,77	5	156.436,46	7	2,67	6	5,20	6	1,43	3
6	89,22	9	144.597,86	6	3,53	8	8,30	8	2,00	6
7	91,31	8	173.071,12	8	1,47	4	1,60	4	0,75	2
8	99,67	4	125.056,25	5	4,67	11	14,27	11	3,18	10
9	91,35	7	177.427,66	9	4,53	10	13,47	10	2,70	9
10	93,18	6	101.881,08	4	4,07	9	10,97	9	2,49	7
11	112,53	2	10.028,94	2	1,87	5	2,67	5	3,43	11

YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, ANN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS1: estatística S1 de Huenh, HUS2: estatística S2 de Huenh, HUS3: estatística S3 de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

Segundo o método de Plaisted e Peterson, os genótipos mais estáveis para a produtividade de genótipos de feijão preto ciclo normal foram CNFP 15685, CNFP 15684, CNFP 15695, CNFP 15697, CNFP 15678 e IPR UIRAPURU, uma vez que apresentaram menores valores de  $\theta$  (%), 4,69; 4,86; 5,28; 6,21; 6,78 e 7,11, respectivamente. Entre estes genótipos, somente os genótipos CNFP 15684 e CNFP 15685 tiveram médias de produtividade superiores à média geral, 2.122,32 t.ha<sup>-1</sup>. Assim, pode-se observar que a estabilidade dos genótipos com base em PP independe do rendimento médio e da resposta às mudanças das condições ambientais.

Entre os genótipos de feijão preto precoce, os mais estáveis para produtividade foram CNFP 16335, IPR UIRAPURU, CNFP 16332, BRS CAMPEIRO, CNFP 16422 e CNFP 16324, que apresentaram menores valores de  $\theta$  (%), 3,68; 6,09; 6,96; 7,10; 7,66 e 8,75, respectivamente. Entre estes genótipos, somente os genótipos BRS CAMPEIRO e CNFP 16422, apresentaram médias de produtividade superiores à média geral, 2.018,13 t.ha<sup>-1</sup>.

Para os genótipos de feijão preto de ciclo normal, segundo o método YC, os genótipos indicados como mais estáveis apresentaram baixos rendimentos, sendo que, com a reclassificação via metodologia de KP, os melhores postos continuaram a ser ocupados por genótipos com rendimentos baixos. Neste caso, as estimativas destacaram, em ordem decrescente de estabilidade, os genótipos CNFP 15685, BRS FP403, CNFP 15676, IPR TUIUIU, CNFP 15695 e CNFP 15681 (Tabela 6).

Já a reclassificação de KP + PP para os genótipos de feijão preto de ciclo normal apontou como de maior estabilidade os genótipos CNFP 15684, CNFP 15685, BRS FP403, BRS ESTEIO, CNFP 15697 e CNFP 15695 (Tabela 6). Verifica-se que antes da ponderação os seis genótipos mais estáveis ocupavam péssimas posições quanto à produtividade, porém, após a reclassificação, todos os genótipos recomendados apresentaram produtividade acima da média geral experimental, com exceção dos genótipos CNFP 15695 e CNFP 15697.

Para os genótipos de feijão preto de ciclo precoce, segundo o método YC, os indicados como mais estáveis apresentaram baixos rendimentos, sendo que, com a reclassificação via metodologia de KP, os melhores postos continuaram a ser ocupados por genótipos com rendimentos baixos, com exceção dos genótipos BRS CAMPEIRO e BRS ESTEIO. Neste caso, as estimativas destacaram, em



ordem decrescente de estabilidade, os genótipos BRS CAMPEIRO, CNFP 16337, CNFP 16324, BRS ESTEIO, CNFP 16422 e CNFP 16369 (Tabela 6).

Já a reclassificação de KP + PP para os genótipos de feijão preto de ciclo precoce apontou como de maior estabilidade os genótipos BRS CAMPEIRO, CNFP 16422, BRS ESTEIO, CNFP 16332, CNFP 16335 e CNFP 16324 (Tabela 6). Verifica-se que antes da ponderação os seis genótipos mais estáveis ocupavam péssimas posições quanto à produtividade, porém, após a reclassificação, todos os genótipos recomendados apresentaram produtividade acima da média geral experimental, com exceção dos genótipos CNFP 16324, CNFP 16332 e CNFP 16335.

Segundo o método de ANN, ao analisar todos os ambientes, pode-se observar que os genótipos BRS FP403, BRS ESTEIO e CNFP 15684 de feijão preto de ciclo normal foram 10,93%, 10,71% e 6,60% superiores à média dos ambientes, respectivamente.

Os genótipos BRS ESTEIO, CNFP 16422 e BRS CAMPEIRO de feijão preto de ciclo precoce foram 15,81%, 15,01% e 11,12% superiores à média dos ambientes, respectivamente, segundo o método de ANN.

A metodologia de Annicchiarico (1992) expressa a estabilidade genotípica, facilitando a tomada de decisão (Cruz e Carneiro, 2014). Essa metodologia pode ser utilizada no momento de decisão de permanência ou retirada de um determinado genótipo do programa, com segurança e rapidez, desde que sejam consideradas a dinâmica e a recorrência dos processos nos programas de melhoramento.

Para os genótipos de feijão preto de ciclo normal, segundo o método de LB, houve oscilação nas estimativas do índice de estabilidade  $P_i$  entre 25.928,76 para o genótipo BRS ESTEIO e 295.298,20 para o genótipo IPR UIRAPURU. Os genótipos com maiores estabilidade foram BRS ESTEIO, CNFP 15684, BRS FP403, CNFP 15685, CNFP 15697 e CNFP 15695, pois obtiveram menores valores de  $P_i$ , 25.928,76, 41.488,94, 43.499,59, 111.231,30, 114.410,99 e 116.849,24, respectivamente (Tabela 6).

Para os genótipos de feijão preto de ciclo precoce, segundo o método LB, houve oscilação nas estimativas do índice de estabilidade  $P_i$  entre 9.546,64 para o genótipo BRS ESTEIO e 228.596,12 para o IPR UIRAPURU. Os genótipos com maiores estabilidades foram BRS ESTEIO, CNFP 16422, BRS CAMPEIRO, CNFP

16387, CNFP 16337 e CNFP 16332, uma vez que apresentaram menores valores de  $P_i$ , 9.546,64, 10.028,94, 24.464,35, 101.881,08, 125.056,25 e 144.597, respectivamente.

De acordo com as medidas de estabilidade S1, S2 e S3 de Huenh (1990) apresentadas na Tabela 6, os genótipos com máxima estabilidade apresentam S1, S2 e S3 iguais a zero. Contudo, as estimativas obtidas neste trabalho oscilaram nos intervalos de 2,46 a 5,96, de 4,266 a 24,56 e de 1,50 a 3,57 para S1, S2 e S3, respectivamente, para os genótipos de feijão preto de ciclo normal. E os genótipos de feijão preto de ciclo precoce oscilaram nos intervalos de 0,93 a 4,67, de 0,67 a 14,27 e de 0,43 a 3,43 para S1, S2 e S3, respectivamente (Tabela 6).

#### 5.4 Correlação de Spearman

As correlações entre os diferentes métodos de estabilidade para o caráter produtividade, de acordo com o coeficiente de correlação de Spearman ( $r$ ), revelaram significância estatística em 5 e 1% de probabilidade pelo teste  $t$ , denotando que, em parte, estes métodos têm concordância (Tabela 7).

No método de YC para o feijão de ciclo normal, foi observado que os genótipos mais estáveis apresentaram menores valores de produtividade, confirmando a baixa correlação ( $r = - 0,1538$ ) entre as classificações quanto à produtividade e ao QMA/Gi (Tabela 7). Deste modo, segundo Cruz e Carneiro (2014), genótipos com resposta regular em diferentes ambientes apresentam baixa produtividade.

Para o feijão de ciclo precoce, segundo o método YC, foi observado que os genótipos mais estáveis apresentaram menores valores de produtividade, confirmando a baixa correlação ( $r = - 0,2000$ ) entre as classificações quanto à produtividade e ao QMA/Gi (Tabela 7).

Em genótipos de feijão preto precoce, o método de YC apresentou correlação associada apenas aos métodos HS3 ( $r = 0,4000$ ) e KP+YC ( $r = 0,5909$ ).

O método de Yates e Cochran, correlacionado com o método de Annichiarico, apresentou correlação significativa ( $r = 0,5105$ ) nos genótipos de feijão preto de ciclo normal (Tabela 7).

**Tabela 7.** Estimativas da correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre os rankings para a média de produtividade e diferentes métodos de estabilidade, obtidos em 12 e 11 genótipos de feijão, preto normal e precoce, respectivamente.

<b>FEIJÃO PRETO DE CICLO NORMAL</b>									
	<b>YC</b>	<b>PP</b>	<b>ANN</b>	<b>LB</b>	<b>HS1</b>	<b>HS2</b>	<b>HS3</b>	<b>KP+YC</b>	<b>KP+PP</b>
<b>PROD</b>	-0,1538 <sup>ns</sup>	-0,4126*	0,1748 <sup>ns</sup>	0,1538 <sup>ns</sup>	-0,0140 <sup>ns</sup>	0,0350 <sup>ns</sup>	0,1678 <sup>ns</sup>	-0,1049 <sup>ns</sup>	-0,1818 <sup>ns</sup>
<b>YC</b>		0,3357 <sup>ns</sup>	-0,5105**	-0,7762**	-0,3147 <sup>ns</sup>	-0,2308 <sup>ns</sup>	-0,4755*	0,3287 <sup>ns</sup>	-0,3846*
<b>PP</b>			0,1259 <sup>ns</sup>	0,0979 <sup>ns</sup>	0,5175**	0,5944**	-0,1049 <sup>ns</sup>	0,0699 <sup>ns</sup>	0,5944**
<b>ANN</b>				0,8671**	0,4965**	0,4545*	0,2727 <sup>ns</sup>	0,4406*	0,8042**
<b>LB</b>					0,5734**	0,5245**	0,3357 <sup>ns</sup>	0,0699 <sup>ns</sup>	0,7762**
<b>HS1</b>						0,9650**	0,4685*	-0,0210 <sup>ns</sup>	0,6993**
<b>HS2</b>							0,4825**	-0,1119 <sup>ns</sup>	0,6853**
<b>HS3</b>								-0,4196*	0,2517 <sup>ns</sup>
<b>KP+YC</b>									0,2587 <sup>ns</sup>
<b>FEIJÃO PRETO DE CICLO PRECOCE</b>									
	<b>YC</b>	<b>PP</b>	<b>ANN</b>	<b>LB</b>	<b>HS1</b>	<b>HS2</b>	<b>HS3</b>	<b>KP+YC</b>	<b>KP+PP</b>
<b>PROD</b>	-0,2000 <sup>ns</sup>	-0,2273 <sup>ns</sup>	0,9636**	0,9727**	0,0091 <sup>ns</sup>	0,0091 <sup>ns</sup>	-0,6182**	0,6273**	0,6000**
<b>YC</b>		0,0636 <sup>ns</sup>	-0,0727 <sup>ns</sup>	-0,3364 <sup>ns</sup>	0,1455 <sup>ns</sup>	0,1455 <sup>ns</sup>	0,4000*	0,5909**	-0,0273 <sup>ns</sup>
<b>PP</b>			-0,2545 <sup>ns</sup>	-0,0909 <sup>ns</sup>	0,7273**	0,7273**	0,6545**	-0,1182 <sup>ns</sup>	0,6182**
<b>ANN</b>				0,9000**	0,0545 <sup>ns</sup>	0,0545 <sup>ns</sup>	-0,5727**	0,7000**	0,5545**
<b>LB</b>					0,0636 <sup>ns</sup>	0,0636 <sup>ns</sup>	-0,5545**	0,4818*	0,6727**
<b>HS1</b>						1,0000**	0,5818**	0,1545 <sup>ns</sup>	0,6182**
<b>HS2</b>							0,5818**	0,1545 <sup>ns</sup>	0,6182**
<b>HS3</b>								-0,2182 <sup>ns</sup>	0,0364 <sup>ns</sup>
<b>KP+YC</b>									0,4545*

ns, \*\* e \* não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de Student de 5% de probabilidade, pelo teste t de Student, sob  $H_0: \rho=0$ . YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, ANN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HS1: estatística S1 de Huenh, HS2: estatística S2 de Huenh, HS3: estatística S3 de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

Ao observar a correlação dos rankings para a produtividade, constatou-se correlação negativa apenas com o método Plaisted e Peterson ( $r = - 0,4126$ ) (Tabela 7).

O método de Plaisted e Peterson, correlacionado com os métodos de Huenh S1 ( $r = 0,5175$ ) e S2 ( $r = 0,5944$ ), e o método Kang e Phan, associado a Yates e Cochran ( $r = 0,5944$ ), apresentaram correlações significativas ao nível de 1% de probabilidade para genótipos de feijão preto de ciclo normal (Tabela 7).

Ao observar a Tabela 7, foram encontrados resultados de correlação negativos e não significativos tanto de KP+YC ( $r = - 0,1049$ ) quanto de KP+PP ( $r = - 0,1818$ ), com a produtividade de genótipos de feijão preto de ciclo normal indicando que a ponderação de KP não foi eficaz para associar a estabilidade à produtividade dos genótipos de feijão preto normal.

Na metodologia de ANN em feijoeiro de ciclo precoce, constatou-se que os genótipos mais estáveis e adaptados estão entre os mais produtivos, cujos resultados mostraram alta correlação com os valores de produtividade ( $r = 0,9636$ ).

Ao observar a Tabela 7, foram encontrados resultados de correlação positivos e significativos tanto de KP+YC ( $r = 0,6273$ ) quanto de KP+PP ( $r = 0,6000$ ), com a produtividade de genótipos de feijão preto de ciclo precoce indicando que a ponderação de KP foi eficaz para associar a estabilidade e produtividade dos genótipos de feijão preto precoce.

O método de ANN apresentou altas correlações com os métodos Lin e Binns ( $r = 0,8671$ ) e Kang e Phan, associado ao método Plaisted e Peterson ( $r = 0,8042$ ). E ainda correlações moderadas com os métodos Huenh S1 ( $r = 0,4965$ ) e S2 ( $r = 0,4545$ ), Kang e Phan, associado ao método Yates e Cochran e Kang ( $r = 0,4406$ ) nos genótipos de feijão preto de ciclo normal (Tabela 7).

O método não paramétrico de Lin e Binns, correlacionado com os métodos de Huenh S1 ( $r = 0,5734$ ) e S2 ( $r = 0,5245$ ) e Kang e Phan, associado ao método Plaisted e Peterson ( $r = 0,7762$ ), apresentou correlações significativas (Tabela 7).

Segundo a metodologia de LB em feijoeiro de ciclo precoce, os genótipos mais estáveis e adaptados estão entre os mais produtivos, cujos resultados mostraram alta correlação com os valores de produtividade ( $r = 0,9727$ ). Isto torna um método bastante vantajoso, de modo que consegue identificar os genótipos mais estáveis entre os mais produtivos, como observado por Carbonell et al. (2001).

Observa-se ainda nos genótipos de feijão preto de ciclo normal e ciclo precoce que os rankings por LB e ANN foram semelhantes (Tabela 6), uma vez que apresentaram forte associação entre estas metodologias, segundo o coeficiente de correlação de Spearman, para genótipos normal ( $r = 0,8671$ ) e precoce ( $r = 0,9000$ ) (Tabela 7). Resultados semelhantes a este foram encontrados em estudos de Araújo (2016).

Comparando as estimativas dos algoritmos dos métodos não paramétricos, observa-se que os parâmetros S1 e S2 de Huehn (1990) exibiram alta concordância ( $P < 0,01$ ) entre si, destacando-se alta correlação entre S1 e S2 ( $r = 0,9650$ ) para preto normal e entre S1 e S2 ( $r = 1,0000$ ) para preto precoce. Scapim et al. (2010) investigaram as correlações entre parâmetros de estabilidade de Huehn (1990) no intuito de identificar qual método é mais confiável para selecionar cultivares de milho pipoca. Segundo esses autores, S1, S2 e S3 foram, positiva e significativamente, correlacionados, indicando que apenas uma dessas estatísticas é suficiente para a seleção de genótipos estáveis.

## 6. CONCLUSÕES

Para os métodos Yates e Cochran, Plaisted e Peterson e Kang e Phan, associados ao método Yates e Cochran, os genótipos classificados como mais estáveis apresentaram inferioridade quanto à produtividade de grãos de feijoeiro.

Pelo método Kang e Phan, associado ao método de Plaisted e Peterson, Annicchiarico, Lin e Binns e Huenh, os genótipos classificados como mais estáveis apresentaram elevada produtividade.

Os parâmetros S1 e S2 de Huenh exibiram alta concordância entre si, indicando que apenas uma dessas estatísticas é suficiente para a seleção de genótipos estáveis, tanto para o genótipo de ciclo normal quanto para o de ciclo precoce.

Os métodos LB e ANN mostram forte concordância entre si e produzem classificações similares quanto à estabilidade fenotípica, recomendando-se utilizar um ou outro, tanto para genótipo de ciclo normal quanto para genótipo de ciclo precoce.

Os genótipos de feijão preto de ciclo normal BRS FP403 e BRS ESTEIO foram os mais promissores, segundo as metodologias de Lin e Binns e de Annicchiarico.

Os genótipos de feijão preto de ciclo precoce BRS CAMPEIRO e BRS ESTEIO foram os mais promissores, segundo as metodologias Lin e Binns e Annicchiarico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A. F. B. Ramalho, M. A. P. (2005) Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais. Embrapa Arroz e Feijão, Sistemas de Produção, Nº 5, versão eletrônica, disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/cultivares>. Acesso em 11 de janeiro de 2019.
- Adams, M. W. (1982) Plant architecture and yield breeding.; Iowa State Journal of Research. Iowa, v.56, n.3, p.225-254.
- Aidar, H. (1996) Recomendações técnicas para o cultivo do feijão. Embrapa, Brasília. 32p.
- Andrade, M. J. B. O.; D.P.; Figueiredo, M. A.; Martins, F. A. D. (2015) Exigências Edafoclimáticas. In: Carneiro. J. E; De Paula Junior. T. J.; Borém, A. (ed) Feijão. Viçosa: Ed. UFV, p. 67-95.
- Annicchiarico, P. (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. Journal of Genetics and Plant Breeding, Berlin, v.46, p.269-278.
- Araújo, M. do S. B. de (2016) Interação genótipo versus cortes anuais e comparação de métodos de estabilidade e de índices de seleção em capim-

elefante. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes/RJ. 69p.

Barili, L. D.; Vale, N. M. de; Amaral, R. de C.; Carneiro, J. E. de S.; Silva, F. F e; Carneiro, P. C. S. (2015) Adaptabilidade e estabilidade e produtividade de grãos em cultivares de feijão preto recomendadas no Brasil nas últimas cinco décadas. *Ciência Rural*, v.45, n.11, p.1980-1986.

Bastos, I. T.; Barbosa, M. H. P.; Resende, M. D. V.; Peternelli, L. A.; Silveira, L. C. I.; Donda, L. R.; Fortunato, A. A.; Costa, P. M. A; Figueiredo, I. C. R. (2007) Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.37, n.4, p.195-203.

Borém, A.; Miranda, G. V.; Fritsche-Neto, R. (2017) *Melhoramento de Plantas*. 7. ed. Viçosa: UFV.

Borém, A.; Carneiro, J. E. S. (2006) A cultura. In: Vieira, C.; Paula Júnior, T. J. de; Borém, A. (Eds.). *Feijão*. Viçosa: UFV. p.13-18.

Buratto, J. S.; Moda-Cirino, V.; Fonseca Júnior, N. S.; Prete, C. E. C.; Faria, R. T. (2007) Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 28, n. 3, p. 373-380.

Carbonell, S. A. M.; Chiorato, A. F.; Gonçalves, J. G. R.; Perina. E. F.; Carvalho, C. R. L. (2010) Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ciência Rural*, v.40, n.10, p. 2067-2073.

Carbonell S. A. M.; Azevedo Filho J. A.; Dias L. A. S.; Gonçalves C. & Antonio C. B. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. *Bragantia*, v.60, p.69-77.



- Carneiro, P. C. S. (1998) Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Cargnin, A.; Souza, M. A. de; Carneiro, P. C. S. e Sofiatti, V. (2006) Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.6, p.987-993.
- Castro, R. C.; Kluge, R. A. (1999) Ecofisiologia de Cultivos Anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. 2. ed. São Paulo: Nobel. 129p.
- Chiorato, A. F.; Carbonell, S. A. M. (2014) O melhoramento genético de feijoeiro no Instituto Agrônômico IAC (1932 a 2014). O Agrônômico, v.64-66, p. 6-13.
- Coelho, c. M. M.; Zílio, M. Piazzoli, D.; Farias, F. L.; Souza, C. A. de; Bortoluzzi, R. L. da C. (2007) Influência das características morfológicas e físicas dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na sua capacidade de hidratação e cocção. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v.5, p.105-107.
- Conab. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.
- Conab. Série histórica das safras de feijoeiro. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.
- Conab. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. 2017. Disponível em: [http://conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_10\\_42\\_03\\_bole\\_tim\\_graos\\_setembro\\_2015.pdf](http://conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_bole_tim_graos_setembro_2015.pdf). Acesso em: 11 de julho de 2018.
- Conab. Conjuntura agropecuária do feijão. 2015. Disponível em < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_07\\_09\\_16\\_20\\_14](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_16_20_14)

conjuntura agropecuária do feijão - junho 2015.pdf>. Acesso em 29 de dezembro de 2018.

Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S. (2014). Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. In: editora, UFV(Ed). Viçosa, p.377-432.

Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2014) Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, v.1, 668p.

Cruz, C. D.; Regazzi, A. J., Carneiro, P. C. S. (2012) Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, v.1, 514p.

Cruz, C.D.; Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3. ed. Viçosa: UFV, v.1, 480 p.

Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. (2001) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV. 390p.

Cruz, C. D.; Castoldi, F. L. (1991) Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. Ceres, v.38, p. 422-430.

Daher, R. F.; Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, A. V.; Lédo, F. J. da S.; Daros, M. (2003) Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Ciênc. agrotec., Lavras. V.27, n.4, p.788-797.

Debouck, D.G. (1999) Diversity in Phaseolus species in relation to the common bean. In: Common bean improvement in the twenty-first century. Springer Netherlands. p.25-52.

Del Peloso, M. J.; Melo, L. C. (2005) Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 131 p.

Depec. departamento de pesquisas e estudos econômicos. Feijão: junho de 2017. Disponível em: [https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infs\\_et\\_feijao.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infs_et_feijao.pdf). Acesso em: 19 mar. 2020.

Dourado Neto, D.; Fancelli, A. L. (2000) Produção de feijão. Guaíba: Agropecuária, 385 p.

Domingues, L.S.; Ribeiro, N.D.; Minetto, C.; Souza, J.F. e Antunes, I.F. (2013) - 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, vol. 34, p. 1065-1076.

Eberhart, S.A.; Russel, W.A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, v.6, n.1, p. 36-40.

Embrapa Arroz E Feijão. (2018) Dados conjunturais da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* L.) no Brasil (1985 a 2011): área, produção e rendimento). Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 10 de agosto de 2018.

Fachini, C.; Barros, V. L. N. P.; Ramos Junior, E. U.; Ito, M. A.; Castro, J. L. (2006) Importância do feijão no agronegócio brasileiro. In: Resumos do 22º Dia de Campo de Feijão. Capão Bonito, p.1-7.

Faostat (2017). Colheitas (Crops). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 07 nov. 2018.

Faria, L. C. et al. (2013) Genetic progress during 22 years of improvement of carioca-type common bean in Brazil. Field Crops Research, v.142, p. 68-74.

Graham, P. H.; Ranalli, P. (1997). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research, v. 53, p. 131-146.

- Huehn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, v.47, n.3, p. 189-194.
- Ibge (2018) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rj>> Acesso em: 07 nov. 2018.
- Jauer, A.; Dutra, L. M. C. D.; Zobot, L.; Unry, D.; Ludwig, M. P.; Farias, J. R.; Garcia, D. C.; Lúcio, A. D.; Filho, O. A. L.; Porto, M. D. de M. (2006) Efeitos da população de plantas e de tratamento fitossanitário no rendimento de grãos do feijoeiro comum, Cultivar “TPS Nobre. *Ciência Rural*, v.36, p.1374-1379.
- Lin, C. S.; e Binns, M. R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v.68, n.1, p. 193-198.
- Lúcio, A. D.; Storck, L.; Banzatt, D. A. (1999) Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.5, p.99-103.
- Kang M.S.; Phan H.N. (1991) Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agronomy Journal*, v.83, n.1, p.161-165.
- Maia, M.C.C.; Assis, G.M.L.; Silva Filho, J. L. (2008) A estatística experimental e o melhoramento de plantas. *Boletim Agropecuário*, Rio Branco: Agrosoft Brasil. Disponível:<http://www.boletimpecuario.com.br/artigos/showartigo.php?arquivo=artigo1773.txt>. Acesso em: 29/12/2019.
- Martins, S. M. (2015) Estratégias de melhoramento do feijoeiro-comum para altos teores de ferro e zinco. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, da Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO. 92p.
- Melo, P. G. S.; Alvares, R. C.; Pereira, H. S.; Braz, A. J. B. P.; Faria, L. C.; Mel, L. C. (2018) Adaptability and stability of common bean genotypes in family farming systems. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.53, n.2, p.189-196.

- Melo, L.C.; Melo, P. G. S.; Faria, L. C. de; Diaz, J. L. C.; Peloso, M. J. D.; Rava, C. A.; Costa, J. G. C. da. (2007) Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.715-723.
- Mendes, F. F.; Ramalho, M. A. P.; Abreu, A. (2009) Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.44, n.10, p.1312-1318.
- Mendonça, J.C. (2014). Inundações na baixada campista. In: Totti, M.E., Soffiati, A. *Gestão de águas no baixo Paraíba do Sul*. Essentia Editora, p.91-127.
- Moll, R. C.; Cockerham, C. C.; Stuber, C. W.; Williams, W. P. (1978) Selection responses, genetic-environments interaction, and heterosis with recurrent selection for yield in maize. *Crop. Sci.* v.18, p.641-645.
- Pereira, H.S.; Almeida, V.M.; Melo, L.C.; Wendland, A; Faria, L.C.; Del Peloso, M.J. e Magaldi, M.C.S. (2012) - Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. *Bragantia*, v.71, n.2, p.165-172.
- Pereira, H. S.; Melo, C. L.; Faria, L. C.; Del Peloso, M. J. Wendland, A. (2010) - Estratificação ambiental na avaliação de genótipos de feijoeiro-comum tipo Carioca em Goiás e no Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.6, p.554-562.
- Pereira, H. S.; Melo, L. C.; Faria, L. C.; Del Peloso, M. J.; Costa, J. G. C., Rava, C. A.; Wendland, A. (2009) Adaptabilidade e Estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, p.29-37.
- Pereira, H. S.; Melo, L. C.; Peloso, M. J. D.; Faria, L. C. de; Costa, J. G. C. da; Díaz, J. L. C.; Rava, C. A.; Wendlan, A. (2009) Comparação de métodos de análise de

adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.374-383.

Perina, E.F.; Carvalho, C.R.L.; Chiorato, A.F.; Gonçalves, J.G.R.; Carbonell, S.A.M. (2010) - Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da performance genotípica. *Ciência Agrotécnica*, v.34, n.2, p.398-406.

Plaisted, R. L. e Peterson, L. C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, v.36, n.11, p.381-385.

Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C.H. (2002) Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq. 309p.

Ribeiro, N. D.; Antunes, I. F.; Souza, J. F. e Perschirv, N. L. (2008) - 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.

Ribeiro, N. D.; Hoffmann Junior, L.; Possebon, S. B. (2004) Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. *Revista Brasileira Agrociência*. Pelotas, v.10, n.1, p.19-29.

Robertson, A. (1959) The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics.*, v.15, p.469-485.

Rocha, V.P.; Moda-Cirino, V.; Destro, D.; Júnior, N.S.F. e Prete, C.E.C. (2010) - Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, n.1, p.39-54.

- Silva, G. A. P.; Chiorato, A. F.; Gonçalves, J. G. R.; Perina, E. F.; Carbone, S. A. M. (2013) Análise da adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo. *Revista Ceres*, v.60, p.59-65.
- Silva, H. T. (2005) Descritores mínimos indicados para caracterizar cultivares/variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 32p. (Documentos, 184).
- Silva, H. T.; Costa, A. O. (2003) Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L. (Leguminosae). Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 40p. (Documentos, 156).
- Singh, S.P.; Gepts, P.; Debouck, D.G. (1991) Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, v45, p.379–396.
- Souza Filho. B. F.; Andrade, W. E. de B. (2010) A cultura do feijão no Estado do Rio de Janeiro. Niterói, PESAGRO-RIO. 96p.
- Soratto, R.P.; Crusciol, C.A.C.; Silva, L.M. da; Lemos, L.B. (2005) Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. *Bragantia*, v.64, p.211-218.
- Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Amaral Júnior, A. T.; Vieira, A.; Pinto, R. J. B.; Conrado, T. V. (2010) Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. *Euphytica*, v.174. p. 209-218.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. e Dickey, D. A. (1997) *Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach*. 3 th ed. New York: McGraw-Hill, 666p.
- Talukder, Z. I.; Anderson, E.; Miklas, P. N.; Blair, M. W.; Osorno, K.; Dilawari, M.; and Hossain, K. G. (2010) Genetic diversity and selection of genotypes to enhance Zn and Fe content in common bean. *Canadian Journal of Plant Science*, Canada, v.90, n.1, p.49-60.

- Tavares, T.; Souza, S.; Salgados, F.; Santos, G.; Lopes, M.; Fidelis, R. (2017) Adaptabilidade e estabilidade da produção de grão em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). *Rev. de Ciências Agrárias*, v.40, n.2, p. 411-418.
- Teixeira, I. R.; Silva, G. C. da; Timossi, P. C.; Silva, A. G. da (2011) Desempenho agrônômico de cultivares de feijão-comum consorciado com mamona. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.24, n.4, p.55-61.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992) *Genética Biométrica no Fitomelhoramento: Sociedade Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 496p.
- Verma, M. M.; Charal, G. S.; Murty, B. R. (1978) Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.*, v. 53, p. 89-91.
- Vieira, C.; Paula Jr, T. J. de.; Borém, A. (2008) *Feijão*. 2 ed. Viçosa: UFV, 600p.
- Vilhordo, B. W.; Mikusinski, O. M. F.; Burin, M. E.; Gandolfi, V. H. Morfologia. In: Araújo, R. S.; Rava, C. A.; Oste, I. F.; Zimmermann, M. J. de O. (1996) *Cultura do feijoeiro no Brasil*. Piracicaba: POTATOS. p.71-99.
- Yates, F. e Cochran, W. G. (1938) The analysis of groups of experiments. *The Journal of Agricultural Science*, v.28, n.4, p.556-580.
- Zimmermann, M. J. O.; Carneiro, J. E. S.; Peloso, M. J. D.; Costa, J. G. C.; Rava, C. A.; Sartorato, A.; Pereira, P. A. A. (1996). *Melhoramento genético e cultivares*. IN: ARAUJO, S. R. et al. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós. p. 223-276.