



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

MILENA PIEROTTI EUZEBIO

**PROGRESSO GENÉTICO E REPETIBILIDADE DOS  
PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM  
GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO EM TRINTA E OITO ANOS DE  
MELHORAMENTO NO ESTADO DO PARANÁ**

---

Londrina  
2018

MILENA PIEROTTI EUZEBIO

**PROGRESSO GENÉTICO E REPETIBILIDADE DOS  
PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM  
GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO EM TRINTA E OITO ANOS DE  
MELHORAMENTO NO ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Estadual de Londrina, para a obtenção do título  
de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dr. Inês Cristina de  
Batista da Fonseca.

Co-orientador: Dr. Nelson da Silva Fonseca  
Júnior.

Londrina  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Euzebio, Milena Pierotti.

Progresso Genético e Repetibilidade dos Parâmetros de Adaptabilidade e Estabilidade em Genótipos de Feijoeiro em Trinta e oito Anos de Melhoramento no Estado do Paraná. / Milena Pierotti Euzebio. - Londrina, 2018.  
102 f.

Orientador: Inês Cristina de Batista da Fonseca.

Coorientador: Nelson da Silva Fonseca Junior.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

Indui bibliografia.

1. Ganho genético - Tese. 2. Adaptabilidade e Estabilidade - Tese. 3. Phaseolus vulgaris - Tese. 4. método indireto - Tese. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista da. II. Fonseca Junior, Nelson da Silva . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

MILENA PIEROTTI EUZEBIO

**PROGRESSO GENÉTICO E REPETIBILIDADE DOS PARÂMETROS  
DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM GENÓTIPOS DE  
FEIJOEIRO EM TRINTA E OITO ANOS DE MELHORAMENTO NO  
ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Estadual de Londrina, para a obtenção do título  
de Doutor em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Inês Cristina de Batista  
da Fonseca  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Co-orientador: Pesquisador Dr. Nelson da Silva  
Fonseca Junior  
Instituto Agronomico do Paraná – IAPAR

---

Pesquisador Dr. Antonio Eduardo Pipolo  
Embrapa

---

Pesquisador Dr. Carlos Lásaro Pereira de Melo  
Embrapa

---

Pesquisador Dr. Carlos Roberto Riede  
Instituto Agronomico do Paraná – IAPAR

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Paula Barion Nunes  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 22 de fevereiro de 2018.

Ao meu esposo, Paulo por ter permanecido ao meu lado, me incentivando a percorrer mais este caminho

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus por mais este passo em minha vida.

À Universidade Estadual de Londrina, pela formação acadêmica e oportunidade de realizar este curso.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pela proporcionou a realização desta tese.

Agradeço à professora Dra. Inês Cristina de Batista da Fonseca, pela orientação, sugestões e questionamentos nesta tese, por todos os anos de paciência e amizade, por acreditar e incentivar.

Em especial Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior, a oportunidade de tê-lo como orientador de Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado. Agradeço pela constante orientação em minha formação acadêmica, confiança, pela amizade, paciência, conselhos e conhecimentos transmitidos. O senhor é um exemplo de simplicidade, compreensão e competência.

Agradeço ao meu esposo Paulo, acima de tudo pela paciência, companheirismo e amizade. Obrigada por me apoiar em todas as minhas escolhas, por vibrar comigo a cada conquista e principalmente por me manter de pé em momentos difíceis, me encontrando quando eu mesma já havia me perdido.

À minha família, meus pais, meu irmão, aos meus sogros, minhas cunhadas e meus amados sobrinho agradeço ao apoio e incentivo.

A todos os funcionários do IAPAR, pelo trabalho desenvolvido na condução dos experimentos nas estações experimentais espalhadas pelo Paraná.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Antonio Eduardo Pipolo, Dr. Carlos Lásaro Pereira de Melo, Dr. Maria Paula Barion Nunes e ao Dr. Carlos Roberto Riede, pelos pertinentes apontamentos que engrandeceram este trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização obrigada por permitirem que esta tese seja uma realidade.

EUZEBIO, Milena Pierotti. **Progresso Genético e Repetibilidade dos Parâmetros de Adaptabilidade e Estabilidade em Genótipos de Feijoeiro em Trinta e Oito Anos de Melhoramento no Estado do Paraná.** 2018. 102p. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar o progresso genético em rendimento de grãos de feijão no Estado do Paraná, durante 38 anos de pesquisa na safra de águas e seca, no período de 1977 a 2016, por meio dos ensaios de competição de linhagens e cultivares, dos grupos comerciais cores e preto do Programa de Melhoramento Genético do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e mensurar a repetibilidade das estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão dos grupos cores e preto por meio de seis metodologias, considerando os genótipos e ambientes (combinação de safra com local) comuns a cada dupla de anos consecutivos (biênios). As estimativas do progresso genético foram realizadas pelo método indireto, por meio de regressão linear, sendo que este método analisa os ensaios multilocais de competição de linhagens e cultivares pelas médias ajustadas dos genótipos, relacionadas ao período de anos analisados, obtendo-se a estimativa do ganho anual. As estimativas de repetibilidade foram realizadas com os parâmetros de estabilidade para cada ano, em 37 biênios. Considerando o ano como repetição dentro do biênio, realizou-se a análise de variância por biênio para verificar o efeito do ano (bloco), dos genótipos e as estimativas de repetibilidade (herdabilidade) para cada parâmetro de adaptabilidade e estabilidade. Com base nos resultados, o progresso genético auferiu ganhos no rendimento de grãos de feijão da ordem de 16,3 1 kg ha<sup>-1</sup> ao ano para o grupo cores e 29,1 kg ha<sup>-1</sup> ao ano para o grupo comercial preto para o Programa de Melhoramento Genético do IAPAR. As estimativas de repetibilidade para a variável rendimento de grãos de feijão foram consistentes para os parâmetros média geral, índice de confiança (I Annchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) para ambos os grupos comerciais.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Ganho genético. Repetibilidade. Biênios. Adaptabilidade e estabilidade.

EUZEBIO, Milena Pierotti. **Genetic Progress and Repeatability of Adaptability and Stability Parameters in Common Bean Genotypes in Thirty Eight Years of Improvement the State of Paraná.** 2018. 102p. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## ABSTRACT

The objective of this work was to estimate the genetic progress in yield of bean grains in the State of Paraná, during 38 years of research in the harvest of water and drought, from 1977 to 2016, through the competition tests of advances lines and cultivars, of the commercial groups of color and black of the Genetic Improvement Program of the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR), and to measure the repeatability of the adaptability and stability parameters of bean genotypes of the color and black groups by means of six methodologies, considering only genotypes and environments (crop combination with local) common to each pair of consecutive years (biennia). Estimates of genetic progress were made by the indirect method, using linear regression, and this method analyzes the multi-local competition tests of strains and cultivars by the adjusted means of the genotypes, related to the period of years analyzed, obtaining estimated annual gain. The repeatability estimates were performed with the stability parameters for each year, in 37 biennia. Considering the year as a repetition within the biennium, the analysis of variance per biennium was performed to verify the effect of the year (block), genotypes and estimates of repeatability (heritability) for each parameter of adaptability and stability. Based on the results, genetic gains were obtained in the yield of common bean grains of the order of 16.3 1 kg ha<sup>-1</sup> per year for the color group and 29.1 kg ha<sup>-1</sup> per year for the commercial black group from the genetic improvement program of IAPAR. The repeatability estimates for the bean grain yield variable were consistent for the general mean parameters, confidence index (I Annchiarico), percentage of average yield (mean (%)) for both commercial groups.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*. Genetic gain. Repeatability. Biennium. Adaptability and stability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 3.1** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016. ....51
- Figura 3.2** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016. ....51
- Figura 3.3** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.....52
- Figura 3.4** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016. ....52
- Figura 3.5** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios intermediários de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016. ....53
- Figura 3.6** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos intermediários de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016. ....53
- Figura 3.7** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios intermediários de VCU feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.....54
- Figura 3.8** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios intermediários de VCU de feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016. ....54

<b>Figura 3.9</b> – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios intermediários e finais de VCU de feijão do grupo cores e preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.....	55
<b>Figura 4.1</b> – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável Média geral do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.....	72
<b>Figura 4.2</b> – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.....	73
<b>Figura 4.3</b> – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável coeficiente de regressão linear (b) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.....	73
<b>Figura 4.4</b> – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável distância do genótipo ideal (Pi Geral %) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.....	73
<b>Figura 4.5</b> – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável estimativa de ecovalência (W) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos .....	74
<b>Figura 4.6</b> – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável índice de confiança (I) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos. ....	74

**Figura 4.7** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável média % do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.....74

**Figura 4.8** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável Frequencia de "a" do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos. ....75

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1 –** Número de experimentos dos ensaios intermediários e de valor de cultivo e uso (VCU) do grupo comercial cores conduzidos nos locais do estado do Paraná, no período de 1977 a 2016 nas safras de águas e seca .....41
- Tabela 3.2 –** Número de experimentos dos ensaios Intermediários e de valor de cultivo e uso (VCU) do grupo comercial preto conduzidos nos locais do estado do Paraná, no período de 1977 a 2016 nas safras de águas e seca .....42
- Tabela 3.3 –** Resumo das análises de variância conjuntas para a variável rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) dos ensaios intermediários e finais dos grupos cores e preto, conduzidos no período de 1977 a 2016 na safra das águas no estado do Paraná.....45
- Tabela 3.4 –** Resumo das análises de variância conjuntas da variável rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) dos ensaios intermediários e finais dos grupos cores e preto, conduzidos no período de 1977 a 2016 na safra das águas e seca no estado do Paraná .....45
- Tabela 3.5 –** Resumo das análises de variância conjuntas da variável rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) dos ensaios intermediários e finais dos grupos cores e preto, conduzidos no período de 1977 a 2016 na safra da seca no estado do Paraná .....45
- Tabela 3.6 –** Rendimento médio de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e número (N) de ensaios intermediários e finais de VCU de feijão do grupo cores conduzidos por ano agrícola, nas safras de águas e seca no estado do Paraná, no período 1977 a 2016 .....46
- Tabela 3.7 –** Rendimento médio de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e número (N) de ensaios intermediários e finais de VCU de feijão do grupo comercial preto conduzidos por ano agrícola, nas safras de águas e seca no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.....47
- Tabela 3.8 –** Estimativas do ganho genético anual (b) em  $\text{Kg.ha}^{-1}$ , seu desvio, nível de significância, número de anos testados e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das equações de regressão geradoras desta estimativa, em função do grupo comercial, do

	tipo de ensaio e a safra em que foram testados no estado do Paraná, no período 1977 a 2016 .....	50
<b>Tabela 4.1 –</b>	Número do biênio, ano agrícola, número de ambientes e genótipos comuns em cada biênio e grau de liberdade do erro obtido na análise de variância conjunta nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão do programa de melhoramento genético do IAPAR, nos anos de 1978 a 2016 no estado do Paraná ao grupo comercial cores.....	65
<b>Tabela 4.2 –</b>	Número do biênio, ano agrícola, número de ambientes e genótipos comuns em cada biênio e grau de liberdade do erro obtido na análise de variância conjunta nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão do programa de melhoramento genético do IAPAR, nos anos de 1978 a 2016 no estado do Paraná ao grupo comercial preto .....	66
<b>Tabela 4.3 –</b>	Resumo da análise de variância conjunta para os dados de rendimento de grãos, em kg ha <sup>-1</sup> , do grupo comercial cores, relativos à média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) da porcentagem relativa aos valores do teste F calculado para os efeitos de genótipos (QMG), de ambientes (QMA) e da interação genótipos por ambientes (QMGxA) para os dois anos que compuseram os 37 biênios no período de 1978 a 2016.....	67
<b>Tabela 4.4 –</b>	Resumo da análise de variância conjunta para os dados de rendimento de grãos, em kg ha <sup>-1</sup> , do grupo comercial preto, relativos à média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) da porcentagem relativa aos valores do teste F calculado para os efeitos de genótipos (QMG), de ambientes (QMA) e da interação genótipos por ambientes (QMGxA) para os dois anos que compuseram os 35 biênios no período de 1978 a 2016.....	68
<b>Tabela 4.5 –</b>	Número de biênios estudados e frequência da significância para os efeitos de genótipos (G), de ambientes (A) e da interação genótipos por ambientes (GxA) sobre o rendimento	

	de grãos de feijão no período de 1978 a 2016 para o grupo comercial cores .....	69
<b>Tabela 4.6 –</b>	Número de biênios estudados e frequência da significância para os efeitos de genótipos (G), de ambientes (A) e da interação genótipos por ambientes (GxA) sobre o rendimento de grãos de feijão no período de 1978 a 2016 para o grupo comercial preto .....	69
<b>Tabela 4.7 –</b>	Frequência, em valor absoluto e em porcentagem, dos biênios com efeitos de anos e genótipos significativos (com P-valor $\leq$ 5%) e frequência da repetibilidade com valor $\geq$ a 75% para os grupos comerciais cores e preto para os parâmetros média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Annchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) e frequência de “a” .....	70
<b>Tabela 4.8 –</b>	Repetibilidade média para os parâmetros de médias, desvio padrão e intervalo de confiança da repetibilidade expressos em porcentagem, para os parâmetros média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Annchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) e frequência de “a” pelo teste de grupamento nos 37 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial cores no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016” .....	76
<b>Tabela 4.9 –</b>	Repetibilidade média para os parâmetros de médias, desvio padrão e intervalo de confiança da repetibilidade expressos em porcentagem, para os parâmetros média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Annchiarico), porcentagem	

da média de rendimento (média (%)) e frequência de “a” pelo teste de grupamento nos 35 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial preto no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016 .....	77
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BGMV	Bean Gold Mosaic Virus
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CNPAF	Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DERAL	Departamento de Economia Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAO	Food Agriculture Organization of the United Nations
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IAPAR	Instituto Agrônomo do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
IPA	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
NBR	Norma Brasileira
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFV	Universidade Federal de Viçosa
VCU	Valor de Cultivo e Uso

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1	FEIJOEIRO .....	20
2.2	PRIORIDADES DOS PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO.....	23
2.2.1	Principais Programas de Melhoramento Genético de Feijoeiro .....	24
2.3	MELHORAMENTO DE FEIJÃO NO IAPAR .....	25
2.4	MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO PROGRESSO GENÉTICO .....	27
2.5	PROGRESSO GENÉTICO.....	28
2.6	ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE.....	32
2.7	REPETIBILIDADE .....	33
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 1: PROGRESSO GENÉTICO DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO NOS ÚLTIMOS 38 ANOS NO ESTADO DO PARANÁ</b> .....	<b>36</b>
3.1	RESUMO .....	36
3.2	ABSTRACT .....	36
3.3	INTRODUÇÃO .....	36
3.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	38
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
3.6	CONCLUSÃO .....	55
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 2: REPETIBILIDADE DOS PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS FEIJOEIRO EM 38 ANOS DE MELHORAMENTO GENÉTICO NO PARANÁ</b> .....	<b>56</b>
4.1	RESUMO .....	56
4.2	ABSTRACT .....	56
4.3	INTRODUÇÃO .....	57
4.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	59
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
4.6	CONCLUSÃO .....	78

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>81</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>93</b>
ANEXO A –	Script Programa SAS – Estimativa de ganho genético pela metodologia de médias ajustadas (LSMEANS) em função dos anos .....	94
ANEXO B –	Resumo da análise de variância conjunta para os dados de rendimento de grãos, em kg ha <sup>-1</sup> , do grupo comercial cores, média (kg ha <sup>-1</sup> ), coeficiente de variação experimental (CV%), quadrado médio genético (QMG%), quadrado médio ambiental (QMA%) e quadrado médio para interação genótipos por ambiente (QMGxA%), expressos em porcentagem para os dois anos que compõe os biênios .....	95
ANEXO C –	P-valor (%) da análise de variância e estimativas de repetibilidade ( $r^2_{yy'}$ (%)) para os parâmetros analisados nos 37 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial cores no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016 .....	97
ANEXO D –	Resumo da análise de variância conjunta para os dados de rendimento de grãos, em kg ha <sup>-1</sup> , do grupo comercial preto, média (kg ha <sup>-1</sup> ), coeficiente de variação experimental (CV%), quadrado médio genético (QMG%), quadrado médio ambiental (QMA%) e quadrado médio para interação genótipos por ambiente (QMGxA%), expressos em porcentagem para os dois anos que compõe os biênios .....	99
ANEXO E –	P-valor (%) da análise de variância e estimativas de repetibilidade ( $r^2_{yy'}$ (%)) para os parâmetros* analisados nos 37 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial preto no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016 .....	101

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) está entre os principais produtos agrícolas brasileiros devido principalmente à sua importância socioeconômica e nutricional. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão, com o Estado do Paraná se destacando como o maior produtor da espécie.

O feijoeiro apresenta grande diversidade genética, e com isto uma ampla adaptação aos ambientes, sendo submetido à diferentes condições de cultivo, desde pequenos produtores, que o cultivam para subsistência, até grandes produtores tecnificados (LIMA et al., 2014). Sendo assim, é provável que o desempenho de um mesmo genótipo tenha comportamento distinto nos diferentes ambientes, ou seja, que haja interação genótipos por ambientes (G x A) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009; PEREIRA et al., 2009a).

O melhoramento genético de feijoeiro foi um dos responsáveis pelo incremento no rendimento de grãos nas últimas décadas, associado ao aprimoramento das tecnologias manejo da cultura, como o plantio direto, rotação de culturas, adubação, arquitetura da planta, etc. Mais recentemente os programas de melhoramento tem dado ênfase à resistência às doenças.

No melhoramento, os ambientes em que os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) são conduzidos devem representar as condições que as novas cultivares enfrentarão no futuro (GAUCH; ZOBEL, 1988). Segundo Jarquín et al. (2016) os ensaios dos programas de melhoramento realizados em multi-locais repetidos ao longo de vários anos são limitados e uma prática comum é fundir ambientes e anos em um único fator.

O ganho genético ou progresso genético é definido como sendo a diferença entre a média da população onde se fez a seleção e a média dos descendentes dos indivíduos selecionados. Estimativas do progresso genético são de fundamental importância (BARBOSA NETO et al., 2000), pois gerando cultivares melhoradas estáveis e com maior potencial de produção, pode-se esperar maiores produtividades e lucros aferidos pelo produtor. Os progressos obtidos em programas de melhoramento genético devem ser avaliados frequentemente, com o objetivo de orientar futuras ações da pesquisa, verificando a continuidade das metodologias de seleção adotadas pelos programas (CHIORATO et al., 2010).

Diversos autores estimaram o progresso genético na cultura do feijão.

Barili et al., (2016a) verificaram o progresso genético resultante de 43 anos de melhoramento genético em cultivares do grupo carioca em diferentes programas de melhoramento no Brasil. Faria et al. (2014) e Faria et al. (2013) verificaram o progresso genético alcançado pelas cultivares do tipo preto e carioca no programa de melhoramento da Embrapa em todo o território nacional. No Estado de Minas Gerais estudos foram feitos por Abreu et al. (1994) e Matos et al. (2007), em Santa Catarina, por Elias et al. (1999), Bertoldo et al. (2009), Bertoldo et al. (2013) e Bertoldo et al. (2014), no Rio Grande do Sul, por Antunes (2000) e Ribeiro et al. (2003), em São Paulo, por Chiorato et al. (2010) e, no estado do Paraná, foi estimado por Fonseca Júnior (1997).

Além das estimativas do progresso genético, os estudos de adaptabilidade e estabilidade também são de fundamental importância aos programas de melhoramento, bem como o conhecimento da consistência dos métodos de avaliação das cultivares, medidas pela repetibilidade das estimativas avaliadas por eles. Estudos de estimativas da repetibilidade da adaptabilidade e estabilidade para a cultura do feijoeiro são escassos, e deve-se colocar mais ênfase a respeito destes parâmetros (BERTOLDO et al., 2009; PEREIRA et al., 2009b; LIMA et al., 2014).

Para a obtenção de estimativas de repetibilidade é necessário que os genótipos sejam avaliados em um grande número de ambientes (BRUZI, 2007). Lima et al. (2013) verificando a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em dados de produtividade de feijoeiro utilizando quatro biênios, obtiveram estimativas de repetibilidade dos parâmetros para a produção de grãos relativamente altas, enquanto que para ecovalência, coeficiente de determinação e coeficiente de regressão as estimativas foram nulas ou de pequena magnitude.

O presente trabalho teve como objetivo geral estimar o progresso genético de feijoeiro com enfoque para o rendimento de grãos no Estado do Paraná, e também aferir a repetibilidade das estimativas da adaptabilidade e de estabilidade no programa de melhoramento genético do feijoeiro no período de 1977 a 2016 utilizando os ensaios de competição de linhagens e cultivares, dos grupos comerciais cores e preto, dos ensaios do Programa de Melhoramento Genético do Instituto Agronômico do Paraná.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FEIJOEIRO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta herbácea, pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, gênero *Phaseolus* (VIEIRA; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2006). O gênero *Phaseolus* tem origem evolutivas nas Américas (GEPTS; DEBOUCK, 1991). Segundo Rendón-Anaya et al. (2017), foram descritas de 70 a 80 espécies dentro do gênero *Phaseolus*, mas somente cinco foram domesticadas e cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman.

A domesticação do feijoeiro ocorreu há aproximadamente 8000 anos em dois centros de origem, na Mesoamérica (México e América Central), e na região dos Andes (América Central, sul do Peru e Bolívia) (GEPTS, P. 1988; RENDÓN-ANAYA et al., 2017). A espécie *Phaseolus vulgaris*, feijoeiro comum, tem maior notoriedade por ser a espécie mais antiga cultivada e também a mais cultivado em todos os continentes (SANTOS; GAVILANES, 2011).

O feijão é a leguminosa mais importante para o consumo direto no mundo (FAO, 2016), sendo um dos principais legumes consumidos e amplamente cultivado (OVANDO; MARTINEZ et al., 2011) devido principalmente à sua importância socioeconômica e nutricional, por ser fonte de proteína e carboidratos, além de conter vitaminas, fibras, minerais e compostos fenólicos.

O grão de feijão fornece uma quantidade significativa de nutriente, 100 gramas de feijão in natura é composto por: 329 kcal de energia; 20,0 g de proteína; 1,3 g de lipídeos; 61,2 g de carboidratos; 18,4 g de fibra alimentar; 123 g de cálcio, 210 g de magnésio; 1,02 g de manganês; 385 mg de fósforo; 8,0 g de ferro; 1325 mg de potássio; 0,79 mg de cobre e 2,9 mg de zinco, além de 0,2 g de ácidos graxos saturado; 0,1 g de monoinsaturados e 0,9 g de poli-insaturados (NEPA, 2011). Juntamente com o arroz, o feijão é um componente importante na dieta da população brasileira, principalmente no combate à fome e à desnutrição (MAPA, 2015; EMBRAPA, 2016).

Os principais países produtores de feijão são: Myanmar, Índia, Brasil, Estados Unidos, México e Tanzânia. O Brasil atualmente é o terceiro maior

produtor mundial de feijão, com produção média de grãos de 3,5 milhões de toneladas ao ano, que corresponde com 12% da produção mundial (FAO, 2016). Os países produtores também são os grandes consumidores de feijão, uma das razões para o comércio internacional ser restrito, outra característica impactante para o mercado internacional é a ampla variabilidade dos tipos de feijão consumidos por cada um dos países produtores (CONAB, 2015).

No Brasil são cultivados os tipos Azuki, Branco, Bolinha, Canário, Carioca, Fradinho, Jalo, Jalo Roxo, Moyashi, Mulatinho, Preto, Rajado, Rosinha, Roxinha, Verde, Vermelho (DERAL, 2017). Os tipos de feijão são classificados por grupos: o grupo do tipo cores é caracterizado por genótipos com grãos coloridos, é o grupo de engloba a maior parte dos tipos de grãos de feijão cultivados no Brasil; o grupo branco caracterizado por genótipos com grãos de cor branca; e grupo preto com genótipos de pigmentação de cor preta (MAPA, 2002).

A recomendação pelo IAC, em 1971 da cultivar Carioca foi um marco no melhoramento de feijão brasileiro. Segundo Almeida et al. (1971) um agricultor da região de Palmital, estado de São Paulo, notou que uma planta produzia grãos de cor creme com rajas marrons, característica diferente dos grãos que eram cultivados na época. Uma amostra foi encaminhada para o IAC, que realizou algumas avaliações em que demonstrou seu potencial produtivo.

Segundo Ramalho et al. (2001) a receptividade dos produtores a esta nova cultivar foi lenta, mas após o ano de 1975 a cultivar Carioca foi disseminada por todo o território nacional em que havia preferência por feijão com grãos do tipo cores. A cultivar Carioca foi a mais cultivada e também foi utilizada em todos os programas de melhoramento genético do Brasil e de outros países produtores de feijão comum (MATOS, 2005).

O feijão carioca é o mais consumido em todo o território nacional representando 63% da área produtora de feijão (MAPA, 2016), e aproximadamente 79% do consumo (CARNEIRO et al., 2012; SOUZA et al., 2013;). O feijão preto tem seu consumo mais restrito ao Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo, sendo a região Sul do Brasil responsável por 94% de sua produção (CONAB, 2018).

Devido heterogeneidade na preferência do tipo de grãos de cada região em que o feijão é cultivado no Brasil, a escolha do padrão comercial é de extrema importância no melhoramento genético (VIEIRA et al., 2005). Segundo

levantamento de dados da CONAB (2017) o consumo de feijão no Brasil tem variado entre 3,3 a 3,6 milhões de toneladas entre os anos de 2010 a 2015. A área total de cultivo do feijão no Brasil na safra de 2016/2017 atingiu 3.18 milhões de hectares, com produção de 3.99,5 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2017).

O Estado do Paraná se destaca na produção de feijão como principal produtor (MODA CIRINO et al., 2012), com área cultivada na safra de 2016/2017 de 447,5 mil hectares e com produção de 710,5 mil toneladas de grãos, sendo 55,2% da área cultivada com o grupo comercial cores. (CONAB, 2018).

Segundo o DERAL (2016) a produção de feijão no estado do Paraná concentra-se em 16 municípios: Prudentópolis, Irati, Castro, Tibagi, Cândido de Abreu, Reserva, Ivaí, Vitorino, Pato Branco, Bom Sucesso do Sul, Palmeira, Cruz Machado, Itapejara d'Oeste, Renascença, Lapa e Campo Largo, que representam 10% do total produzido no território nacional.

O cultivo do feijão é realizado em três safras anuais, sendo “águas” que é a primeira safra, com plantio realizado entre os meses de agosto a novembro; safra da “seca” com plantio realizado entre fevereiro e março, que é considerada a segunda safra e a safra de outono/inverno nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, com plantio realizado de abril a junho, sendo a terceira safra. (CONAB, 2016; ARAÚJO; CAMELO, 2015).

A safra do inverno é a safra que menos riscos climáticos oferece aos produtores da cultura do feijão, por se tratar de uma safra com uso de irrigação por aspersores ou pivô central, realizada majoritariamente por grandes produtores tecnificados. Para a safra das águas a grande ameaça é a possibilidade de coincidência de chuvas no período da colheita e na safra seca a limitação é a escassez de chuvas (WANDER, 2007; WANDER; SILVA, 2013)

O cultivo da cultura do feijão é realizado desde pequenos a grandes produtores, com o uso de diferentes sistemas de produção em praticamente todo território nacional, sendo submetido à uma grande diversidade climática (EMBRAPA, 2016; BARILI, 2015). Nas grandes propriedades onde há o uso de alta tecnologia obtém-se médias de produtividade que podem ultrapassar 3.000 Kg ha<sup>-1</sup> (BORÉM et al., 2015). Grande parte dos produtores de feijão são pequenos e médios produtores que não fazem uso de altas tecnologias, normalmente não utilizam sementes certificadas e deixam a desejar quanto ao manejo adequado da cultura, acarretando

em uma baixa produtividade de grãos. A média da produtividade nacional de feijão gira em torno de 1.050 Kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016).

Wander e Silva (2013) relatam que o rendimento médio do feijão de cores obtido por grandes produtores paranaenses é de 1.818 Kg ha<sup>-1</sup>; os médios produtores apresentam rendimento médio de 1.542 Kg ha<sup>-1</sup> e os pequenos produtores colhem 19,580 mil toneladas, em 20,792 mil hectares com rendimento médio de 942 Kg ha<sup>-1</sup>.

## 2.2 PRIORIDADES DOS PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO

Os programas de melhoramento genético têm como objetivo atender a demanda dos consumidores e produtores, incrementando a produção, qualidade tecnológica, nutricional e culinária de novas variedades comerciais (BERTOLDO et al., 2014). Segundo Carmo et al. (2007) o foco principal dos programas de melhoramento de feijão é a obtenção de novas cultivares com elevado potencial produtivo e alta estabilidade e adaptabilidade fenotípica.

Zimmermann et al. (1996), na década de 80 a cultura do feijão teve sua ascensão devido ao aporte dos programas de melhoramento genético, que impulsionaram o desenvolvimento de tecnologias adaptadas aos diferentes sistemas de produção a que o feijoeiro é submetido no território nacional, com destaque para as cultivares de elevado potencial produtivo.

De acordo com Tsutsumi et al. (2015) os programas de melhoramento genético de feijoeiro priorizam características como a resistência a doenças, precocidade, adaptação à colheita mecânica, a fixação biológica do nitrogênio (FBN), tolerância a seca e também características culinárias como qualidade nutricional e o tempo de cozimento dos grãos.

Carneiro et al. (2015) relatam que entre os anos de 1985 e 2011 o feijoeiro teve um incremento de mais de 73% na produtividade de grãos impulsionada por mudanças nas práticas culturais e adoção de cultivares oriundas de programas de melhoramento genético.

Além da ênfase à produtividade, os programas de melhoramento genético brasileiros priorizam a obtenção de linhagens mais resistentes às doenças principalmente devido aos vírus, principalmente as doenças fúngicas como a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a mancha angular (*Phaeoisariopsis*

*griseola*) (RAMALHO, 2016). A identificação de cultivares resistentes à doenças do feijoeiro como: mosaico-dourado (BGMV), crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas Campestris* pv.), a ferrugem (*Uromceys appendiculatus*), o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary) e a murcha de fusário (*Fusarium oxysporum*) têm grande relevância nos programas de melhoramento genético (PAULA JR et al., 2015).

A obtenção de cultivares precoces, com ciclo de 80 a 90 dias também tem ênfase nos programas de melhoramento (BERTOLDO et al. 2012). A adaptação a colheita mecânica com plantas de porte ereto é outro requisito que os programas de melhoramento visam em uma cultivar (MELO et al., 2007; SOUZA et al., 2010). A arquitetura ereta das plantas além de possibilitar a colheita mecânica também facilita os tratos culturais e ajuda a restringir a incidência de patógenos (PIRES et al, 2014).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é foco de alguns programas de melhoramento que visam identificar genótipos que apresentem correlação positiva com as bactérias fixadoras de nitrogênio (TSUTSUNI et al. 2015). Os programas de melhoramento atuais não se detêm somente ao incremento de características agronômicas como aumento na produtividade e resistência a doenças, mas sim ao conjunto de várias características como qualidades nutricionais, culinárias e tecnológicas motivando cada vez mais o cultivo do feijão (PERINA et al., 2010; RIBEIRO, 2010).

### 2.2.1 Principais Programas de Melhoramento Genético de Feijoeiro

Os principais programas de melhoramento de feijão (grãos secos e não tipo vagem) do Brasil são: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Embrapa Arroz e Feijão, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Embrapa Clima Temperado, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) (VIEIRA et al., 2005) e no setor privado FT Pesquisa e Sementes, AGROPECUÁRIA TERRA ALTA S/S LTDA e AGRO NORTE PESQUISA E SEMENTES LTDA (MAPA, 2016).

Segundo o MAPA (2016) há 325 registros de cultivares na espécie *Phaseolus vulgaris*, sendo que 62% destas cultivares foram desenvolvidas e registradas por institutos de pesquisa. A maior detentora de registros, com 82 cultivares é a Embrapa, seguida do IAPAR com 35 registros e do IAC com 27.

Com o desenvolvimento de cultivares melhoradas geneticamente por instituições de pesquisa como Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), EMBRAPA, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), entre outros, tornou-se possível produzir feijão em todos os meses do ano e com ganhos significativos em produtividade (ABREU et al., 1994; RAMALHO, 2001; POMPEU, 2012).

O programa de melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão tem como principal objetivo a obtenção de cultivares com grãos do tipo preto, cores e jalo com características agronômicas que abrangem vários setores da cadeia produtiva do feijoeiro como potencial produtivo, precocidade, retardamento do escurecimento do grão, arquitetura da planta, adaptação à colheita mecânica, tolerância a estresses, resistência a doenças principalmente antracnose, murcha de fusário, crestamento bacteriano comum, ferrugem, mancha angular, murcha de *Curtobacterium* e vírus do mosaico dourado incluindo também qualidade, forma, cor e aspectos nutricionais dos grãos (EMBRAPA, 2016).

No IAC o foco da pesquisa do programa de melhoramento genético de feijão vai além de cultivares do grão carioca mais produtivas e com qualidades tecnológicas agronômicas de interesse comercial como resistência genética ao patógeno de doenças como antracnose e mancha angular, resistência ao escurecimento de grãos, cor e formato do grão entre outras, o programa também visa o desenvolvimento de cultivares de grãos do tipo cores (feijão branco, vermelho e rajado) e o tipo preto (IAC, 2016).

Quando o programa de melhoramento do feijoeiro na UFLA teve início o foco de pesquisa era em feijões do tipo cores (Roxo, Rosinha, Pardo e Pintado), mas com o lançamento do tipo Carioca este tipo passou a ser o foco do programa, principalmente buscando incrementos na produtividade de grãos e materiais resistentes aos patógenos como o vírus do mosaico comum (MATOS et al., 2007).

## 2.3 MELHORAMENTO DE FEIJÃO NO IAPAR

O programa de melhoramento de feijão do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) teve início em 1973, com a introdução de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), da Universidade de Nebraska e de coletas realizadas nas áreas produtoras do Paraná (VIEIRA, 1988). O banco de germoplasma de feijão conta com 7.480 acessos segundo Moda-Cirilo et al. (2012).

No IAPAR o foco da pesquisa é a obtenção de cultivares que atendam a demanda do mercado com o incremento de rendimento, ampla adaptabilidade e estabilidade de produção, precocidade e alta qualidade nutricional e tecnológica, como diminuição do tempo de cocção. (MODA CIRINO et al., 2012).

O IAPAR tem registradas 35 cultivares de feijão desde o início de sua criação. Entre elas: IAPAR 14 (1998), IAPAR 16 (1998), IAPAR 20 (1998), IAPAR 31 (1998), IAPAR 44 (1998), IAPAR 57 (1998), IAPAR 65 (1998), IAPAR 72 (1998) IAPAR 8 (1998), IAPAR 80 (1998), IAPAR 81 (1998), IPR Uirapuru (2000), IPR Juriti (2002), IPR Graúna (2002), IPR Chopim (2004), IPR Colibri (2004), IPR Tiziu (2007), IPR Gralha (2007), IPR Eldorado (2007), IPR Siriri (2007), IPR Garça (2008), IPR Tangará (2008), IPR 139 (2009), IPR Corujinha (2009), IPR Tuiuiú (2010), IPR Campos Gerais (2011), IPR Curió (2013), IPR Andorinha (2013), IPR Maracanã (2013), IPR Bem-te-vi (2014), IPR Quero-quero (2014), IPR Nhambu (2014) e IPR Celeiro (2016) (MODA-CIRILO et al., 2012, MAPA, 2016).

Segundo Moda Cirino et al. (2012) a cultivar do tipo carioca IAPAR 81 foi a primeira a ultrapassar os rendimentos obtidos pelo cultivar Carioca, permanecendo em uso nas lavouras dos produtores rurais nos dias atuais. No grupo de feijão do tipo preto o destaque é para a cultivar IPR Uirapuru, sendo a mais cultivada em todo o território nacional tolerante à seca e altas temperaturas, constituindo-se em padrão de qualidade culinária.

Outro destaque no grupo do tipo preto fica com a cultivar IPR Tiziu com altos rendimentos de grãos, ampla adaptabilidade e a cultivar IPR Gralha que possui alta resistência a ferrugem, oídio e mosaico comum, destacando-se pela rusticidade. (IAPAR, 2010). No grupo de feijões do tipo carioca ainda se destacam as cultivares IPR Eldorado que apresenta alta resistência ao vírus do mosaico

dourado do feijoeiro, a cultivar IPR 139 expressa alta produtividade além de possui resistência ao mosaico comum e a ferrugem e a cultivar IPR Tangará com alta qualidade de grãos e estabilidade produtiva (IAPAR, 2010).

#### 2.4 MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO PROGRESSO GENÉTICO

Diferentes metodologias são empregadas para estimar o progresso genético em programas de melhoramento, pode-se usar as metodologias direta e indireta. A direta consiste em comparar cultivares primitivas com as cultivares novas ou recentemente recomendadas em avaliações conduzidas no mesmo ano e ambientes (POMPEU, 1993, FARIA et al., 2013, FARIA et al., 2014). Segundo Mattos et al. (2007), as estimativas do método direto ficam restritas a uma ou poucas condições ambientais e algumas características fenotípicas, o que restringe a abrangência e a representatividade dos resultados. Para Fonseca Júnior (1997), o fator limitante desta metodologia é o efeito do ano e sua interação, que pode dissimular a efetiva contribuição dos genótipos, devendo ser utilizado mais de um ano agrícola afim de assegurar a representatividade da estimação do progresso genético.

Os métodos indiretos para a obtenção do progresso genético utilizam análises de experimentos já realizados por programas de melhoramento, os ensaios de competição de cultivares e linhagens em função do período de pesquisa em que se deseja determinar o progresso genético, avaliando-se a eficiência em função da superioridade genética dos genótipos que participaram de um ano em relação ao anterior (FONSECA JUNIOR et al., 1997; ABREU et al., 1994; CHIORATO et al., 2010).

Os métodos indiretos tiveram como pioneiros Vencovsky et al. (1986), que propuseram um modelo utilizando resultados dos ensaios da rede nacional de avaliação de cultivares de milho conduzidos em vários anos e locais no Brasil. O modelo proposto considera a realidade destes ensaios, em que há genótipos sendo mantidos e/ou substituídos por novos genótipos, estimando o ganho genético para diferença entre as médias de produtividade dos genótipos comuns a cada biénio, subtraindo-se então o efeito do ano, que é estimado pelo contraste das médias em relação aos dois anos subsequentes. Fernandes (1998) propôs uma modificação no método de estimação do progresso genético de Vencovsky et al. (1986) utilizando o

método dos quadrados mínimos ponderados (QMP) para estimar o desvio ambiental médio anual por local considerando os genótipos que não são comuns.

A metodologia proposta por Morais e Abbud (1993) implementada por Breseguello (1998) diferencia-se da metodologia proposta por Fernandes (1988) na forma de compor a matriz de ponderação dos coeficientes de variância e covariância baseado no número de observações da média. O método proposto por Breseguello (1998) utiliza estimativas ponderadas do ganho genético médio de cada ano, minimizando a interação sofrida entre genótipos e anos e entre genótipos e experimentos no ano.

Fernandes e Frazon (1997) modificaram o modelo proposto por Vencovsky et al. (1986) utilizando a discrepância entre os genótipos não comuns de um ano para outro e concebendo que os efeitos ambientais devem ser considerados na estimação do progresso genético.

O método proposto por Abreu et al. (1994) estabelece duas equações de regressão linear, utilizando um genótipo como referência, que é caracterizado como cultivar padrão e reflete as médias originais anuais e a outra equação para os demais genótipos em função dos anos de experimentação.

Fonseca Júnior (1997) propôs a metodologia baseada no método de regressão das médias ajustadas (modelos mistos) dos novos genótipos e da testemunha em função dos anos, após a obtenção das médias ajustadas é aplicado o método da regressão linear para então estimar o ganho genético médio anual.

Segundo Chiorato et al. (2010), os métodos indiretos são fundamentados em ensaios multi-locais de competição de cultivares e linhagens e usam como referência cultivares testemunhas comuns em todos os locais e períodos. Ainda segundo os autores, a cultivar usada como controle deve refletir os atributos agronômicos de interesse ao mercado, principalmente quando a avaliação do progresso genético for com a variável rendimento de grãos.

## 2.5 PROGRESSO GENÉTICO

Nos programas de melhoramento genético a estimativa do progresso genético é um fator fundamental para a tomada de decisões, manutenção e implementação das metodologias empregadas de seleção dos novos genótipos (CHIORATTO, 2010). Para Costa et al. (2004) o processo seletivo é dificultado pela

complexidade dos caracteres de expressividade econômica, em sua maioria altamente influenciados pelo ambiente.

Em relação a quantificação do progresso genético é necessário estimar os efeitos de ambiente, considerando que a melhoria do ambiente é parte do ganho total (FERNANDES; FRANZON, 1997). Segundo Ramalho et al. (2012) o progresso genético obtido na produtividade de grãos e no incremento da qualidade nutricional e tecnológica do feijão é diretamente concedido pelos avanços no melhoramento genético.

Para Silva e Vieira (2010), o progresso genético direcionado em qualquer espécie está associado à existência de variabilidade genética, à seleção natural e/ou artificial e ao ajuste dos genótipos aos ambientes existentes. Comprovada a presença da variabilidade genética, a seleção assume importância no progresso genético (REIS et al., 2004).

A variabilidade é um dos princípios da vida (BORÉM, 1997) e segundo Valois et al. (2001), a fonte básica da variabilidade genética disponível ao melhoramento de plantas cultivadas relaciona-se, em princípio, a cultivares primitivas ou avançadas e aos ancestrais selvagens de espécies comerciais.

Cruz (2005) destaca que a diversidade genética das espécies é uma importante forma de manter a capacidade natural de responder às mudanças climáticas e a todos os tipos de estresses bióticos e abióticos.

O feijoeiro apresenta diversidade genética, e com isto uma ampla adaptação ambiental, sendo cultivado por todo o território nacional. Rodrigues et al. (2002) e Tsuyumi et al. (2015) relatam que a variabilidade genética no Brasil não é encontrada somente nos bancos de germoplasma, mas também na pesquisa empírica de produtores rurais que selecionam as plantas melhores adaptadas às suas condições edafoclimáticas e socioeconômicas.

Veloso et al. (2015) ao examinarem o nível molecular a divergência genética entre 16 genótipos elites de diferentes instituições obtentoras, testados em conjunto no ensaio da rede cooperativa Sul Brasileira de feijão, detectaram dois grandes grupos genéticos, mas com grande variabilidade entre os indivíduos de cada genótipo, indicando variabilidade genética dentro de cada genótipo, o que possibilita seleção efetiva.

Segundo Silva et al. (2013) a diversidade de condições ambientais em que o feijoeiro é cultivado requer que os ensaios de Valor Cultivo e Uso (VCU)

sejam conduzidos em rede, em vários ambientes, para que se tenha uma boa estimativa da interação entre genótipos e ambientes (G x A), o que permite que se estime a adaptabilidade e estabilidade de genótipos elites, propiciando maior segurança na indicação de novos cultivares.

Cruz e Regazzi (2001) relatam que os progressos genéticos se referem às alterações observadas nas características de interesse, durante um ciclo de seleção, com a recombinação e multiplicação das unidades selecionadas. Predominantemente as estimativas de progresso são restritas a uma ou poucas condições ambientais e algumas características fenotípicas (TSUYSUMI et al., 2015). Lima et al. (2013) descrevem que o termo " ambiente " inclui as condições de cultivo, e isso envolve locais de semeadura, estações dos anos, e as práticas de manejo, entre outros, ou mesmo uma combinação desses fatores.

O monitoramento do progresso obtido com a seleção se faz necessário para orientar o melhorista sobre a eficiência dos métodos de seleção empregados nas populações sob seleção (SOARES et al., 2005; CHIORATO et al., 2010; SILVA et al., 2012; FARIA et al., 2014). E estimar o progresso genético em um programa de melhoramento significa verificar a contribuição efetiva do melhoramento genético, na elevação da média dos genótipos selecionados em um ano e testados no ano seguinte (BORGES et al., 2009).

Selecionar progênies superiores não é tarefa fácil, uma vez que os caracteres de importância, em sua maioria quantitativos, apresentam comportamento complexo, por serem influenciados pelo ambiente e estarem inter-relacionados, de tal forma que a seleção de um provoca uma série de mudanças em outros (CRUZ; REGAZZI, 2001). Para Moda Cirino et al. (2012) é importante que seja avaliada além da produtividade de grãos, a arquitetura de plantas e a qualidade tecnológica.

Estimativas do progresso genético são apresentadas por diversos autores, utilizando diferentes metodologias em culturas importantes no cenário agrícola brasileiro. Para a cultura da soja no estado do Paraná, Toledo et al. (1990) estimaram o ganho anual para a característica produção de grãos no período de 1981 a 1986 na ordem de 1,3 a 1,8%.

Soares et al. (1994) estimando o progresso genético de arroz irrigado em 10 anos de melhoramento da EPAMIG estimaram um incremento na produtividade de grãos na ordem de 2% ao ano. Soares et al. (1999), verificando o progresso genético em 20 anos entre grupos de maturação de arroz em diferentes

ambientes de produção obteve estimativas de 1% e 3%, respectivamente, para o progresso em grupos precoce e tardio. Atroch e Nunes (2000) estimaram o progresso genético em arroz de várzea úmida em 2,45% ao ano no Amapá.

Souza et al (2007) contabilizaram o progresso na produtividade de grãos na cultura do arroz durante o período de 50 anos estimando um ganho de 27,6 kg ha<sup>-1</sup>, cerca de 2% ao ano. DoVale et al. (2012) analisando a contribuição genética da produtividade de arroz irrigado em Minas Gerais em 12 anos, estimaram que o progresso foi da ordem de 1,99% ao ano para a variável produtividade de grãos.

No caso do feijoeiro, no Brasil, entre os caracteres mais importantes para a aceitação de uma nova cultivar pelos agricultores estão a produtividade e o tipo de grãos e a arquitetura das plantas (MENEZES JUNIOR et al., 2008). Coimbra et al. (1999) relatam a dificuldade em alcançar progresso genético acerca da produtividade de grãos devido principalmente a este ser um caráter quantitativo de difícil seleção no início do processo de melhoramento.

Abreu et al. (1994) estimaram o progresso genético em 20 anos do programa de melhoramento de feijão no estado de Minas Gerais auferindo um progresso de 2% ao ano na produtividade do feijoeiro comum. Vencovsky e Ramalho (2006) em feijão durante o período de 1974 a 2004, estimaram um ganho 2,74% ao ano, equivalendo a 9,89 kg ha<sup>-1</sup>/ano de acréscimo na produtividade de grãos.

Fonseca Junior (1997) avaliando o progresso genético de 18 anos do programa de melhoramento genético de feijoeiro do IAPAR obteve estimativas de 1,42% ao ano para o grupo comercial cores e 1,64% ao ano para o grupo comercial preto. Segundo Chiorato et al. (2010), o progresso genético obtido com a cultura do feijoeiro no Brasil, com a pesquisa desenvolvida pelos principais institutos de pesquisa, em média, gira em torno de 0,6% a 1,90% ao ano, representando ganhos absolutos em torno de 14 a 30 kg ha<sup>-1</sup> ao ano.

Faria et al. (2013) verificando o progresso genético do feijoeiro do tipo carioca, durante 21 anos do programa de melhoramento genético do feijoeiro da Embrapa, apresentaram progresso genético significativo em termos produção de grãos (0,72% ao ano), arquitetura de planta (2% ao ano), resistência ao acamamento (2% por ano), e na qualidade de grãos (2,4% ao ano).

Avaliando o progresso genético do grupo comercial preto em 22 anos do programa de melhoramento genético de feijoeiro da Embrapa, Faria et al.

(2014) auferiram ganhos de 1,1% ao ano para o rendimento de grãos, 1,7% ao ano para tolerância ao acamamento e 0,65% ao ano para o peso de 100 sementes.

Buscando identificar a interação genótipos por ambientes em cultivares de feijão do grupo carioca nos últimos 40 anos, Barili et al. (2015) verificaram que nos últimos 15 anos os programas de melhoramento genético de feijão no Brasil recomendaram cultivares que apresentam alta estabilidade e adaptabilidade juntamente com elevado potencial produtivo.

Barili et al. (2016a) estudando a metodologia de estimação do progresso genético pelo modelo de regressão linear bi-segmentada aplicada sobre os programas de melhoramento de feijão no Brasil para a variável produção de grãos estimaram um ganho de 0,0% no período de 1970 a 1990 e de 6,74% ao ano de 1990 a 2013.

Avaliando 50 anos de pesquisa no melhoramento genético de feijão do tipo preto no Brasil, Barili et al. (2016b) verificaram ganhos de 2,42% ao ano para o rendimento de grãos; 2,6% ao ano para aparência dos grãos; 2,24% ao ano para arquitetura da planta; 1,42% ao ano para o número de vagens por planta ; 1,85% ao ano para o numero de sementes por vagem; e 1,35% ao ano para o peso de 1000 sementes.

Faria et al. (2017), verificando o ganho genético para o rendimento de grãos de feijão do grupo comercial preto em 15 anos do programa de melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão pelo método de estimativa indireto obtiveram ganhos de 1,2 % ao ano.

## 2.6 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

A interação entre genótipos e ambientes é um fator de suma importância para o rendimento de grãos. O efeito da interação G x A com objetivo de mensurar a adaptabilidade e estabilidade é obtido através de diferentes metodologias, que se baseiam em diferentes princípios (PEREIRA, 2009a; SILVA et al., 2013; BARILI et al. 2015).

A adaptabilidade é a capacidade que os genótipos possuem em responder vantajosamente à melhoria do ambiente e a estabilidade, a capacidade de os genótipos apresentarem comportamento previsível em função das variações ambientais (MARIOTTI, et al., 1999). A estabilidade é também definida como a

previsibilidade de adaptação de um genótipo frente às variações ambientais (VERMA et al., 1978).

A metodologia de estimação proposta por Eberhart e Russel (1966) é baseada na análise de regressão linear utilizando dados não transformados retratando o índice ambiental como à diferença entre a média de todos os cultivares em cada local e a média geral. A análise da estabilidade é realizada pelos desvios da regressão linear, considerando o genótipo em estudo como estável quando o desvio é pequeno.

Segundo Tavares et al. (2017) o método de Eberhart e Russel (1966) tem fácil aplicabilidade e utilização, sendo um dos mais utilizados nos estudos do melhoramento genético de feijoeiro para as análises de estabilidade e adaptabilidade para a recomendação e lançamento de novas cultivares.

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988), considera a estatística não paramétrica para realiza as estimativas da adaptabilidade e estabilidade do genótipo em uma variedade de ambientes (DOMINGUES et al., 2013). O índice de superioridade ( $P_i$ ) é calculado utilizando o genótipo com maior rendimento em cada ambiente em estudo como ponto de referência. Os genótipos com maior diferença de rendimento em relação ao genótipo ideal são atribuídos os maiores valores de  $P_i$  (LIN; BINNS, 1988).

Pelo método proposto por Annicchiarico (1992) a adaptabilidade e estabilidade é auferida pelo índice de confiança, ou seja, na capacidade de um genótipo apresentar comportamento relativamente superior quando comparado aos demais (CRUZ; CARNEIRO, 2003). O método possibilita também o cálculo para os ambientes favoráveis e desfavoráveis (PEREIRA, et al, 2013).

A metodologia de estimação da adaptabilidade e estabilidade proposta por Wricke (1965) estima a ecovalência ( $\omega_i$ ) utilizando a decomposição da soma de quadrados da interação G x A em todos os ambientes em que foi avaliado (ELIAS, et al., 2005), estimando a contribuição de cada genótipo para a interação (LIMA et al., 2013). Segundo Rocha et al. (2006) é um método de prático e de fácil aplicação indicado preferencialmente nas fases finais do programa de melhoramento genético.

## 2.7 REPETIBILIDADE DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

O feijão é submetido à diferentes condições de cultivo, desde pequenos produtores que o cultivam para subsistência até grandes produtores tecnificados, sendo assim é provável que o desempenho de um mesmo genótipo tenha comportamento distinto nos diferentes ambientes, ou seja, que haja interação genótipos por ambientes (G x A) (CARNELUTTI FILHO et al., 2009; PEREIRA et al., 2015).

Os ambientes em que os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) são conduzidos devem representar as condições que as novas cultivares enfrentarão no futuro (GAUCH; ZOBEL, 1988). O sucesso de um programa de melhoramento genético depende da seleção de genótipos que tenham alta adaptabilidade e estabilidade, mas também repetibilidade em expressar suas características em diferentes condições ambientais (MALOSETTI et al., 2013).

Diversos trabalhos estudando a interação genótipos por ambientes têm sido realizados por todo o território nacional para a cultura do feijoeiro (PEREIRA et al., 2009b; ROSSETO et al., 2010; SILVA et al., 2013; DOMINGUES et al., 2013; TORGA et al., 2013; PEREIRA et al., 2013; BERTOLDO et al., 2014; BARILI et al., 2015). Porém, segundo Gauch; Zobel (1988) é imprescindível verificar se além de estável seu desempenho é herdável e irá se expressar nas condições ambientais a que os agricultores irão submetê-lo.

Segundo Jarquín et al. (2016) os ensaios dos programas de melhoramento são realizados em multi-locais repetidos ao longo de vários anos são limitados e uma prática comum é fundir ambientes e anos em um único fator.

Para estimar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, há métodos que subdividem as repetições de um mesmo ambiente em dois grupos, um grupo formado apenas pela primeira e segunda repetição e um segundo composto pela terceira e quarta repetição (SOARES; RAMALHO, 1993). A principal limitação desta metodologia é que as repetições sofrem a influência do ambiente em que foram testadas, podendo superestimar a repetibilidade dos parâmetros de estabilidade em função de razões ambientais e não genéticas (LIMA et al., 2013).

Outra metodologia utiliza genótipos e ambientes comuns em dois anos consecutivos, obtendo-se os parâmetros de estabilidade por ano. De posse

desses parâmetros estimados em cada ano, efetua-se a análise de variância, em blocos ao acaso, verificando-se o efeito de anos (blocos), genótipos e a repetibilidade dos diferentes parâmetros de estabilidade considerados (LIMA et al., 2013).

Pode-se utilizar a análise de estabilidade pela metodologia de Eberhart e Russel (1966), que é baseada em regressão linear obtida estimando os parâmetros de média, coeficiente de regressão e coeficiente de determinação. a metodologia de Wricke et al. (1965) baseada em análise de variância estimando o parâmetro de ecovalência (W) e também a metodologia proposta por Lin e Binns (1988) baseada em análise não paramétrica estimando-se a distância de cada genótipo em relação ao genótipo considerado ideal (Pi).

Bruzi et al. (2007), verificando populações de feijão comum com diferentes estruturas genéticas, estimaram repetibilidade da ecovalência variando de  $\pm 0,43$  a 0,80, o parâmetro média a estimativa da repetibilidade variou de 0,21 a 0,91 e os resultados de ecovalência pela metodologia de Wricke (1965). Lima et al. (2013) verificando a repetibilidade para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtiveram estimativas de repetibilidade para produção de grãos na maior parte dos biênios relativamente altas, enquanto que para ecovalência, coeficiente de determinação e coeficiente de regressão as estimativas foram nulas ou de pequena magnitude.

Estudos de estimativas da adaptabilidade e estabilidade para a cultura do feijoeiro são escassos, e deve-se colocar mais ênfase a respeito destes parâmetros (BERTOLDO et al., 2009; PEREIRA et al., 2009b; LIMA et al., 2014).

### 3 CAPÍTULO 1: PROGRESSO GENÉTICO DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO EM 38 ANOS DE MELHORAMENTO NO ESTADO DO PARANÁ

#### 3.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar o progresso genético em rendimento de grãos de feijão no Estado do Paraná, no período de 1977 a 2016, por meio dos ensaios de competição de linhagens e cultivares, dos grupos comerciais cores e preto do programa de melhoramento genético de feijão do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR). A estimação foi realizada pelo método indireto, por meio de regressão linear. O método analisa os ensaios multi-locais de competição de linhagens e cultivares e pelas médias ajustadas dos genótipos relacionadas ao período de anos analisados, obtêm-se a estimativa do ganho anual. Os resultados indicam ganhos no rendimento de grãos de feijão da ordem de 16,3 kg ha<sup>-1</sup> ao ano para o grupo cores e 29,1 kg ha<sup>-1</sup> ao ano para o grupo comercial preto.

**Palavras chave:** *Phaseolus vulgaris*, VCU, médias ajustadas, método indireto

#### 3.2 ABSTRACT

The objective of this chapter was to estimate the genetic progress in yield of bean grains in the State of Paraná from 1977 to 2016, by means of the competition tests of advanced lines and cultivars, of the commercial groups color and black of the bean breeding program of Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR). The estimation was performed by the indirect method, through linear regression. The method analyzes the multi-local competition tests of advanced lines and cultivars and the adjusted means of the genotypes related to the period of years analyzed, to obtain the estimate of the annual gain. The results indicate gains in yield of bean grains of the order of 16,3 kg ha<sup>-1</sup> per year for the color group and 29,1 kg ha<sup>-1</sup> per year for the commercial black group.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, Value of Cultivation and Use, Ismeans, indirect method.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão, com o Estado do Paraná se destacando como o maior estado produtor. A produção paranaense concentra-se em 16 municípios que representam 10% da produção total brasileira (DERAL, 2016).

O melhoramento genético foi um dos responsáveis pelo incremento na produtividade de grãos nas últimas décadas, aliado ao aprimoramento na qualidade tecnológica de cultivo do feijoeiro e qualidades nutricionais dos grãos (RAMALHO, 2012).

O feijoeiro apresenta grande diversidade genética, e com isto uma ampla adaptação aos ambientes, sendo cultivado por todo o território nacional, com diferentes níveis de tecnologia e de manejo. Um dos maiores desafios no melhoramento do feijoeiro é a obtenção de cultivares com alta estabilidade produtiva e ampla adaptabilidade (TSUTSUMI et al., 2015). Para se atingir o sucesso de um programa de melhoramento genético depende da seleção de genótipos que tenham alta adaptabilidade e estabilidade, mas também possuam alta repetibilidade em expressar suas características em diferentes condições ambientais (MALOSETTI et al., 2013).

O programa de melhoramento genético do feijoeiro no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) tem como foco de pesquisa a obtenção de cultivares que atendam a demanda do mercado com o incremento de rendimento, ampla adaptabilidade e estabilidade de produção, resistência a doenças, fixação biológica de nitrogênio, precocidade e altas qualidades nutricionais e tecnológicas, como diminuição do tempo de cocção (MODA CIRINO et al., 2012).

Os progressos obtidos nos programas de melhoramento genético devem ser avaliados frequentemente, com o objetivo de orientar futuras ações da pesquisa, verificando a continuidade das metodologias de seleção adotadas pelos programas (CHIORATO et al., 2010; ALVES et al., 2015; TSUTSUMI et al., 2015). O progresso genético é definido como sendo a diferença entre a média da população onde se fez a seleção e a média dos descendentes dos indivíduos selecionados.

Estimativas do progresso genético são de fundamental importância (BARBOSA NETO et al., 2000), pois gerando cultivares melhoradas, estáveis e com

maior potencial de produção pode-se esperar maiores produtividades e lucros que contribuem para ampliar a renda do agricultor.

Diversos autores estimaram o progresso genético nos programas de melhoramento de feijoeiro. Faria et al. (2017) Faria et al., (2014) e Faria et al. (2013) verificaram o progresso genético alcançado pelas cultivares do tipo preto e carioca no programa de melhoramento da Embrapa em todo o território nacional. No estado de Minas Gerais Abreu et al. (1994) e Matos et al. (2007), em Santa Catarina Elias et al. (1999); Bertoldo et al. (2009); Bertoldo et al. (2013); Bertoldo et al. (2014), no Rio Grande do Sul Antunes et al. (2000) e Ribeiro et al. (2003), em São Paulo Chiorato et al. (2010) e no estado do Paraná foi estimado por Fonseca Júnior (1997).

O objetivo deste trabalho foi estimar o progresso genético para rendimento de grãos de feijão obtido pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo do Paraná durante o período que compreende os anos 1977 a 2016 para cultivares do grupo preto e grupo cores.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

A série dos ensaios analisados, abrangeu o período de 1977 a 2016, totalizando 38 anos agrícolas, com duas safras por ano, a safra das águas e da seca, em locais representativos do estado do Paraná, para os grupos comerciais carioca e preto. Os ensaios realizados para determinação do valor de cultivo e uso (VCU), foram de dois tipos, os intermediários e os finais. Os primeiros foram compostos por cultivares padrões (testemunhas) e linhagens oriundas dos ensaios preliminares do Programa de Melhoramento Genético de Feijão do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), os quais são testados por um ano, em pelo menos três locais por safra.

Os ensaios finais testam em maior número de ambientes, as linhagens selecionadas nos ensaios intermediários, juntamente com as cultivares padrões. As melhores linhagens dos ensaios permanecem por mais um ano em teste, no mesmo ensaio, para então serem indicadas ou não como novas cultivares. Portanto, uma nova cultivar é testada por pelo menos três anos nos ensaios em rede, ou seja, um ano em intermediário e dois nos ensaios finais, antes que seja indicada para cultivo na região em que foi testada (MAPA, 2016).

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições. Foram conduzidos nas safras de águas e seca, em locais

representativos das regiões produtoras de feijão no Paraná. Dependendo do local e região do Estado, os ensaios foram semeados de agosto a outubro e colhidos de novembro a janeiro na safra das águas, enquanto que nas secas, a semeadura ocorreu nos meses de dezembro a fevereiro, com colheita de março a maio.

Efetuiu-se a adubação, o controle de plantas daninhas e de insetos, segundo as recomendações para a cultura (STONE; SARTORATO, 1994). O número de tratamentos variou de ano para ano, conforme o tipo de ensaio. A variável analisada foi o rendimento de grãos de feijão ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ). As parcelas foram compostas por quatro linhas de 5,0 metros de comprimento, com 0,50 metros de espaçamento entre linhas, com cerca de 14 plantas por metro.

Os ensaios intermediários e os ensaios finais, foram instalados em várias localidades do estado do Paraná, variando conforme o tipo do ensaio, ano e safra (Tabela 3.1, 3.2). Entre ensaios intermediários e finais, dos grupos cores e preto, com duas safras por ano, no período considerado, de 1977 a 2016, foram instalados mais de 1.500 experimentos, que foram a base do presente trabalho, sobre estimativa do progresso genético em feijão, baseado em ensaios multi-locais por quase 40 anos.

Inicialmente, foi realizada a análise de variância individual e a respectiva análise de resíduos, visando detectar dados discrepantes, utilizando-se o procedimento PROC GLM (GLM – General Linear Model) do programa SAS – Statistical Analysis System (1990), sendo este programa também utilizado para a análise conjunta e estimação do ganho genético por modelos mistos, considerando-se fixo o efeito de genótipos e os demais aleatórios. Obtendo-se as médias ajustadas de genótipos (BLUE = Best Linear Unbiased Estimator) pelo procedimento PROC MIXED do aplicativo SAS, conforme utilizado por Chiorato et al. (2010), cuja expressão matemática é dada por:

$$Y_{(ijk)} = m + t_i + a_k + (ta)_{ik} + r_{j(k)} + e_{ij}$$

Onde:

$Y_{(ijk)}$  = observação do tratamento  $i$ , no ambiente  $j$  e na repetição  $k$ ;

$m$  = média geral (fixo);

$t_i$  = efeito do tratamento  $i$ , com  $i = 1, 2, 3, \dots, G$  (fixo);

$a_k$  = efeito do ambiente  $k$ , com  $k = 1, 2, 3, \dots, K$  (aleatório);

$(ta)_{ik}$  = efeito da interação do tratamento  $i$  com o ambiente  $k$  (aleatório);  
 $r_{j(k)}$  = efeito da repetição  $j$ , dentro do ambiente  $k = 1, 2, 3, \dots, R$  (aleatório);  
 $e_{ij}$  = efeito experimental médio (aleatório);

A média aritmética anual dos genótipos novos testados e das cultivares padrão consideradas no ano foi calculada a partir das médias ajustadas. Montou-se um arquivo auxiliar, contendo os anos, de 1 a  $n$ , e as médias ajustadas dos genótipos, colocando-as nos respectivos anos onde foram testados pela primeira vez, quando foram considerados genótipos novos, portanto a média ajustada de cada genótipo, participa uma única vez no conjunto dos dados. Em cada ano, obteve-se a média aritmética das médias ajustadas dos genótipos novos no respectivo ano em que foram testados pela primeira vez.

Montado este arquivo, efetuou-se a regressão linear da média dos genótipos novos em função dos anos. A estimativa do ganho genético anual é dada pelo coeficiente angular ( $b$ ) da regressão expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$  por ano, conforme a expressão:

$$Y_{ij} = a + b (X_j)$$

Onde:

$Y_{ij}$  = valor da média dos ( $i$ ) genótipos novos no ano ( $j$ ) expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

$a$  = intercepto da regressão linear (em  $\text{kg ha}^{-1}$ ) = média dos genótipos novos no ano );

$b (X_j)$  = coeficiente angular da regressão linear (em  $\text{kg ha}^{-1}$ );

$$g (\%) = \left(\frac{b}{a}\right) * 100$$

Onde:

$g$  = ganho genético anual (em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );

$g (\%)$  = ganho genético expresso em porcentagem.

**Tabela 3.1** - Número de experimentos dos ensaios intermediário (VCU) e de valor de cultivo e uso grupo comercial cores conduzidos nos locais do estado do Paraná, no período de 1977 a 2016 nas safras de águas e seca.

INTERMEDIARIOS				VCU					
LOCALS	SAFRA		Total	LOCALS	SAFRA		Total		
	Águas	Seca			Águas	Seca			
1	Francisco Beltrão	1	-	1	Adrianópolis	-	1	1	
2	Guarapuava	10	11	21	2	Arapoti	8	14	22
3	Irati	9	5	14	3	Barbosa Ferraz	1	-	1
4	Ivaiporã	2	1	3	4	Campina da Lagoa	1	1	2
5	Lapa	9	7	16	5	Campo Mourão	11	1	12
6	Leonidas Marques	2	-	2	6	Cândido de Abreu	1	1	2
7	Londrina	33	1	34	7	Carambeí	3	2	5
8	Manoel Ribas	-	1	1	8	Castro	-	1	1
9	Palotina	2	-	2	9	Curitiba	7	-	7
10	Paranavaí	1	-	1	10	Curiúva	2	1	3
11	Pato Branco	1	-	1	11	Formosa do Oeste	4	-	4
12	Pato Branco UTFPR	25	26	51	12	Godoy Moreira	2	-	2
13	Ponta Grossa	22	28	50	13	Guarapuava	13	13	26
14	Ponta Grossa FT	2	-	2	14	Irati	10	8	18
15	Realeza	3	-	3	15	Ivaiporã	13	15	28
16	Santa Tereza	3	1	4	16	Lapa	12	5	17
17	São João do Ivaí	2	-	2	17	Leônidas Marques	2	-	2
18	Siqueira Campos	14	12	26	18	Londrina	32	1	33
19	Wenceslau Braz	3	6	9	19	Mangueirinha	1	1	2
					20	Manoel Ribas	1	-	1
					21	Maringá	15	-	15
					22	Morretes	-	2	2
					23	Ortigueira	4	2	6
					24	Palmital	1	-	1
					25	Palotina	3	-	3
					26	Palotina Ocepar	-	1	1
					27	Paranavaí	1	-	1
					28	Pato Branco	30	34	64
					29	Pitanga	-	3	3
					30	Ponta Grossa	29	32	61
					31	Ponta Grossa FT	4	2	6
					32	Realeza	4	1	5
					33	Rosário do Ivaí	1	2	3
					34	Santa T. do Oeste	3	3	6
					35	Santana do Itararé	1	-	1
					36	São João do Ivaí	10	-	10
					37	São José da Boa Vista	2	2	4
					38	Sapopema	1	-	1
					39	Siqueira Campos	14	10	24
					40	Tamarana	-	1	1
					41	Tibagi	1	2	3
					42	Toledo	1	-	1
					43	Três Barras	1	-	1
					44	Umuarama	2	-	2
					45	Wenceslau Braz	6	10	16
TOTAL		144	99	243	TOTAL		258	172	430

Fonte: o próprio Autor

**Tabela 3.2** - Número de experimentos dos ensaios Intermediários e de valor de cultivo e uso (VCU) do grupo comercial preto conduzidos nos locais do estado do Paraná, no período de 1977 a 2016 nas safras de águas e seca.

INTERMEDIARIOS				VCU					
LOCALS	SAFRA		Total	LOCALS	SAFRA		Total		
	Águas	Seca			Águas	Seca			
1	Francisco Beltrão	1	-	1	1	Arapoti	10	11	21
2	Guarapuava	10	11	21	2	Barbosa Ferraz	1	-	1
3	Irati	9	6	15	3	Campina da Lagoa	1	1	2
4	Lapa	9	6	15	4	Campo Mourão	6	1	7
5	Leonidas Marques	2	-	2	5	Candido de Abreu	1	1	2
6	Londrina	33	1	34	6	Carambei	2	2	4
7	Manoel Ribas	-	1	1	7	Cascavel	1	-	1
8	Palotina	1	-	1	8	Castro	-	1	1
9	Pato Branco	26	27	34	9	Curitiba	7	-	7
10	Ponta Grossa	23	28	51	10	Formosa do Oeste	1	-	1
11	Ponta Grossa FT	2	1	3	11	Guarapuava	12	12	24
12	Realeza	3	-	3	12	Irati	15	10	25
13	Santa Tereza	3	1	4	13	Ivaiporã	6	7	13
14	Siqueira Campos	10	10	20	14	Lapa	13	5	18
					15	Leonidas Marques	2	-	2
					16	Londrina	26	1	27
					17	Maringá	6	-	6
					18	Ortigueira	2	1	3
					19	Palotina	2	-	2
					20	Pato Branco	31	34	65
					21	Pitanga	-	2	2
					22	Ponta Grossa	31	32	63
					23	Ponta Grossa FT	4	1	5
					24	Ponta Grossa FT	-	1	1
					25	Realeza	6	2	8
					26	Rebouças	1	-	1
					27	Rosário	1	1	2
					28	Santa Tereza	3	3	6
					29	São João do Ivaí	4	-	4
					30	Siqueira Campos	7	-	7
					31	Tamarana	-	1	1
					32	Tibagi	1	2	3
					33	Três Bocas	1	-	1
					34	Umuarama	2	-	2
					35	Wenceslau Braz	2	2	4
TOTAL		132	92	224	TOTAL		208	142	350

Fonte: o próprio Autor

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância conjunta dos ensaios intermediários e finais de valor de cultivo e uso (VCU) revelaram efeito significativo para todas as fontes de variação, genótipos (G), ambientes (A) e interação genótipos por ambientes (G x A). Este resultado ocorreu para os dois grupos comerciais de feijão considerados, cores

e preto (Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5), quer para a safra das águas e da seca isoladamente quer para as duas safras analisadas em conjunto.

Os coeficientes de variação (C.V. %) para a variável rendimento de grãos de feijão estão em conformidade com a literatura, situando-se, em média, ao redor de 15%, estando de acordo com as regras estabelecidas pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2006) para o Registro Nacional de Cultivares com valores de coeficientes de variação de até 25%. Os rendimentos médios dos ensaios ficaram entre 1.833,7 a 2.033 Kg ha<sup>-1</sup>.

Resultados semelhantes foram obtidos por Abreu et al. (1994); Fonseca Júnior (1997), Chiorato et al. (2010), Faria et al. (2013), Silva et al. (2013), Barili et al. (2015), Barili et al. (2016a; 2016b), principalmente no que tange a significância para a interação genótipos por ambientes, em ensaios analisados em longos períodos de anos. Segundo Faria et al. (2014) a ocorrência significativa da interação G x A é fundamental para a verificação das estimativas de progresso genético.

Foram conduzidos 467 ensaios intermediários sendo 243 ensaios para o grupo cores e 224 para o grupo preto, e os ensaios finais totalizaram 380, com 224 e 356 para o grupo cores e preto, respectivamente. Nota-se que maior esforço foi aplicado na safra das águas, onde o número de ensaios foi superior ao da safra de seca, em todos os tipos de ensaios e grupos comerciais, com 144 e 132 ensaios intermediários e 258 e 208 ensaios finais (Tabelas 3.6 e 3.7). Este maior número de ensaios na safra das águas, pois é esta safra onde se concentra a maior área e número de produtores de feijão no Paraná.

As estimativas de ganho genético são apresentadas na Tabela 3.10, verifica-se que as estimativas do grupo preto foram superiores, da ordem de 29,1 kg ha<sup>-1</sup> ao ano, em comparação ao grupo cores com 16,3 kg ha<sup>-1</sup> ao ano, que ao serem expressas em porcentagem, tornam-se 2,18% contra 1,03% respectivamente. Todas as estimativas foram significativamente diferentes de zero pelo teste T.

Estimativas de ganho genético em feijão foram por auferidas por Abreu et al. (1994) estimaram um progresso de 2% ao ano na produtividade do feijoeiro comum em 20 anos do programa de melhoramento de feijão no estado de Minas Gerais. Vencovsky e Ramalho (2006) durante o período de 1974 a 2004, estimaram um ganho 2,74% ao ano, equivalendo a 9,89 kg ha<sup>-1</sup> ao ano de acréscimo na produtividade de grãos do grupo cores.

Chiorato et al (2010) obtiveram estimativas de 1,21% a 1,90% ao ano pelos principais institutos de pesquisa durante 21 anos de melhoramento genético. Faria et al. (2013) verificando o progresso genético do programa de melhoramento da EMBRAPA em 21 anos verificaram estimativa de rendimento de grãos de 0,72% ao ano para o grupo cores. E para o grupo comercial preto estimativas de 1,1% (FARIA, et al., 2014).

**Tabela 3.3** – Resumo das análises de variância conjuntas da variável rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) dos ensaios intermediários e finais dos grupos cores e preto, conduzidos no período de 1977 a 2016 na safra das águas e seca no estado do Paraná.

FV	CORES						PRETO					
	INTERMEDIÁRIO			FINAL			INTERMEDIÁRIO			FINAL		
	GL	F	PROB	GL	F	PROB	GL	F	PROB	GL	F	PROB
Ambiente (A)	242	62,62	**	429	58,04	**	223	45,66	**	349	57,61	**
Genótipo (G)	611	2,99	**	257	7,95	**	532	2,18	**	263	5,51	**
G x A	3756	3,24	**	5087	3,64	**	3010	2,70	**	4054	3,27	**
Média Geral	1948,6			1909,2			2033,8			1906,8		
C.V. (%)	15,66			15,12			14,74			14,48		

\*\* significativo a 1% Fonte: o próprio autor

**Tabela 3.4** – Resumo das análises de variância conjuntas da variável rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) dos ensaios intermediários e finais dos grupos cores e preto, conduzidos no período de 1977 a 2016 na safra das águas no estado do Paraná.

FV	CORES						PRETO					
	INTERMEDIÁRIO			FINAL			INTERMEDIÁRIO			FINAL		
	GL	F	PROB	GL	F	PROB	GL	F	PROB	GL	F	PROB
Ambiente (A)	143	48,59	**	257	47,86	**	131	46,41	**	207	42,44	**
Genótipo (G)	611	2,463	**	257	6,15	**	532	3,96	**	263	2,456	**
G x A	1972	3,24	**	2903	3,44	**	1505	3,10	**	2292	2,68	**
Média Geral	1977,6			1946,1			1957,1			2080,7		
C.V. (%)	15,72			15,14			14,64			14,91		

\*\* significativo a 1% Fonte: o próprio autor

**Tabela 3.5** – Resumo das análises de variância conjuntas da variável rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) dos ensaios intermediários e finais dos grupos cores e preto, conduzidos no período de 1977 a 2016 na safra da seca no estado do Paraná.

FV	CORES						PRETO					
	INTERMEDIÁRIO			FINAL			INTERMEDIÁRIO			FINAL		
	GL	F	PROB	GL	F	PROB	GL	F	PROB	GL	F	PROB
Ambiente (A)	98	45,66	**	171	134,91	**	91	35,5	**	141	35,51	**
Genótipo (G)	611	2,18	**	257	4,802	**	532	2,0	**	263	2,01	**
G x A	1173	2,70	**	1927	3,325	**	973	28	**	1499	2,82	**
Média Geral	1906,6			1846,3			1970,1			1833,7		
C.V. (%)	15,57			15,16			14,48			14,18		

\*\* significativo a 1% Fonte: o próprio autor

**Tabela 3.6** - Rendimento médio de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e número (N) de ensaios intermediários e finais de VCU de feijão do grupo cores conduzidos por ano agrícola, nas safras de águas e seca no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.

Ano	Ano Agrícola	INTERMEDIÁRIO					FINAL				
		Águas		Seca		Total	Águas		Seca		Total
		Media	N	Media	N		Media	N	Media	N	
1	1977/78	1.064	3	1.020	1	4	-	-	-	-	-
2	1978/79	1.087	1	2.076	1	2	1.640	7	1.190	7	14
3	1979/80	1.939	3	1.413	2	5	1.605	8	1.661	6	14
4	1980/81	1.365	3	1.007	2	5	1.445	7	1.097	7	14
5	1981/82	1.973	3	490	2	5	1.723	12	926	9	21
6	1982/83	1.240	2	760	1	3	1.381	8	1.057	6	14
7	1983/84	1.397	3	-	-	3	1.219	9	632	2	11
8	1984/85	789	3	559	1	4	1.148	12	808	6	18
9	1985/86	1.504	2	1.041	1	3	845	5	943	4	9
10	1986/87	1.294	3	791	1	4	1.213	9	1.087	5	14
11	1987/88	1.600	5	911	3	8	1.463	11	1.003	4	15
12	1988/89	1.622	5	1.725	2	7	1.462	9	1.522	5	14
13	1989/90	1.628	6	1.356	3	9	1.769	10	1.548	3	13
14	1990/91	1.380	6	2.299	4	10	2.050	7	2.383	3	10
15	1991/92	2.083	5	1.321	5	10	1.927	9	1.638	9	18
16	1992/93	2.551	7	1.314	3	10	2.224	13	1.269	7	20
17	1993/94	1.495	6	1.701	4	10	1.610	9	1.916	5	14
18	1994/95	2.596	4	1.486	3	7	2.247	7	1.502	4	11
19	1995/96	1.986	5	1.453	4	9	2.066	13	1.847	6	19
20	1996/97	1.655	5	1.758	4	9	2.290	8	2.125	7	15
21	1997/98	2.287	5	1.771	4	9	2.222	13	1.916	5	18
22	1998/99	2.075	2	2.353	2	4	2.189	4	2.631	3	7
23	1999/00	1.874	3	2.110	2	5	1.973	4	2.598	3	7
24	2000/01	1.924	3	2.226	2	5	2.309	4	2.640	3	7
25	2001/02	1.889	3	2.193	2	5	2.025	4	2.425	4	8
26	2002/03	2.733	2	1.609	2	4	3.024	3	1.913	2	5
27	2003/04	2.037	2	1.591	2	4	2.784	5	1.888	3	8
28	2004/05	2.179	3	1.109	2	5	1.932	4	1.611	3	7
29	2005/06	1.868	3	2.475	3	6	1.586	4	2.597	3	7
30	2006/07	2.142	4	2.657	3	7	1.978	4	2.408	3	7
31	2007/08	2.029	4	2.991	3	7	1.852	4	2.931	4	8
32	2008/09	2.054	4	3.046	3	7	2.221	4	2.966	4	8
33	2009/10	2.344	4	1.580	3	7	2.279	4	1.519	4	8
34	2010/11	2.207	4	2.371	3	7	2.159	5	1.738	4	9
35	2011/12	2.108	4	2.649	3	7	2.433	4	2.524	5	9
36	2012/13	2.288	4	2.935	3	7	2.741	4	3.238	3	7
37	2013/14	4.062	2	2.589	3	5	3.731	3	2.423	4	7
38	2014/15	3.018	4	2.947	3	7	3.220	4	3.283	3	7
39	2015/16	2.914	4	2.648	4	8	2.755	4	2.484	4	8
	MÉDIA	1.956		1.798			2.019		1.892		
	TOTAL		144		99	243		258		172	224

Fonte: do autor

**Tabela 3.7** - Rendimento médio de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e número (N) de ensaios intermediários e finais de VCU de feijão do grupo comercial preto conduzidos por ano agrícola, nas safras de águas e seca no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.

Ano	Ano Agrícola	INTERMEDIÁRIO					FINAL				
		Águas		Seca		Total	Águas		Seca		Total
		Media	N	Media	N		Media	N	Media	N	
1	1977/78	1.122	3	1.059	1	4	-	-	-	-	-
2	1978/79	892	1	2.035	1	2	1.500	8	1.193	4	12
3	1979/80	1.919	3	1.539	2	5	1.617	8	1.576	4	12
4	1980/81	1.260	3	961	2	5	1.342	7	1.112	4	11
5	1981/82	1.820	3	465	2	5	1.697	12	929	4	16
6	1982/83	1.476	2	1.219	1	3	1.461	3	689	4	7
7	1983/84	1.244	3	-	-	3	1.602	6	671	4	10
8	1984/85	852	3	436	1	4	1.908	3	-	-	-
9	1985/86	1.148	3	941	3	6	858	5	993	4	9
10	1986/87	1.184	3	830	1	4	1.247	9	1.088	4	13
11	1987/88	1.609	5	969	3	8	1.351	11	701	4	15
12	1988/89	1.748	5	1.553	2	7	1.595	8	1.519	4	12
13	1989/90	1.934	4	1.493	2	6	2.058	5	1.458	4	9
14	1990/91	1.489	4	2252	3	7	1.882	7	2.170	4	11
15	1991/92	2.453	4	1.430	5	9	2.323	8	1.498	4	12
16	1992/93	2.127	6	1.266	2	8	2.018	8	1.652	4	12
17	1993/94	1.728	4	1.482	3	7	1.759	4	1.577	4	8
18	1994/95	2.254	4	2.065	2	6	2.054	5	2.079	4	9
19	1995/96	2.099	4	1.164	2	6	1.906	9	1.449	4	13
20	1996/97	1.987	2	1.701	3	5	2.254	4	2.023	4	8
21	1997/98	1.687	4	1.697	3	7	2.135	8	1.684	4	12
22	1998/99	2.030	2	2.323	2	4	1.980	4	2.305	4	8
23	1999/00	1994	3	2.256	2	5	1.658	5	2.638	4	9
24	2000/01	1.905	3	2.161	2	5	2.329	4	2.539	4	8
25	2001/02	1.853	3	2.158	2	5	2.035	4	2.149	4	8
26	2002/03	2.579	2	1.546	2	4	2.898	3	1.446	4	7
27	2003/04	2.037	2	1.873	2	4	2.574	5	1.837	4	9
28	2004/05	2.482	3	1.150	2	5	1.635	5	1.456	4	9
29	2005/06	1.823	3	2.494	3	6	1.847	4	2.472	4	8
30	2006/07	2.270	4	2.764	3	7	2.224	4	2.396	4	8
31	2007/08	2.191	4	3.030	3	7	1.765	5	3.032	4	9
32	2008/09	2.001	4	3.126	3	7	2.145	4	2.812	4	8
33	2009/10	2.214	4	1.168	3	7	-	-	-	-	-
34	2010/11	2.063	4	1.654	3	7	2.069	5	1.384	4	9
35	2011/12	2.457	4	2.283	3	7	2.315	4	2.243	4	8
36	2012/13	2.681	4	3.191	3	7	2.308	4	2.724	4	8
37	2013/14	3.925	2	2.317	3	5	3.770	2	2.361	4	6
38	2014/15	3.218	4	3.004	3	7	3.260	4	3.063	4	8
39	2015/16	2.572	4	2.312	4	8	2.961	4	2.295	4	8
	MÉDIA	1.957		1.773			2.009		1.811		
	TOTAL		132		92	224		208		148	356

Fonte: o próprio autor

As estimativas de ganho genético são apresentadas na Tabela 3.8, verifica-se que as estimativas do grupo preto foram superiores, em média de 29,1 kg ha<sup>-1</sup> ao ano, em comparação ao grupo cores com 16,3 kg ha<sup>-1</sup> ao ano, que ao serem expressas em porcentagem, tornam-se 2,18% contra 1,03% respectivamente. Todas as estimativas foram significativamente diferentes de zero pelo teste T.

Estimativas de ganho genético em feijão foram auferidas vários autores. Abreu et al. (1994) estimaram um progresso de 2% ao ano na produtividade do feijoeiro comum em 20 anos do programa de melhoramento de feijão no estado de Minas Gerais. Vencovsky e Ramalho (2006) durante o período de 1974 a 2004, estimaram um ganho 2,74% ao ano, equivalendo a 9,89 kg ha<sup>-1</sup> ao ano de acréscimo na produtividade de grãos do grupo cores.

Chiorato et al (2010) obtiveram estimativas de 1,07% a 1,90% ao ano pelos principais institutos de pesquisa durante 21 anos de melhoramento genético. Faria et al. (2013) estimaram o progresso genético do programa de melhoramento da EMBRAPA em 21 anos verificaram estimativa de rendimento de grãos de 0,72% ao ano para o grupo cores. E para o grupo comercial preto estimativas de 1,1% (FARIA, et al., 2014).

Barili et al. (2016a) obtiveram estimativas do progresso genético de 0,0% no período de 1970 a 1990 e de 6,74% ao ano de 1990 a 2013 para os programas de melhoramento de feijão no Brasil para a variável produção de grãos do grupo cores. Avaliando 50 anos de pesquisa no melhoramento genético de feijão do tipo preto no Brasil Barili et al. (2016b) auferiram ganhos de 2,42% ao ano para o rendimento de grãos.

Faria et al. (2017), verificando o ganho genético para o rendimento de grãos de feijão do grupo comercial preto em 15 anos do programa de melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão pelo método de estimativa indireto obtiveram ganhos de 1,2 % ao ano.

As figuras 3.1 e 3.2 referem-se às retas de regressões lineares relativas às estimativas de ganho genético do feijão do grupo cores, obtidas com dados dos ensaios finais de valor de cultivo e uso no estado do Paraná, no período de 1977 a 2016. Na figura 3.1 verifica-se que a nuvem de pontos observados foi explicada pela reta ascendente, com coeficiente de determinação da ordem de 0,69. A figura 3.2 indica que a reta de ganho obtida com os dados da safra das águas foi superior e paralela a da safra da seca e ambas crescentes com o passar dos anos.

As figuras 3.3 e 3.4 são relativas ao grupo preto, ensaios finais, onde nota-se maior previsibilidade do modelo de regressão, com  $R^2$  ao redor de 0,88, sendo que na safra das águas sua reta ocupou posição superior a da safra da seca, com maior diferença no início do período e declinando posteriormente. Este ganho mais consolidado no grupo preto, deve-se provavelmente a um critério de seleção mais rigoroso, frente às cultivares testemunhas mais competitivas que as do grupo cores, embora a equipe de melhoristas fosse a mesma em ambos os grupos.

As figuras referentes aos ensaios intermediários, tanto do grupo cores (figuras 3.5 e 3.6), como do preto (figuras 3.7 e 3.8), refletem as mesmas observações dos seus respectivos grupos, feitas para as estimativas de ganho genético obtidas com os ensaios finais de valor de cultivo e uso.

A figura 3.9 contém as retas dos ganhos genéticos gerais dos dois grupos de feijões e dos dois tipos de ensaios, onde fica nítida a superioridade do grupo preto frente ao grupo cores e dos ensaios intermediários em comparação aos finais. A principal razão da obtenção dos ganhos genéticos nos ensaios intermediários, é que são conduzidos em menor número de locais, que são os mesmos onde a equipe de melhoramento efetua seus testes preliminares.

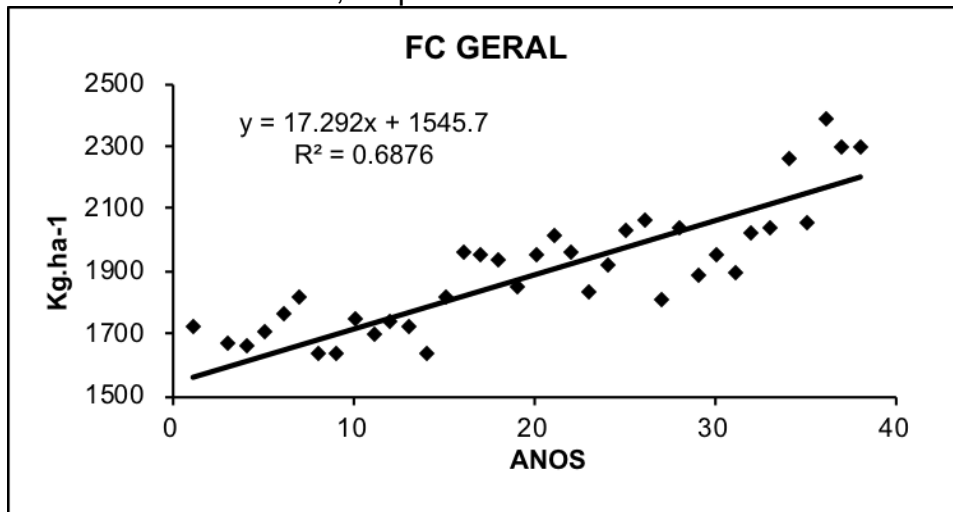
Em todos os casos, os ganhos foram positivos, diferentes de zero e crescentes. Indicando também, que os feijões do grupo cores já iniciaram em um patamar mais elevado de rendimento, superior ao grupo preto, porém com o passar dos anos de melhoramento genético, os feijões do grupo preto alcançaram e ultrapassaram o grupo cores em potencial de rendimento de grãos, o que indica maior eficácia do respectivo programa de melhoramento genético.

**Tabela 3.8** – Estimativas do ganho genético anual (b) em Kg ha<sup>-1</sup>, seu desvio, nível de significância, número de anos testados e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) das equações de regressão geradoras desta estimativa, em função do grupo comercial, do tipo de ensaio e a safra em que foram testados no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.

GRUPO	ENSAIO	FOCO	MÉDIA DE REFERÊNCIA (a)	COEFICIENTE ANGULAR (kg ha <sup>-1</sup> ) (b)	DESVIO (Kg ha <sup>-1</sup> )	GANHO [(b/a)100] (%)	NIVEL SIGNIFICÂNCIA	Nº ANOS	COEFICIENTE DETERMINAÇÃO (R <sup>2</sup> )
Cores	Intermediário	Geral	1.616	15,2	2,1	0,94	0,0001	39	0,58
		Águas	1.655	14,6	2,9	0,88	0,0001	39	0,41
		Seca	1.608	14,6	2,6	0,91	0,0001	38	0,47
	Final	Geral	1.546	17,3	1,9	1,12	0,0001	38	0,69
		Águas	1.597	17,0	2,6	1,06	0,0001	38	0,54
		Seca	1.467	17,7	1,5	1,21	0,0001	38	0,79
Preto	Intermediário	Geral	1.287	31,3	1,9	2,43	0,0001	39	0,86
		Águas	1.396	29,5	2,1	2,11	0,0001	39	0,84
		Seca	1.131	35,1	2,6	3,10	0,0001	38	0,84
	Final	Geral	1.387	26,8	1,7	1,93	0,0001	37	0,88
		Águas	1.482	26,1	1,9	1,76	0,0001	37	0,84
		Seca	1.257	28,3	2,0	2,25	0,0001	36	0,85

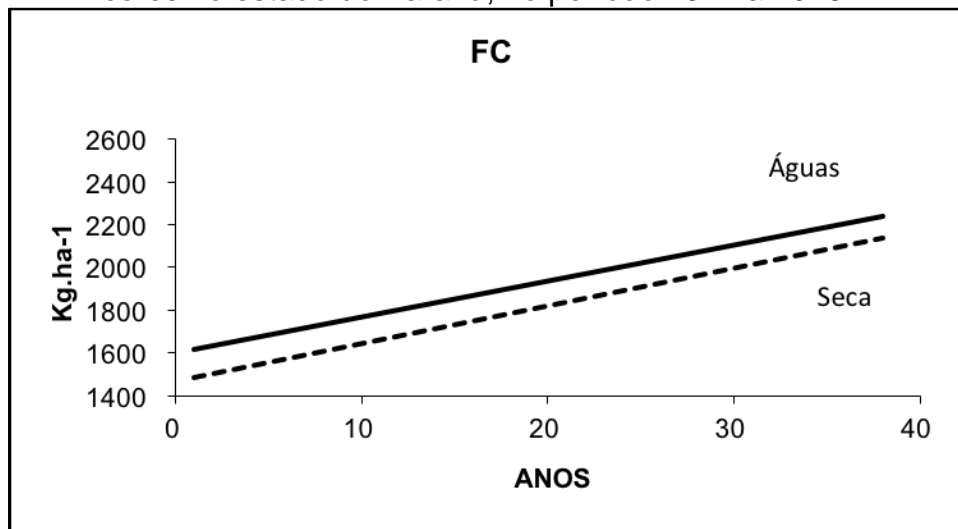
Fonte: o próprio autor

**Figura 3.1** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



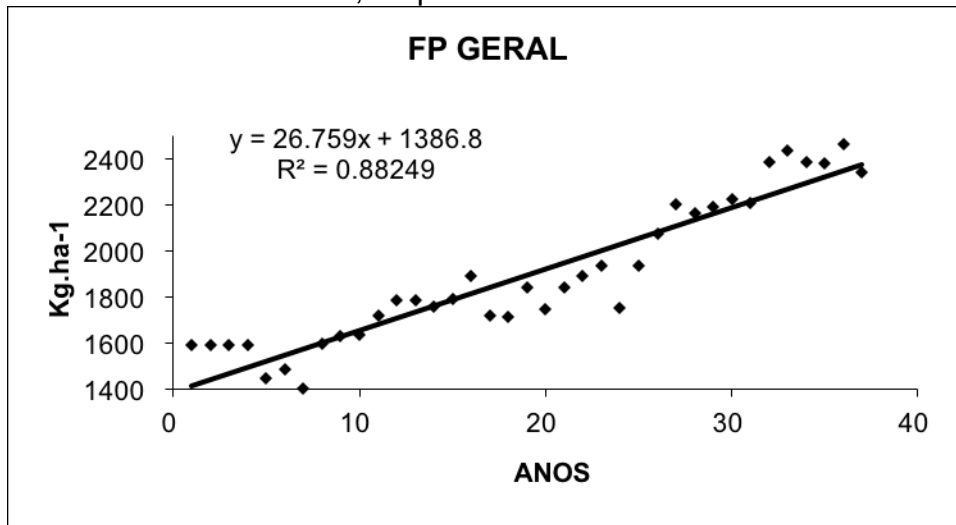
Fonte: do autor

**Figura 3.2** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



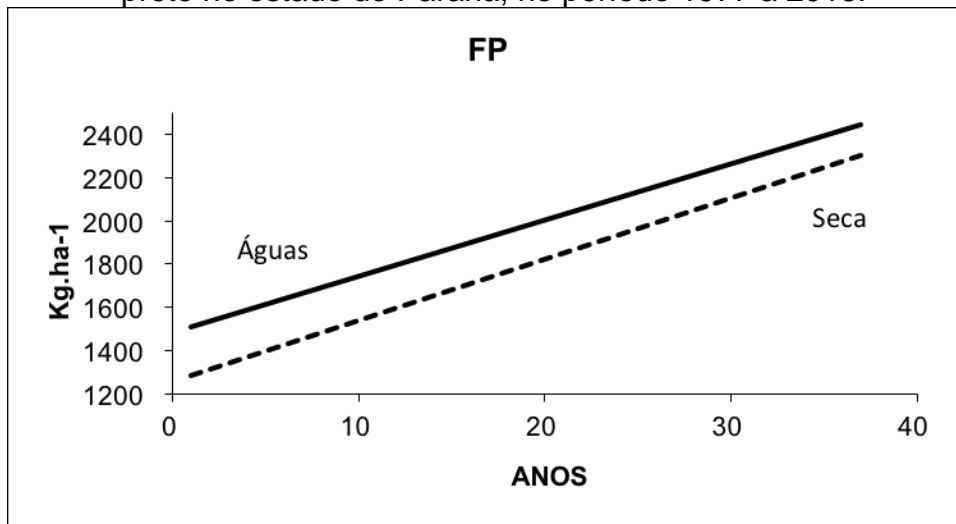
Fonte: do autor

**Figura 3.3** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



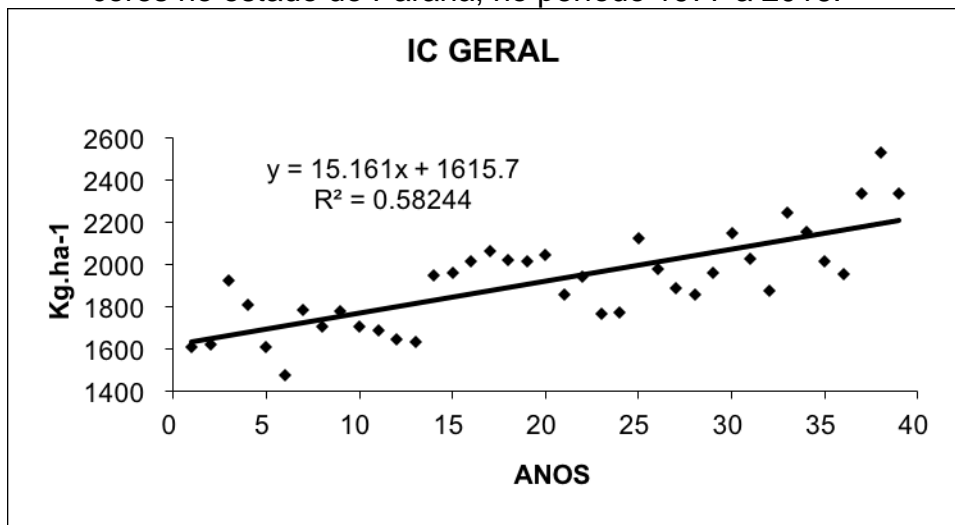
Fonte: do autor

**Figura 3.4** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios finais de VCU de feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



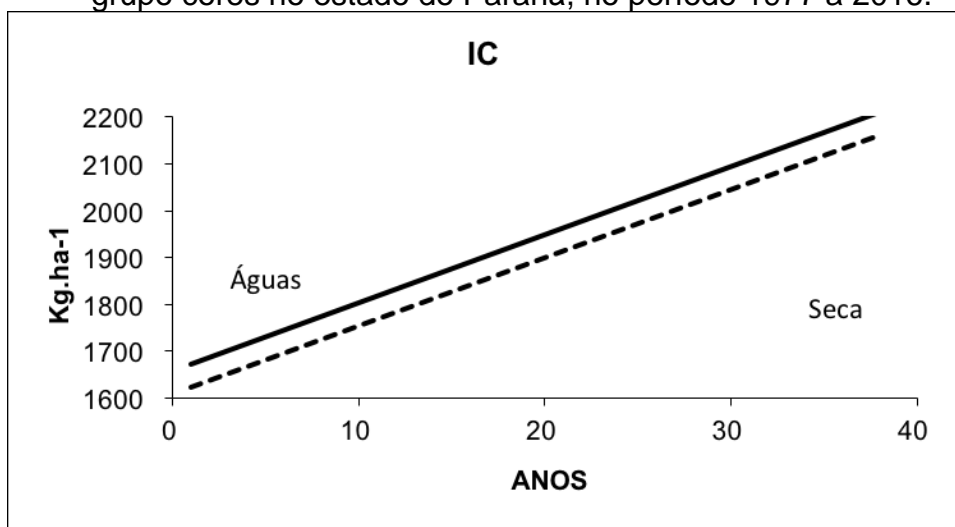
Fonte: do autor

**Figura 3.5** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios intermediários de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



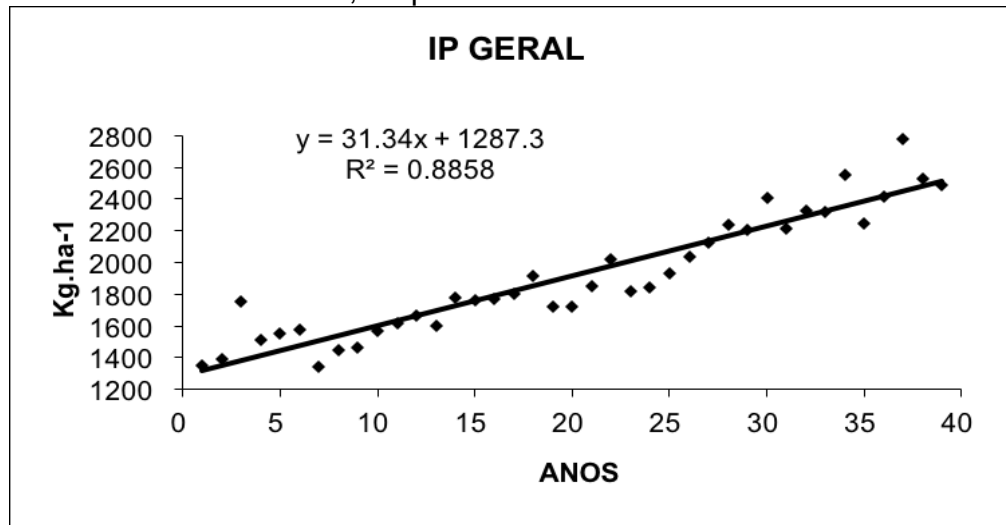
Fonte: do autor

**Figura 3.6** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios intermediários de VCU de feijão do grupo cores no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



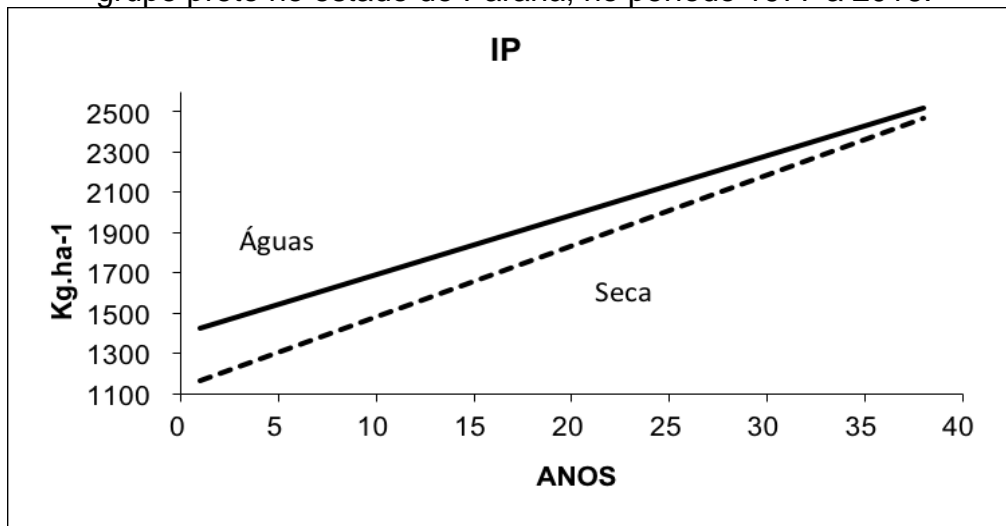
Fonte: do autor

**Figura 3.7** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano, obtida nos ensaios intermediários de VCU feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



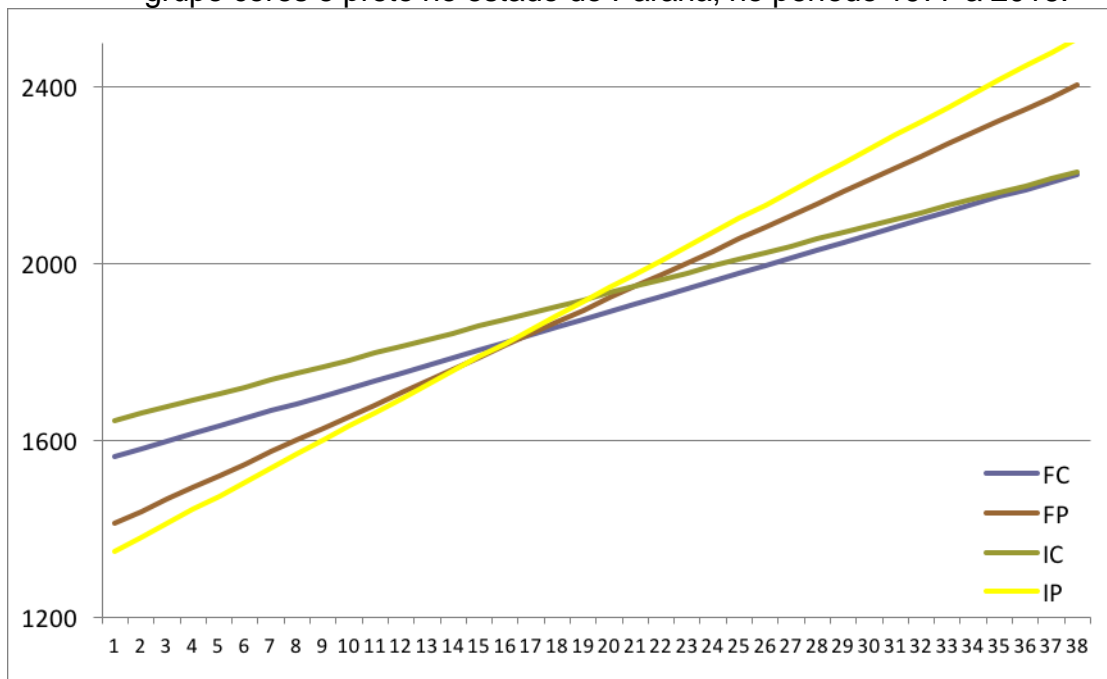
Fonte: do autor

**Figura 3.8** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios intermediários de VCU de feijão do grupo preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



Fonte: do autor

**Figura 3.9** – Regressão linear das médias ajustadas dos genótipos em função do ano e da safra, obtida nos ensaios intermediários e finais de VCU de feijão do grupo cores e preto no estado do Paraná, no período 1977 a 2016.



Fonte: do autor

### 3.6 CONCLUSÕES

O programa de melhoramento genético de feijoeiro do IAPAR apresenta um progresso genético significativo para o rendimento de grãos da ordem de 1,03% ao ano para o grupo comercial cores e 2,18% ao ano para o grupo preto em 38 anos de pesquisa.

## 4 CAPÍTULO 2: REPETIBILIDADE DOS PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO EM 38 ANOS DE MELHORAMENTO GENÉTICO NO PARANÁ

### 4.1 RESUMO

O objetivo deste capítulo foi mensurar a repetibilidade das estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro dos grupos cores e preto. Utilizou-se dados de rendimento de grãos dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) conduzidos no estado do Paraná, na safra de águas e seca, no período de 1978 a 2016, por seis metodologias em cada ano, considerando apenas os genótipos e ambientes (combinação de safra com local) comuns a cada dupla de anos consecutivos (biênios). Foram estimados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para cada ano, em 37 biênios. Considerando o ano como repetição dentro do biênio, realizou-se a análise de variância por biênio para verificar o efeito do ano (bloco), dos genótipos e as estimativas de repetibilidade (herdabilidade) para cada parâmetro de estabilidade. Com base nos resultados obtidos as estimativas de repetibilidade para a variável rendimento de grãos de feijão foram consistentes para os parâmetros média geral, índice de confiança (I geral Annicchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) para ambos os grupos comerciais.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; biênios; Eberhart e Russell

### 4.2 ABSTRACT

The objective of this chapter was to measure the repeatability of the estimates of adaptability and stability parameters from common bean genotypes of the color and black groups. Grain yield data from the cultivation and use value (VCU) tests conducted in the state of Paraná, in the water harvest and drought, from 1978 to 2016, were used for six methodologies in each year, considering only the genotypes and environments (crop combination with local) common to each pair of consecutive years (biennia). The parameters of adaptability and stability were estimated for each year, in 37 biennia. Considering the year as a repetition within the biennium, the analysis of variance per biennium was performed to verify the effect of the year

(block), genotypes and estimates of repeatability (heritability) for each stability parameter. Based on the results, the repeatability estimates for the bean grain yield variable were consistent for the general mean, confidence index (I Annicchiarico), and average yield percentage (average (%)) for both commercial groups.

Key-words: *Phaseolus vulgaris*; biennium; Eberhart and Russell

#### 4.3 INTRODUÇÃO

O sucesso de um programa de melhoramento genético depende da seleção de genótipos que tenham alta adaptabilidade e estabilidade, mas que também possuam alta repetibilidade em expressar suas características em diferentes condições ambientais (MALOSETTI et al., 2013).

O feijoeiro é submetido à diferentes condições de cultivo, desde pequenos produtores que o cultivam para subsistência até grandes produtores tecnificados (LIMA et al., 2014). Sendo assim, é provável que o desempenho de um mesmo genótipo tenha comportamento distinto nos diferentes ambientes, ou seja, que haja interação genótipos por ambientes (G x A) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009; PEREIRA et al., 2010).

Neste sentido, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) rege o teste de valor de cultivo e uso e de acordo com Gauch e Zobel (1988), os ambientes em que os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) são conduzidos devem representar as condições que as novas cultivares enfrentarão no futuro.

Trabalhos estudando a interação genótipos de feijão por ambientes têm sido realizados por todo o território nacional (PEREIRA et al, 2009; PEREIRA et al., 2010; ROSSETO et al, 2010; SILVA et al., 2011; PEREIRA et al., 2013; TORGA et al., 2013; PEREIRA et al., 2015; BERTOLDO et al., 2015; BARILI et al., 2015).

Silva e Duarte (2006) destacam que diversos métodos estatísticos, baseados em diferentes princípios para análise da interação genótipos por ambientes vem sendo propostos e aplicados, afim de identificar os genótipos com comportamento mais estável e mais previsíveis às variações ambientais, tornando a recomendação de cultivares o mais segura possível. Porém, são escassos os

trabalhos que avaliam a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade por estes métodos.

Cargnelutti Filho et al. (2009) conceituam que a repetibilidade expressa máximo valor que a herdabilidade pode incidir, representando a capacidade de repetir a expressão do caráter. Da mesma forma, a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pode ser estimada para a avaliação de sua consistência.

Para estimar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, há métodos que subdividem as repetições de um mesmo ambiente em dois grupos, um grupo formado apenas pela primeira e segunda repetição e um segundo composto pela terceira e quarta repetição (SOARES; RAMALHO, 1993).

Bruzi et al. (2007), utilizando a metodologia proposta por Soares e Ramalho (1993) estimaram repetibilidade da ecovalência variando de  $\pm 0,43$  a  $0,80$ , o parâmetro média a estimativa da repetibilidade variou de  $0,21$  a  $0,91$  e os resultados de ecovalência pela metodologia de Wricke (1965). A principal limitação desta metodologia é que as repetições sofrem a influencia do ambiente em que foram testadas, podendo superestimar a repetibilidade dos parâmetros de estabilidade em função de razões ambientais e não genéticas (LIMA et al., 2013).

A metodologia proposta por Lima et al. (2013) utiliza genótipos e ambientes comuns em dois anos consecutivos, obtendo-se os parâmetros de estabilidade por ano. De posse desses parâmetros estimados em cada ano, efetua-se a análise de variância, em blocos ao acaso, verificando-se o efeito de anos (blocos), genótipos e a repetibilidade dos diferentes parâmetros de estabilidade considerados. Os autores utilizaram a metodologia de Eberhart e Russel (1966), que é baseada em regressão linear obtida estimando os parâmetros de média, coeficiente de regressão e coeficiente de determinação e a metodologia de Wricke et al. (1965) baseada em análise de variância estimando o parâmetro de ecovalência ( $W_i^2(\%)$ ). Concluindo que a repetibilidade para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtiveram estimativas de repetibilidade para produção de grãos, na maior parte dos biênios relativamente altas, enquanto que para ecovalência, coeficiente de determinação e coeficiente de regressão as estimativas foram nulas ou de pequena magnitude.

O objetivo deste capítulo é estimar a repetibilidade das estimativas da adaptabilidade e de estabilidade no programa de melhoramento genético do feijoeiro do Instituto Agronômico do Paraná para o grupo comercial cores e grupo preto no período de 1978 a 2016 no estado do Paraná

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para verificar a frequência da repetibilidade dos parâmetros relativos à adaptabilidade e estabilidade para o rendimento do grãos do feijoeiro, utilizou-se dados dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) conduzidos pelo programa de melhoramento genético do feijoeiro do Instituto Agronômico do Paraná, no estado do Paraná, de 1978 a 2016, totalizando 37 biênios para os grupos comerciais cores e para o grupo comercial preto (Tabela 4.1, 4.2). Para o grupo cores utilizou-se no total dos biênios 582 ensaios, e para o grupo preto 482 ensaios. O ambiente foi composto pela combinação de local e safra (águas e seca) dentro de cada ano.

Os experimentos foram conduzidos seguindo os requisitos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2006) para o teste VCU de feijoeiro como: delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os dados de rendimento de grãos foram obtidos considerando as duas linhas centrais. O controle doenças e controle de pragas foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura.

Os biênios 4 e 7 do grupo comercial preto foram descartados para as análises de repetibilidade dos parâmetros devido a baixa coincidência de genótipos nos dois anos agrícolas que compõem o biênio 4, e ao baixo número de ambientes que compõe o ambiente 7, não possibilitando a realização da análise de variância conjunta por somente apresentar um ambiente com genótipos coincidentes nos anos que compõe o biênio (tabela 4.2)

Os dados de cada ano foram submetidos à análise de variância individual por ambiente e conjunta (ANAVA) utilizando o software Genes (CRUZ, 2013). A equação para a análise conjunta, considerada, foi:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$\mu$ = média geral;

$G_i$ = Efeito do i-ésimo genótipo ( $i= 1, 2, \dots, g$ );

$A_j$ = Efeito do j-ésimo ambiente ( $j= 1, 2, \dots, a$ );

$G A_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com j-ésimo ambiente;

$B/A_{jk}$ = efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente ( $k= 1, 2, \dots, r$ );

$\varepsilon_{ijk}$ = erro aleatório.

Para avaliar a repetibilidade dos parâmetros da adaptabilidade e estabilidade, dentro de cada biênio os seguintes parâmetros foram utilizados: o coeficiente de regressão linear ( $b$ ); coeficiente de determinação ( $R^2$ ) pelo método proposto por Eberhart & Russell (1966); estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ) pelo método proposto por Wricke (1965); distância do genótipo ideal (Pi Geral %) pelo método proposto por Lin & Binns (1988); índice de confiança (I) pelo método proposto por Annicchiarico (1992); e frequência no grupo de “a” pelo teste de grupamento de Scott-Knott, com probabilidade de 5%, de acordo com Ramalho et al. (2012).

A estabilidade e a adaptabilidade pelo método proposto por Eberhart e Russel (1966), foi calculada com base no índice ambiental utilizado como variável independente e a média do genótipo como variável dependente. Os desvios de regressão  $S^2_d$  e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foram utilizados como parâmetros de estabilidade, e a média do genótipo e seu coeficiente de regressão ( $b$ ) como parâmetros de responsividade e de adaptação, sendo estimados pelas seguintes expressões:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que

$Y_{ij}$  : média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\beta_{0i}$  : média geral do genótipo;

$\beta_{1i}$ : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i-ésimo genótipo a variação do ambiente;

$I_j$ : índice ambiental codificado ( $\sum_j I_j = 0$ );

$\delta_{ij}$ : desvio da regressão;

$\varepsilon_{ij}$ : erro experimental médio.

$I_j$  onde o índice ambiental é estimado pela seguinte expressão:

$$I_j = \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}$$

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é calculado pela soma de quadrados do modelo e a Soma de quadrados total, pela seguinte expressão:

$$R_i^2 = \frac{SQ_{Modelo}}{SQ_{Total}} 100$$

Já o coeficiente de regressão (b) é estimado por:

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

As estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ) pelo método proposto por Wricke (1965), foi calculada pela expressão:

$$W_i^2 = \sum (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2$$

Onde:

$X_{ij}$  = é o valor observado de rendimento de grãos do genótipo  $i$  no ambiente  $j$  (média de repetições do experimento);

$\bar{X}_{i.}$  = média do genótipo  $i$ ;

$\bar{X}_{.j}$  = média do ambiente  $j$ ;

$\bar{X}_{..}$  = a média geral.

$$W_i^2 (\%) = \left( \frac{W_i^2}{SQ_{ge}} \right) 100$$

$SQ_{ge}$  = Soma de quadrados da interação Genótipo x Ambiente.

O índice de superioridade ( $P_i$ ) é uma estimativa da adaptabilidade do genótipo em uma variedade de ambientes. É calculado utilizando o genótipo de maior rendimento em cada ambiente como ponto de referência. Os genótipos com a maior diferença de rendimento em comparação com o genótipo de referência teriam o maior

valor de  $P_i$  (LIN e BINNS, 1988), em outros termos, quanto mais próximo de zero for o valor de  $P_i$  para determinado genótipo, mais próximo do genótipo ideal ele estará. Esta abordagem, pode ser efetuada para todos os ambientes ( $P_i$  geral), ou para os favoráveis, ou para os desfavoráveis também.

$$P_i = \left( \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 \right) / 2E$$

Onde:

$X_{ij}$  = é o rendimento de grãos do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$M_j$  = o rendimento do genótipo com rendimento máximo no ambiente  $j$ ;

$E$  = é o número de ambientes.

Para o cálculo da distância do genótipo ideal ( $P_i$  Geral expresso em percentagem) pelo método proposto por Lin & Binns (1988) a expressão matemática utilizada foi:

$$P_i(\%) = (P_i / \sum_{i=1}^g P_i) 100$$

Também foram realizadas análises de estabilidade para os três caracteres pelo método de Annicchiarico (1992), que é baseado no índice de confiança genotípico, estimado por:

$$\omega_{i(g)} = \hat{\mu}_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{z_{i(g)}}$$

Em que:

$\hat{\mu}_{i(g)}$  = é a média porcentual dos genótipos  $i$ ;

$Z_{(1-\alpha)}$  = é o percentil da função de distribuição normal padrão;

$\hat{\sigma}_{z_{i(g)}}$  = é o desvio-padrão dos valores  $z_{ij}$ , associado ao  $i$ -ésimo genótipo;

O índice foi calculado também para os ambientes favoráveis e desfavoráveis. O coeficiente de confiança adotado foi de 75%, isto é,  $\alpha = 0,25$ . Foi utilizado o aplicativo Genes (CRUZ, 2013) para realização das análises estatísticas.

$$\hat{\mu}_i(\%) = \left( \frac{\hat{\mu}_i}{\bar{X}_j} \right) 100$$

$\hat{\mu}_i(\%)$  = é a estimativa da média do genótipo i expressa em percentual em relação a média do ambiente j.

A comparação das médias entre genótipos para o teste de agrupamento ambientes em cada ano foi realizada utilizando o método Scott-Knott, com uma probabilidade de erro de 5%. Obtendo-se a frequência de cada genótipo no grupo “a”, grupo das maiores médias. Esta frequência é um indicativo de adaptação (maior rendimento) e de estabilidade, quanto mais próximo a frequência do genótipo estiver de 100%, melhor corresponderá sua adaptabilidade.

Com os parâmetros de estabilidades obtidos considerando o ano como repetição dentro do biênio montou-se um arquivo e então realizou-se a análise de variância por biênio para verificar o efeito do ano (bloco) dos genótipos e as estimativas de repetibilidade (herdabilidade) utilizando o software Genes (CRUZ, 2013). Considerou-se a frequência de repetibilidade acima de 0,75 como parâmetro para indicar se a repetibilidade é realmente consistente e útil para o melhorista.

$$r_{yy}^2 = (Q_1 - Q_2) / Q_1$$

Onde:

$Q_1$  e  $Q_2$  = são os quadrados médios de genótipos e o quadrado médio do erro, respectivamente, obtidos pela análise de variância de cada biênio, para uma determinada variável relativa.

Para averiguar o intervalo de confiança da estimativa da repetibilidade, utilizou-se a seguinte expressão:

$$IC = \pm t[(n-1); (1 - \frac{\alpha}{2})] \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Dado:

$t[(n-1); (1 - \frac{\alpha}{2})]$  = valor do teste t tabelado, em função dos graus de liberdade e do nível de probabilidade considerados;

$\alpha/2$  = Probabilidade considerada = 5%/2 = 0,025 por ser teste bilateral;

s = desvio padrão da estimativa de repetibilidade da respectiva variável relativa a adaptabilidade e estabilidade;

(n-1) = graus de liberdade;

n = números de biênios.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

**Tabela 4.1** - Número do biênio, ano agrícola, número de ambientes e genótipos comuns em cada biênio (B) e grau de liberdade do erro obtido na análise de variância conjunta nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão do programa de melhoramento genético do IAPAR, nos anos de 1978 a 2016 no estado do Paraná ao grupo comercial cores.

B	ANO AGRÍCOLA	AMBIENTES	GENÓTIPOS	GL ERRO
				CONJ
1	1978/1979 - 1979/1980	11	5	132
2	1979/1980 - 1980/1981	11	3	66
3	1980/1981 - 1981/1982	12	5	144
4	1981/1982 - 1982/1983	10	6	150
5	1982/1983 - 1983/1984	5	9	120
6	1983/1984 - 1984/1985	7	9	168
7	1984/1985 - 1985/1986	4	4	36
8	1985/1986 - 1986/1987	6	6	90
9	1986/1987 - 1987/1988	13	8	273
10	1987/1988 - 1988/1989	11	4	99
11	1988/1989 - 1989/1990	10	5	120
12	1989/1990 - 1990/1991	6	6	90
13	1990/1991 - 1991/1992	7	8	147
14	1991/1992 - 1992/1993	12	9	288
15	1992/1993 - 1993/1994	12	10	324
16	1993/1994 - 1994/1995	9	9	216
17	1994/1995 - 1995/1996	11	8	231
18	1995/1996 - 1996/1997	11	10	297
19	1996/1997 - 1997/1998	11	8	231
20	1997/1998 - 1998/1999	6	3	36
21	1998/1999 - 1999/2000	6	6	90
22	1999/2000 - 2000/2001	5	10	135
23	2000/2001 - 2001/2002	7	8	147
24	2001/2002 - 2002/2003	4	6	60
25	2002/2003 - 2003/2004	5	7	90
26	2003/2004 - 2004/2005	6	10	162
27	2004/2005 - 2005/2006	5	7	90
28	2005/2006 - 2006/2007	7	5	84
29	2006/2007 - 2007/2008	6	4	54
30	2007/2008 - 2008/2009	9	9	168
31	2008/2009 - 2009/2010	8	6	120
32	2009/2010 - 2010/2011	8	9	192
33	2010/2011 - 2011/2012	7	9	168
34	2011/2012 - 2012/2013	6	9	144
35	2012/2013 - 2013/2014	5	16	225
36	2013/2014 - 2014/2015	5	5	60
37	2014/2015 - 2015/2016	9	7	168

Fonte: o próprio autor

**Tabela 4.2** - Número do biênio, ano agrícola, número de ambientes e genótipos comuns em cada biênio (B) e grau de liberdade do erro obtido na análise de variância conjunta nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão do programa de melhoramento genético do IAPAR, nos anos de 1978 a 2016 no estado do Paraná ao grupo comercial preto.

B	ANO AGRÍCOLA	AMBIENTES	GENÓTIPOS	GL ERRO CONJ
1	1978/1979 - 1979/1980	11	5	132
2	1979/1980 - 1980/1981	11	3	66
3	1980/1981 - 1981/1982	11	3	66
4	1981/1982 - 1982/1983	4	2	12
5	1982/1983 - 1983/1984	4	9	96
6	1983/1984 - 1984/1985	2	2	6
7	1984/1985 - 1985/1986	1	5	-
8	1985/1986 - 1986/1987	7	7	126
9	1986/1987 - 1987/1988	14	6	210
10	1987/1988 - 1988/1989	12	10	324
11	1988/1989 - 1989/1990	7	10	189
12	1989/1990 - 1990/1991	5	6	75
13	1990/1991 - 1991/1992	7	5	84
14	1991/1992 - 1992/1993	8	8	168
15	1992/1993 - 1993/1994	5	10	135
16	1993/1994 - 1994/1995	6	9	144
17	1994/1995 - 1995/1996	7	7	126
18	1995/1996 - 1996/1997	7	5	84
19	1996/1997 - 1997/1998	6	7	108
20	1997/1998 - 1998/1999	3	6	45
21	1998/1999 - 1999/2000	6	5	72
22	1999/2000 - 2000/2001	6	11	180
23	2000/2001 - 2001/2002	7	8	147
24	2001/2002 - 2002/2003	4	9	96
25	2002/2003 - 2003/2004	5	6	75
26	2003/2004 - 2004/2005	8	5	96
27	2004/2005 - 2005/2006	6	5	72
28	2005/2006 - 2006/2007	7	6	105
29	2006/2007 - 2007/2008	7	5	84
30	2007/2008 - 2008/2009	8	9	192
31	2008/2009 - 2009/2010	8	6	120
32	2009/2010 - 2010/2011	8	11	240
33	2010/2011 - 2011/2012	7	8	147
34	2011/2012 - 2012/2013	6	9	144
35	2012/2013 - 2013/2014	5	9	120
36	2013/2014 - 2014/2015	5	6	75
37	2014/2015 - 2015/2016	7	9	168

Fonte: o próprio autor

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média nos ensaios de VCU do grupo comercial cores variou de 958 kg ha<sup>-1</sup> a 3.348 kg ha<sup>-1</sup> e no grupo comercial preto de 932 kg ha<sup>-1</sup> a 3.243 kg ha<sup>-1</sup>, evidenciando a variabilidade para esta característica durante os 38 anos de estudo.

A porcentagem relativa dos valores dos quadrados médios obtidos pela análise conjunta por ano de cada um dos 37 biênios analisados para o grupo comercial cores, revelou que o efeito preponderante foi dos ambientes, com média de 89,5% em relação a soma dos quadrados médios de todos os efeitos (genótipos, ambientes e sua interação), com desvio padrão de  $\pm 7,3\%$ , para o primeiro ano dos biênios, enquanto que para o segundo ano, sua média também alcançou a mesma magnitude de  $86,3 \pm 14,1\%$  (Tabelas 4.3 e 4.4).

O efeito de genótipos ficou ao redor de  $9,0 \pm 8\%$  para os dois anos e a interação genótipos x ambientes foi a que menos contribuiu, restringindo-se a cerca de 3,0% na média de todos os biênios. Para o grupo preto os valores foram próximos dos obtidos no grupo cores para todos os efeitos (ANEXO B e D).

Resultados semelhantes foram obtidos por Bertoldo et al. (2013) que constaram a supremacia dos efeitos de ambientes para a produção de grãos.

**Tabela 4.3** - Resumo das análises de variâncias conjuntas para os dados de rendimento de grãos, em kg ha<sup>-1</sup>, do grupo comercial cores, relativos à média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) da porcentagem relativa aos valores do teste F calculado para os efeitos de genótipos (QMG), de ambientes (QMA) e da interação genótipos por ambientes (QMGxA) para os dois anos que compuseram os 37 biênios no período de 1978 a 2016.

	BIÊNIO					
	ANO 1			ANO 2		
	QMG	QMA	QMGxA	QMG	QMA	QMGxA
Média	8,0	89,5	2,5	10,4	86,3	3,2
Desvio padrão	6,3	7,3	1,9	10,9	14,1	4,0
C.V. (%)	78,5	8,1	75,0	104,3	16,3	126,0

Fonte: do autor

**Tabela 4.4** - Resumo das análises de variâncias conjuntas para os dados de rendimento de grãos, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , do grupo comercial preto, relativos à média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) da porcentagem relativa aos valores do teste F calculado para os efeitos de genótipos (QMG), de ambientes (QMA) e da interação genótipos por ambientes (QMGxA) para os dois anos que compuseram os 35 biênios no período de 1978 a 2016.

	BIÊNIO					
	ANO 1			ANO 2		
	QMG	QMA	QMGxA	QMG	QMA	QMGxA
Média	11,1	86,1	2,8	10,1	86,8	3,0
Desvio padrão	10,9	12,7	2,3	10,1	12,0	2,7
C.V. (%)	98,3	14,8	82,8	99,3	13,8	90,3

Fonte: o próprio autor

O efeito de ambientes foi significativo em todos os anos de todos os biênios para ambos grupos comerciais. O efeito de genótipos foi não significativo (ns.) em quatro biênios no primeiro ano e em apenas um biênio, no segundo ano para o grupo cores e em dois e três respectivamente para o grupo preto. A significância do efeito da interação G x A foi praticamente na mesma intensidade para os dois anos e nos dois grupos comerciais, especificamente, em apenas três biênios a interação foi não significativa (Tabelas 4.5 e 4.6).

Mesmo nos biênios com interação não significativa foi realizado o desdobramento da interação G x A para análise de adaptabilidade e estabilidade seguindo os critérios de Zobel et al. (1988) que indicam que a não significância da interação pode ser importante agronomicamente, principalmente para os ensaios multi-locais.

O efeito dos anos nos biênios para os parâmetros coeficiente de regressão linear (b), estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I), porcentagem da média de rendimento (média (%)) não foram estimados, pois não há como testar o efeito devido a média do primeiro ano ser igual ao segundo ano para estas variáveis, ou seja, a média do coeficiente b de todos os genótipos no ano 1 será igual a 1,0 e apresentará o mesmo valor de 1,0 no ano 2;  $W_i^2\%$  (que tem media =  $100/t$ ),  $P_i$  (que tem media =

100/t) e média em %, (que tem media = 100), sendo t o número de genótipos comuns no biênio considerado (Tabela 4.7).

**Tabela 4.5** - Número de biênios estudados e frequência da significância para os efeitos de genótipos (G), de ambientes (A) e da interação genótipos por ambientes (G x A) sobre o rendimento de grãos de feijão no período de 1978 a 2016 para o grupo comercial cores.

	ANO 1			ANO 2		
	G	A	G x A	G	A	G x A
Biênios	37	37	37	37	37	37
Biênios ns.	4	0	3	1	0	2
Freq ns(%)	10,8	0,0	8,1	2,7	0,0	5,4
Freq * (%)	0,0	0,0	5,4	5,4	2,7	5,4
Freq ** (%)	89,2	100,0	86,5	91,9	97,3	89,2

Fonte: o próprio autor

**Tabela 4.6** - Número de biênios estudados e frequência da significância para os efeitos de genótipos (G), de ambientes (A) e da interação genótipos por ambientes (G x A) sobre o rendimento de grãos de feijão no período de 1978 a 2016 para o grupo comercial preto.

	ANO 1			ANO 2		
	G	A	G x A	G	A	G x A
Biênios	35	35	35	35	35	35
Biênios ns.	2	0	3	3	0	3
Freq ns(%)	5,7	0,0	8,6	8,6	0,0	8,6
Freq * (%)	5,7	2,9	2,9	0,0	2,9	5,7
Freq ** (%)	88,6	97,1	88,6	91,4	97,1	85,7

Fonte: o próprio autor

O efeito dos genótipos para os parâmetros média, distância do genótipo ideal (Pi Geral %) e porcentagem da média obteve boa representatividade na significância com frequências de P-valor acima de 50% no grupo comercial cores, comportamento semelhante à frequência da repetibilidade para os parâmetros média (60,0%), PI Geral (62,9%), índice de confiança (62,9%) e porcentagem da média (65,7%) para o grupo comercial preto (Tabela 4.7)..

Para o grupo comercial preto, os parâmetros com efeito de genótipos com frequências de significância do P-valor representativas, acima de 50% foram: média (60,0%), distancia do genótipo ideal (51,4%), índice de confiança (60,0%) e porcentagem da média (57,1%), a frequência da repetibilidade também seguiu a mesma tendência para estes parâmetros.

**Tabela 4.7** - Frequência, em valor absoluto e em porcentagem, dos biênios com efeitos de anos e genótipos significativos (com P-valor  $\leq 5\%$ ) e frequência da repetibilidade com valor  $\geq 75\%$  para os grupos comerciais cores e preto para os parâmetros média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Annicchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) e frequência de "a".

		MÉDIA	b	$R^2$	$W_i^2\%$	PI GERAL	I GERAL	Média (%)	Freq "a"
CORES	Ano	20	0	9	0	0	0	0	15
	Gen	20	5	1	5	20	16	21	14
	Ano (%)	54,1	0,0	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	40,5
	Gen (%)	54,1	13,5	2,7	13,5	54,1	43,2	56,8	37,8
PRETO	Ano	22	0	8	0	0	0	0	10
	Gen	21	5	6	10	18	21	20	12
	Ano (%)	62,9	0,0	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6
	Gen (%)	60,0	14,3	17,1	28,6	51,4	60,0	57,1	34,3

Fonte: o próprio autor

A expressão da estimativa da repetibilidade, pode ser desdobrada, colocando-a em função do valor do teste F para o efeito de genótipos, na análise de variância, dentro de cada biênio:  $(r_{yy}^2) = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{Q_1}{Q_1} - \frac{Q_2}{Q_1} = (1 - \frac{1}{F_1})$ , onde  $Q_1$  e  $Q_2$  são os quadrados médios de genótipos e do resíduo, respectivamente e  $F_1$  é o valor do teste F para genótipos, uma vez que o teste F é obtido por  $F_1 = \frac{Q_1}{Q_2}$ . Para que o valor da repetibilidade seja maior que zero, o valor do teste F de genótipos, tem que ser maior que 1. A repetibilidade, expressa em termos de F de genótipos corresponde ao quadrado da acurácia seletiva ( $\hat{r}_{\hat{g}g}$ ), segundo Resende; Duarte (2007).

A acurácia seletiva é dada por:

$$\hat{r}_{gg} = \left(1 - \frac{1}{F}\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{F}\right)}$$

Cargnelutti Filho; Storck (2009) analisando o rendimento de grãos em 101 ensaios de competição de cultivares de milho, já apontavam esta relação do quadrado da acurácia seletiva com a herdabilidade no sentido amplo. Eles propuseram diferentes critérios para a precisão experimental, entre esses critérios, o da herdabilidade ( $h^2$ ), que considerava ensaios com herdabilidade acima de 0,81 como sendo de precisão muito alta e abaixo de 0,25 de baixa precisão.

Rezende; Duarte (2007) defendem que este índice de acurácia contempla simultaneamente três aspectos da experimentação, a magnitude o erro experimental, o número de repetições e a variabilidade genética, contribuindo efetivamente na classificação de cada ensaio, quanto a sua capacidade em discriminar os genótipos em teste. Sugerem valores acima de 0,90 de acurácia seletiva, o que equivale a 0,81 de repetibilidade, e valor de F superior a 5,0 nos ensaios com adequada capacidade discriminatória.

Considerou-se o valor de 75% para a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, como sendo de magnitude confiável ao pesquisador, visto que com os dados disponíveis em todos os biênios analisados, a repetibilidade para alcançar este valor, o F de genótipos tem que ser igual a 4.

A média do número de genótipos em cada biênio, ficou ao redor de oito para o grupo cores e próximo a sete para o grupo comercial preto. Como foram utilizadas apenas duas repetições, representada pelos dois anos dentro de cada biênio, os graus de liberdade da análise de variância para genótipos ficaram entre 6 e 7 e os mesmos para os graus de liberdade do resíduo. Nestas condições, para que o efeito de genótipos fosse significativo, os valores de F tabelado a 5% de probabilidade, ficaram em torno de 4,28 e 3,79 respectivamente. Estes valores de F de genótipos, implicam nos valores de 76,6 e de 73,6% para suas repetibilidade (ANEXO C e E).

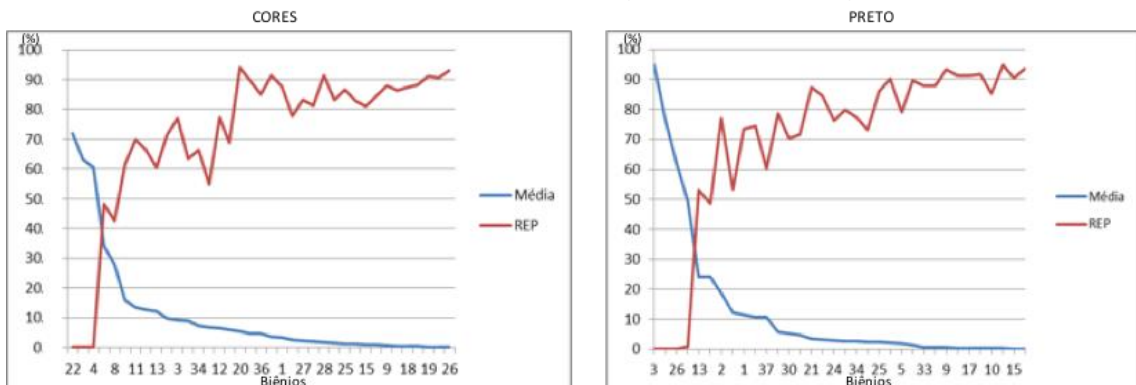
As figuras de 4.1 a 4.8 apresentam o aspecto irregular da curva de repetibilidade em função do nível de significância (P-valor) do efeito de genótipos, deve-se ao fato que mesmos valores de significância foram alcançados com

diferentes valores de F de genótipos, em função dos graus de liberdade para genótipos e para o resíduo.

Nota-se nestas figuras que o ponto de intersecção das duas curvas, da repetibilidade e do nível de significância de genótipos, ocorreu na maioria das vezes ao redor do valor de 33%. Quanto mais biênios estiverem à direita deste ponto de intersecção entre as duas curvas, maior será a confiabilidade da variável relacionada ao desempenho do genótipo.

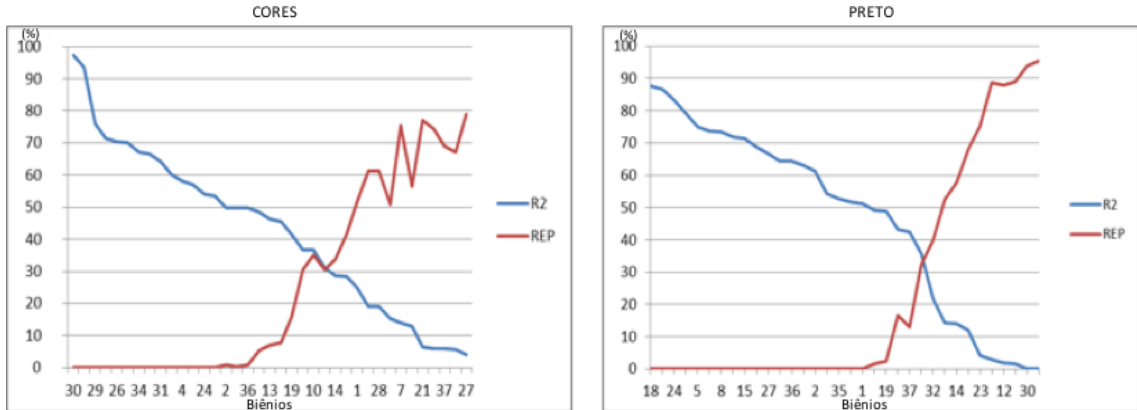
Salienta-se que quanto mais consolidado for o programa de melhoramento genético, mais competitivo será, produzindo linhagens também competitivas e conseqüentemente com desempenho semelhante, o que acarretará em menor variabilidade entre as linhagens, reduzindo o valor do teste F de genótipos, implicando em menor estimativa da repetibilidade da variável utilizada para aferir seu desempenho, mediante parâmetros de estabilidade, ou seja, irá complicar ainda mais a seleção e o trabalho do melhorista.

**Figura 4.1** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável Média geral do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



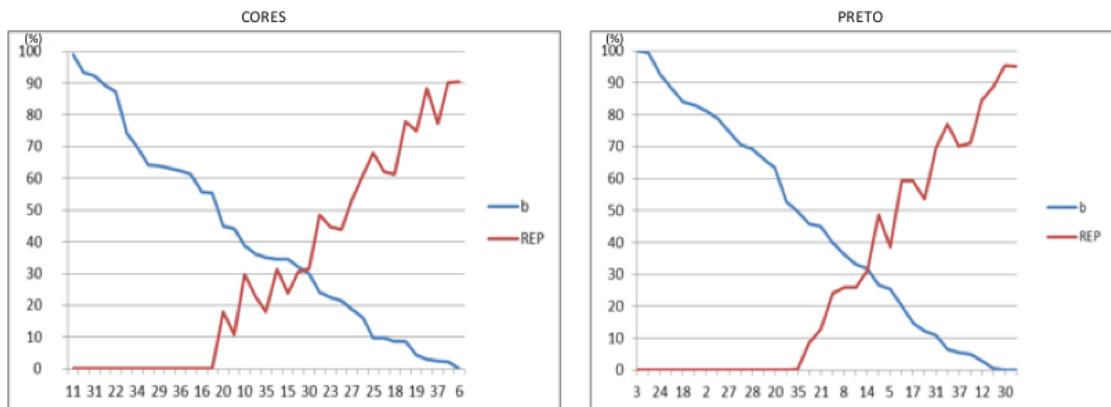
Fonte: o próprio autor

**Figura 4.2** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



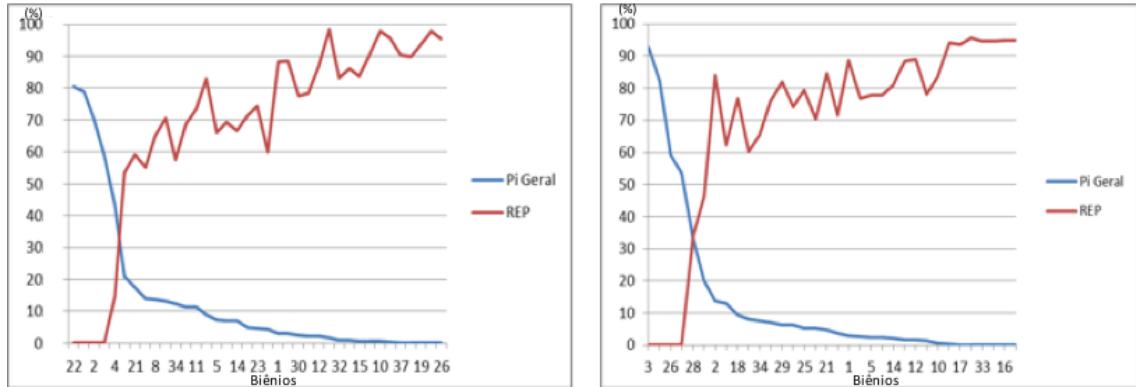
Fonte: o próprio autor

**Figura 4.3** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável coeficiente de regressão linear ( $b$ ) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



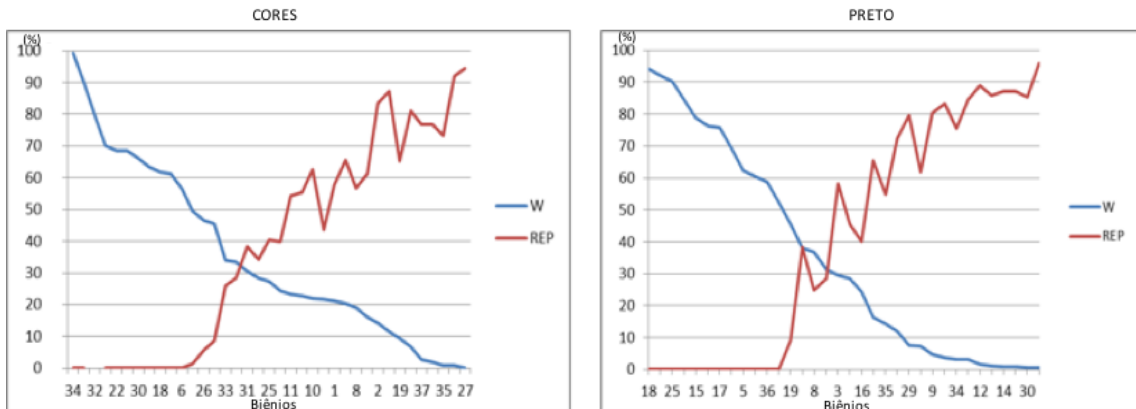
Fonte: o próprio autor

**Figura 4.4** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável distância do genótipo ideal (Pi Geral %) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



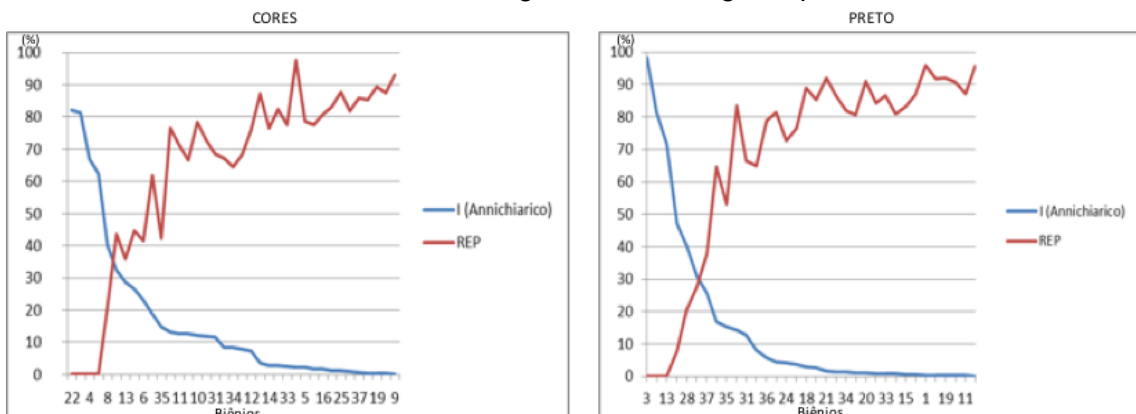
Fonte: o próprio autor

**Figura 4.5** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável estimativa de ecovalência (W) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



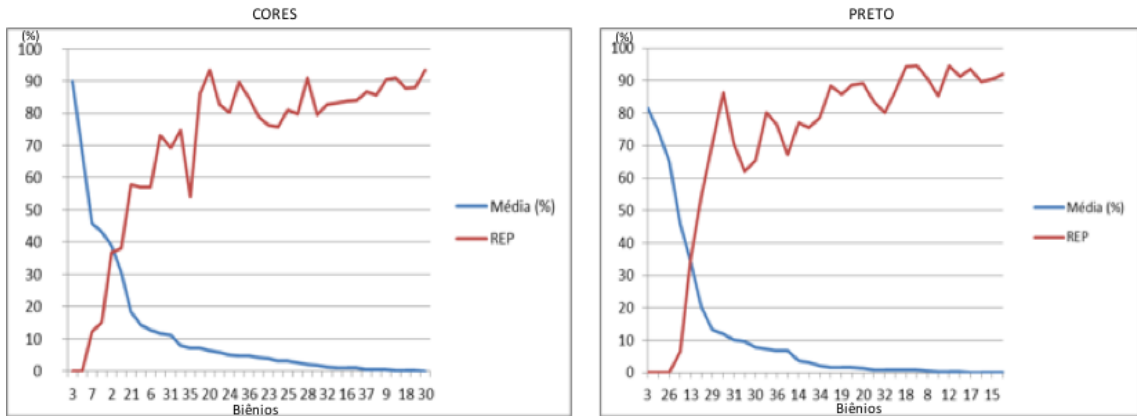
Fonte: o próprio autor

**Figura 4.6** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável índice de confiança (I geral) do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



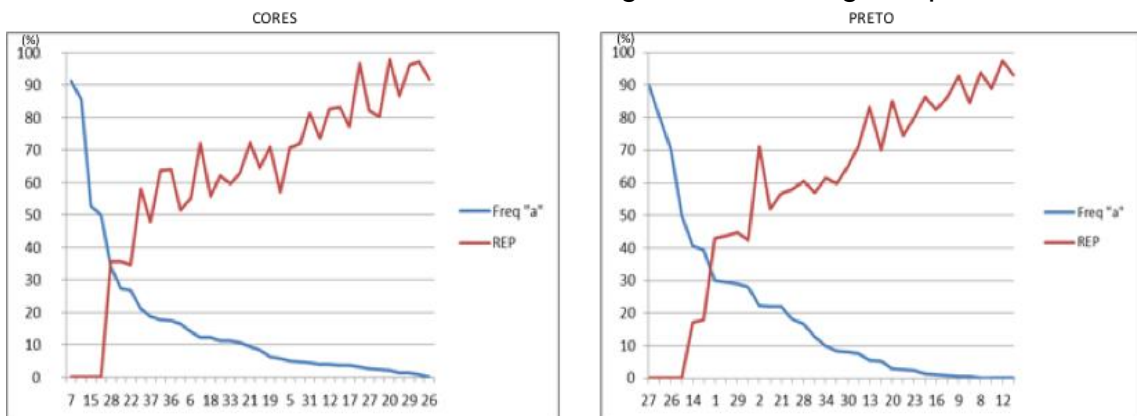
Fonte: o próprio autor

**Figura 4.7** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável média % do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



Fonte: o próprio autor

**Figura 4.8** – Nível de significância do efeito de genótipos (%) da variável Frequência de "a" do rendimento de grãos de feijão dos grupos cores e preto e sua respectiva repetibilidade (%) em função dos biênios, ordenados de forma decrescente do nível de significância dos genótipos.



Fonte: o próprio autor

Neste sentido, no grupo cores, com total de 37 biênios estudados, foram obtidos valores de repetibilidade acima de 75%, para as variáveis: média absoluta (em 23 biênios), distância do genótipo ideal (em 18), índice de confiança (em 19) e porcentagem da média de rendimento (em 24), evidenciando que estes parâmetros podem ser úteis ao melhorista (Tabela 4.8).

As variáveis com menor repetibilidade foram o coeficiente de regressão linear ( $b$ ), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e as estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ) com pequena magnitude, abaixo de 19% de frequência significativa para ocorrência nos 37 biênios em estudo (Tabela 4.8).

**Tabela 4.8** - Repetibilidade média para os parâmetros de médias, desvio padrão e intervalo de confiança da repetibilidade expressos em porcentagem, para os parâmetros média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Annicchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) e frequência de “a” pelo teste de grupamento nos 37 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial cores no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016.

	MÉDIA	b	$R^2$	$W_i^2\%$	Pi GERAL	I GERAL	MÉDIA %	FREQ. “a”
Média	78,1	50,4	40,6	54,2	76,7	71,3	73,7	69,4
Desvio Padrão	25,2	31,7	29,6	33,2	29,3	28,3	26,3	27,5
C.V. (%)	32,2	63,0	72,8	61,2	38,2	39,6	35,7	39,6
I.C.	8,1	10,2	9,5	10,7	9,4	9,1	8,5	8,9
$CV_{ic}(\%)$	10,4	20,3	23,5	19,7	12,3	12,8	11,5	12,7
$L_i$	70,0	40,2	31,1	43,5	67,3	62,2	65,3	60,6
$L_s$	86,2	60,6	50,1	64,9	86,1	80,4	82,2	78,3
Biênios $\geq 75\%$	23	6	3	7	18	19	24	12
Freq $\geq 75\%$	62,2	16,2	8,1	18,9	48,6	51,4	64,9	32,4

Fonte: o próprio autor

**Tabela 4.9** - Repetibilidade média para os parâmetros de médias, desvio padrão e intervalo de confiança da repetibilidade expressos em porcentagem, para os parâmetros média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estimativas de ecovalência ( $W_i^2\%$ ), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Annicchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) e frequência de “a” pelo teste de grupamento nos 35 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial preto no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016.

	MÉDIA	b	$R^2$	$W_i^2\%$	Pi GERAL	I GERAL	MÉDIA %	FREQ. “a”
Média	68,3	54,0	55,4	65,1	77,1	73,8	77,2	67,3
Desvio Padrão	32,2	35,4	35,5	37,4	31,7	31,9	30,7	32,1
C.V. (%)	47,1	65,7	64,2	57,4	41,1	43,2	39,8	47,7
I.C.	10,4	11,4	11,4	10,2	10,2	10,3	9,9	10,3
$CV_{ic}(\%)$	15,2	21,2	20,7	13,3	13,3	13,9	12,8	15,4
$L_i$	58,0	42,5	43,9	66,9	63,5	63,5	67,3	57,0
$L_s$	78,7	65,4	66,8	87,3	84,1	84,1	87,1	77,7
Biênios $\geq 75\%$	21	6	6	11	22	22	23	12
Freq $\geq 75\%$	60,0	17,1	17,1	31,4	62,9	62,9	65,7	34,3

Fonte: o próprio autor

O alto valor do coeficiente de variação obtido para as variáveis de estimativas de ecovalência (61,2%), do coeficiente de regressão linear (63,0%) e do coeficiente de determinação (72,8%), indicando variabilidade significativa dos genótipos entre os biênios (com relação a adaptabilidade e estabilidade) (PIMENTEL GOMES, 1985) acima de 20% (Tabela 4.8) para o grupo cores e com magnitudes semelhantes no grupo preto também (Tabela 4.9).

As variáveis mais consistentes na repetibilidade foram aquelas relacionadas com a média da produtividade de grãos do genótipo: média, Pi Geral %,  $W_i^2$ % e a frequência de "a". Em trabalhos conduzidos para verificar a aplicação de diferentes metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade em Silva e Duarte (2006), Pereira et al. (2009) e Domingues et al. (2013) consideram a média de rendimento de grãos como parâmetro para indicação de cultivares.

Lima et al. (2013), estudando a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade do feijoeiro em 4 biênios concluíram que as estimativas de repetibilidade são mais consistentes quando baseadas em parâmetros de rendimento de grãos ao invés de parâmetros de estabilidade relativa dos genótipos.

Analisando o grupo preto também se verifica que a repetibilidade foi similar ao grupo cores, com estimativas significativas (acima de 75%), para as variáveis média (21), distancia do genótipo ideal (22), índice de confiança (22) e porcentagem da média de rendimento (23) (Tabela 4.9).

Para o grupo comercial preto as variáveis com menor repetibilidade também foram: o coeficiente de regressão linear, o coeficiente de determinação e as estimativas de ecovalência com pequena magnitude, abaixo de 32% de frequência significativa para ocorrência nos 35 biênios em estudo.

#### 4.6 CONCLUSÃO

As estimativas de repetibilidade para a variável rendimento de grãos de feijão foram consistentes para os parâmetros média geral, índice de confiança (I Annicchiarico) e porcentagem da média de rendimento (média (%)) para ambos os grupos comerciais.

O coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtiveram baixa magnitude de estimativa de repetibilidade tanto no grupo comercial cores como no grupo preto.

## 5 CONCLUSÕES

O programa de melhoramento genético de feijoeiro do Instituto Agrônômico do Paraná apresenta progresso genético significativo para a variável rendimento de grãos, com a recomendação de cultivares com alto potencial produtivo e elevada adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

As estimativas de progresso genético para o rendimento de grãos são da ordem de 1,03% ao ano para o grupo comercial cores e 2,18% ao ano para o grupo preto em 38 anos de pesquisa.

Para as estimativas de repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, as variáveis que correlacionam o rendimento de grãos de feijão foram as mais consistentes em informações úteis ao melhorista.

Os parâmetros média geral, índice de confiança (I Annicchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) para ambos os grupos comerciais apresentaram maiores índices de repetibilidade da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos ao longo de 37 biênios.

Para aumentar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade genotípica é necessário reduzir a interação genótipos x anos, e para isto deve-se proceder a regionalização (estratificação) dos ambientes, agrupando-os conforme o grau de tecnologia e manejo empregado pelos produtores, bem como clima e solo de cada região do estado.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; MARTINS, L. A. **Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e alto Paranaíba em Minas Gerais.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n.1, p.105-12, 1994.

ALMEIDA, L. D'A. de.; LEITÃO FILHO, H. F. & MIYASAKA, S. **Características do feijão carioca, um novo cultivar.** *Bragantia*, Campinas, 30: XXXIII - XXXVIII, abril 1971.

ANNICCHIARICO, P. **Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy.** *J. Genetic. & Breed.* 46. p. 269-278. 1992.

ANTUNES, I.F. **Progresso no melhoramento genético do feijão no Rio Grande do Sul, no período 1987/ 88 - 1998/99.** In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO FEIJÃO E IV REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DO FEIJÃO, 33, 2000, Santa Maria. Anais... Santa Maria : UFSM, 2000.

ARAÚJO, G. A. A.; CAMELO, G. N. Preparo do Solo e Plantio. In: CARNEIRO, J. E.S.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Org.). **Feijão: do plantio à colheita.** Viçosa: UFV, 2015. p. 115-144.

ATROCH, A. L.; NUNES, G. H. S. **Progresso genético em arroz de várzea úmida no Estado do Amapá.** *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2000, vol.35, n.4, pp.767-771.

BARILI, L. D; VALE, N. M.; PRADO, A. L.; CARNEIRO, J. E. S.; SILVA, F. F.; NASCIMENTO, M. **Genotype-environment interaction in common bean cultivars with carioca grain cultivated in Brazil in the last 40 years.** *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 15: 244-250, 2015.

BARILI, L.D.; VALE, N.M.; MOURA, L.M.; PAULA, R.G.; SILVA, F.F.; CARNEIRO, J.E.S. **Genetic progress resulting from forty-three years of breeding of the carioca common bean in Brazil.** *Genetics and Molecular Research* 15: 2016a.

BARILI, L. D; VALE, N. M.; PRADO, A. L.; CARNEIRO, J. E. S.; SILVA, F. F.; SILVA, F. L. **Five decades of black common beans genetic breeding in Brazil.** *Pesquisa Agropecuária Trop.*, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 259-266, Jul./Sep. 2016b.

BARBOSA NETO, J.F.; MATIELLO, R.R.; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, J.M.S.; PEGORARO, D.G.; SCHNEIDER, F.; SORDI, M.H.B.; VACARO, E. **Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p.1605-1612, 2000.

BARROSO, L.M.A.; TEODORO, P.E.; NASCIMENTO, M.; TORRES, F.E.; TORRES, F.E.; SANTOS, A.; CORRÊA, A.M.; SAGRILLO, E.; CORRÊA, C.C.G.; SILVA, F.A.; CECCON, G. **Bayesian approach increases accuracy when selecting cowpea genotypes with high adaptability and phenotypic stability**. Genetics and Molecular Research 15, 2015.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. **Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard - to - cook common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. Journal of Food Science, Chicago, v. 75, n. 3, p. 286 - 290, 2010.

BERTOLDO, G. J.; BARILI, L. D.; DO VALE, N.M.; COIMBRA, J. L. M.; STÄHELIN, D.; GUIDOLIN, A. F. **Genetic gain in agronomic traits of common bean in the region of Planalto Catarinense**. Euphytica. 171:381–388. 2010.

BERTOLDO, G. J.; MORAIS, P. P. P.; KRUGER L. H.; TREVISANI, N.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; ELIAS, H. T. **Differential Contribution of breeding institutions to bean genetic gain**. Interciencia. V. 38. N. 07. Jul, 2013.

BERTOLDO, G. J.; NODARI, R. O.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; OALDO, D.; MORAIS, P. P. P.; ELIAS, H.T. **Genetic progress of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) over seven years**. Interciencia. V. 39, n. 1. Jan, 2014.

BERTOLDO, J. G.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R. **Consequências da domesticação em feijão-comum para o melhoramento de plantas**. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, Porto Alegre, v.18, n.1, p.17-23, 2012.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 25**, de 23 de maio de 2006. Estabelece os critérios mínimos a serem observados para a determinação do valor de cultivo e uso-VCU de feijão e os respectivos formulários anexos para inscrição de cultivares no Registro Nacional de Cultivares. Anexo I. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no Registro Nacional de Cultivares-RNC. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Seção 1:16. 2006.

BORGES, V.; SOARES, A.A.; RESENDE, M.D.V.; REIS, M.S.; CORNÉLIO, V.M.O.; SOARES, P.C. **Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de Minas Gerais utilizando modelos mistos**. Revista Brasileira de Biometria, v.27, p.478-490, 2009.

BORÉM, A., **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547 p.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. A Cultura. In: CARNEIRO, J. E.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Coord.). **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 9-15.

BRUZI, A. T. et al. **Homeostasis of common bean populations with different genetic structures**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Londrina, v. 7, p. 111-116, Abr. 2007.

BULMAN, P.; MATHER, D. E.; SMITH, D. L. **Genetic improvement of spring barley cultivars grows in eastern Canada from 1910 a 1988**. Euphytica, Wageningen, v.7, n. 1, p. 35 – 48, 1993.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; FERREIRA, D. F.; SENA, M.R. **Homeostasis of common bean populations with different genetic structures**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.7, p.111-116, 2007.

CAMPOS, G.; GIANOLA, D. **Factor analysis models for structuring covariance matrices of additive genetic effects: a Bayesian implementation**. Genetics Selection Evolution 39: 481-494, 2007.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DIAS, L. A. S.; GARCIA, A. A. F.; MORAIS, L. K. **Common bean cultivars and lines interactions with environments**. Scientia Agricola 61: 169-177, 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L **Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão**. Ciencia Rural, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 419-2424, dez, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. **Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44: 111-117. 2009.

CARMO, S. L. M.; SANTOS, J. B.; HAGIWARA W. E.; FERREIRA, J. L. **Avaliação do stay green em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Ciência e Agrotecnologia, v.31, p.953-957, 2007.

CARNEIRO J. E. de S, ABREU A. F. B., RAMALHO M. A. P., DE PAULA T. J., JUNIOR. **BRSMG Madrepérola: common bean cultivar with late-darkening carioca grain**. *Crop. Breed. Appl. Biotechnol.* 12: 281-284. 2012.

CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015.

CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; VENCOSKY, R.; FONSECA JUNIOR, N. S.; PINHEIRO, J. B. **Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007.** Crop Breeding and Applied Biotechnology 10: 329 – 336, 2010.

COIMBRA, J. L. M., GUIDOLIN, A. F., CARVALHO, F. I. F., de, *et al.* **Análise de trilha I: análise do rendimento de grãos e seus componentes.** Ciência Rural, Santa Maria, v.29, n.2, p.213-218, 1999.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_07\\_09\\_16\\_20\\_14\\_conjuntura\\_agropecuaria\\_do\\_feijao\\_-\\_junho\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_16_20_14_conjuntura_agropecuaria_do_feijao_-_junho_2015.pdf)>. Acesso em dez, 2015.

\_\_\_\_\_. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>>. Acesso em nov. 2017.

\_\_\_\_\_. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_02\\_08\\_17\\_09\\_36\\_fevereiro\\_2018.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17_09_36_fevereiro_2018.pdf)>. Acesso em fev. 2018.

CORRÊA, A. M.; TEODORO, P. E.; GONÇALVES, M. C.; BARROSO, L. M. A.; NASCIMENTO, M.; SANTOS, A.; TORRES, F.E. **Adaptability and phenotypic stability of common bean genotypes through Bayesian inference.** Genetics and Molecular Research 15, 2015.

COSTA, M. M.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. **Genetic gain by different selection criteria in soybean segregant populations.** Agropecuária Brasileira. v.39 n.11. Brasília, nov. 2004.

COUTO, M. F.; NASCIMENTO, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, F. F.; VIANA, A.P.; VIVAS, M. **Eberhart and Russel's bayesian method in the selection of popcorn cultivars.** Crop Science 55: 571-577, 2015.

CROSSA, J.; PEREZ-ELIZALDE, S.; JARQUIN, D.; COTES, J. M.; VIELE, K.; LIU, G.; CORNELIUS, P.L. **Bayesian estimation of the additive main effects and multiplicative interaction model.** Crop Science 51: 1458-1469, 2011.

CRUZ, C. D. **Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics.** Acta Scientiarum. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa.** Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

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

DERAL - Departamento de economia Rural. **Feijão – Análise da Conjuntura**

**Agropecuária.** disponível em <  
[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/\\_feijao\\_2015\\_16.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/_feijao_2015_16.pdf) > Acesso em jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Feijão – Análise da Conjuntura Agropecuária.** disponível em  
 <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Feijao\\_2016\\_17.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Feijao_2016_17.pdf)> Acesso em dez. 2017.

DOMINGUES, L. S.; RIBEIRO, N. D.; MINETTO, C.; SOUZA, J. F.; 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 34: 1065-1076.

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

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <  
[http://www.cnpaf.embrapa.br/transferecia/informacoestecnicas/publicacoesonline/comunicadotecnico\\_206.pdf](http://www.cnpaf.embrapa.br/transferecia/informacoestecnicas/publicacoesonline/comunicadotecnico_206.pdf) > Acesso em set. 2016.

ELIAS, H. T.; HEMP, S.; FLESCHE, R. D. **Ganho genético na produtividade das cultivares de feijão recomendadas para Santa Catarina – 1979/1999.** In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão 6. Anais...Salvador: Embrapa, p 373-375. 1999.

ELIAS, H. T.; HEMP, S. SCAPIM, C. A.; RODOVALHO, M. A.; ROYER, M. R.; MORA, F.; BARRRETO, R.R. **Análise de estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina.** Acta Sci. Agron. Maringá, v. 27, n. 4, p. 623-628, Oct./Dec., 2005

ELIAS, J.; DODDS, P.; PRYOR, T. **Structure, function and evolution of plant disease resistance genes.** Current Opinion in Plant Biology, Londres, v. 3, p. 278 – 284, 2000.

FAO – **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION** - Perspectivas Alimentares da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Disponível em; <<https://www.fao.org/>> Acesso em: jan. 2016.

FARIA L. C. de; MELO, P. G. S., PEREIRA, H. S.; DEL PELOSO, M. J.; BRÁS, A. J. B. P.; MOREIRA, J. A. A. CARVALHO, H. W. L E MELO, L. C. **Genetic progress during 22 years of improvement of carioca-type common bean in Brazil.** Field Crops Research. 142 68–74. 2013.

FARIA L. C. de; MELO, P. G. S., PEREIRA, H. S; MELO, L. C. **Genetic Gain in Common Bean with Black Grain by Indirect Estimation Methods.** Field Crop Science, vol. 57, 1308-1314. 2017.

FARIA, L. C.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; WENDLAND, A.; BORGES, S. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; DIAZ, J. L. C.; CALGARO, M.; MELO, L. C. **Genetic progress during 22 years of black bean improvement.** Euphytica 199: 261-272. 2014.

FERNANDES, J. S. C. **Estabilidade ambiental de cultivares de milho (*Zea mays* L.) na Região Centro Sul do Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 94p. Dissertação de Mestrado.

FERNANDEZ, J. S. C.; FRANZON, J. F. T. **Thirty years of genetic progress in maize (*Zea mays* L.) in a tropical environment**. *Maydica*, Bergamo, v. 42, p. 21-27, 1997

FERNANDES, R. C.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, A. P. **Desempenho de cultivares de feijoeiro-comum em sistema orgânico de produção**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50: 797-806, 2015.

FONSECA JUNIOR, N. S. **Progresso Genético na cultura do feijão no estado do Paraná no período de 1977 a 1995**. 1997. 168 p. Dissertação (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. **Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials**. *Theoretical and Applied Genetics* 76: 1-10. 1988.

GEPTS, P. **Genetic resources of Phaseolus beans, their maintenance, domestication, evolution and utilization**, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 1988.

GEPTS, P.; DEBOUCK D. G. **Origin, domestication, and evolution of the common bean, *Phaseolus vulgaris***. In *Common Beans: Research for Crop Improvement*. Edited by: Voysest O, Van Schoonhoven A Oxon. UK: CAB International; 1991:7-53.

GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: BERNARDO, J.M.; BERGER, J.O.; DAVID, A.P.; SMITH, A.F.M (ED.). **Bayesian statistics**. New York: Oxford University, p. 625-631, 1992.

HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. D. **Simulation run length control in the presence of an initial transient**. *Operations Research* 31: 1109-1144, 1983.

IAC - **Instituto Agrônomo de Campinas**. Centro de Grãos e Fibras. Disponível em < [http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/cult\\_feijao.php](http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/cult_feijao.php)> Acesso em: set. 2016.

IAPAR - **Instituto Agrônomo do Paraná**. Ciência, tecnologia e inovação na agricultura do Paraná – Londrina : IAPAR, 2010. 66 p. il. (IAPAR. Documento, 33).

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo comercial 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em jun. 2016.

JARQUÍN, D.; PÉREZ-ELIZALDE, S.; BURGUEÑO, J.; CROSSA, J. **A Hierarchical Bayesian Estimation Model for Multienvironment Plant Breeding Trials in Successive Years.** *Crop Science*, vol. 56, September–October.2016

LIMA, L. K, DE; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, R. A. D. C.; ABREU. F. B. **Repeatability of adaptability and stability parameters of common bean in unpredictable environments.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.48, n.9, p.1254-1259, set. 2013.

LIMA, L. K, DE; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, F. B.; TOLEDO, F. H. R.B.; FERREIRA, R. A. D. C. **Implications of predictable and unpredictable environmental factors in common beans VCU trials in Minas Gerais.** *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 14: 146 – 153, 2014.

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

MALOSETTI, M.; RIBAUT, J. M.; VAN EEUWIJK, F. A. **The statistical analysis of multi-environment data: modelling genotype-by-environment interaction and its genetic basis.** *Drought phenotyping in crops: From theory to practice. Frontiers in physiology*, 4(44):53. 2013.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Perfil do feijão no Brasil.** Disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>> Acesso em: nov. 2015.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro de Cultivares.** Disponível em < [http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)>, Acesso em nov. de 2016.

MARIOT, M. P.; SERENO, M.J.C.M.; FEDERIZZI, L.C.; CARVALHO, F.I.F. Herança da estatura de planta e do comprimento da panícula principal no cruzamento entre Avena sativa L . e A vena sterilis L . *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.1, p.77 - 82, 1999.

MATOS, J. W.; **Análise crítica do programa de melhoramento genético do feijoeiro da UFLA no período de 1974 a 2004.** 2005; 116 p. Tese (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

MATOS, J. W. de; RAMALHO, M. A. P. e ABREU, A. F. B. **Thirty-two years of the program for genetic improvement of common bean in Minas Gerais.** *Ciência. agrotec.*, vol.31, n.6, pp. 1749-1754, 2007.

MELO, L.C.; MELO, P.G.; FARIA, L.C. de; DIAZ, J.L.C; DEL PELOSO, M.J.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. da. **Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.715-723, 2007.

MENEZES JUNIOR, J. A. N. de; RAMALHO, M. A. P. e ABREU, A. de F. B. **Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro.** *Bragantia*. 2008, vol.67, n.4, pp. 833.

MODA-CIRINO, V.; GERAGE, A. C.; RIEDE, C. R.; SERA, G.; TAKAHASHI, M.; ABBUD, N.; SNAZARENO, N. R. X.; ARAÚJO, P. M.; AULER, P. M.; YAMAOKA, R. S.; SERA, T.; ALMEIDA, W. P. **Plant breeding at Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR.** *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2: 25-30, 2012.

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

NASCIMENTO, M.; SILVA, F. F.; SÁFADI, T.; NASCIMENTO, A. C. C.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D. **Abordagem bayesiana para avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alfafa.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 26-32, 2011.

NEPA – Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.-** 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p.

OLIVEIRA, L.A.; SILVA, C.P.; NUVUNGA, J.J.; SILVA, A.Q.; BALESTRE M. **Bayesian GGE biplot models applied to maize multi-environments trials.** *Genetics and Molecular Research* 15, 2016

OLIVEIRA, R.L.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, M.J.B.; REIS, R.L. **Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão.** *Ciência e Agrotecnologia* 33: 113-119, 2009.

OVANDO-MARTÍNEZ, M.; BELLO-PÉREZ, L. A.; WHITNEY, K.; OSORIO-DÍAZ, P. SIMSEK, S. **Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities.** *Carbohydrate Polymers*, 85, 54–64. 2011.

PAULA JR., T. J.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; LOBO JUNIOR, M.; WENDLAND, A. Doenças do feijoeiro: Estratégia Integrada de Manejo. In: CARNEIRO, J. E.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio à colheita.** Viçosa: UFV, 2015. p. 270-299.

PEREIRA, H. S.; COSTA, A. F.; MELO, . C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. WENDLAND, A. **Interaction between common beans genotypes and environments in Pernambuco State: stability, environmental stratification and decomposition of interaction.** *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 4, n. 6, p. 2603-2614, nov./dez. 2013.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DÍAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil.** *Pesquisa. Agropecuária. Brasileira.*, Brasília, v.44, n.1, p. 29-37, jan. 2009 a

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DÍAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. **Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum.** Pesquisa. Agropecuária. Brasileira., Brasília, v.44, n.4, p.374-383, abr. 2009 b.

PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; CARBONELL, S.A.M. **Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da —performancell genotípica.** Ciên. agrotec., Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, 2010.

PETRY, N.; BOY, E.; WIRTH, J.P.; HURRELL, R.F. **The Potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) as a vehicle for iron biofortification.** Nutrients 7: 1144-1173, 2015.

PIRES, L. P. M.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; FERREIRA, M. C. **Recurrent mass selection for upright plant architecture in common bean.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 71, n. 3, p. 240-243, 2014.

POMPEU, A. S. *Feijão.* In: FURLAM, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed) **O melhoramento genético.** RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. Experimentação em genética e melhoramento de plantas. Lavras: UFLA, 305p, 2012.

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

RAFTERY, A. E.; LEWIS, S. W. **Comment: one long run with diagnostics: implementation strategies for Markov chain Monte Carlo.** Statistical Science 7: 493-497, 1992.

RAMALHO, M. A. P. Melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia : EMBRAPA, 2001.

RAMALHO, M. A. P., Melhoramento Genético do feijoeiro visando a Resistência as Doenças. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/MelFeijoeiro/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/MelFeijoeiro/index.htm)> Acesso em jun. 2016.

RAMALHO, M. A. P.; DIAS, L. A. S.; CARVALHO, B. L. **Contributions of plant breeding in Brazil - progress and perspectives.** Crop Breeding and Applied Biotechnology S2: 111 – 120, 2012.

RENDÓN-ANAYA, M.; MONTERO-VARGAS, J. M.; SABURIDO-ÁLVAREZ, S.; VLASOVA, A.; CAPELLA-GUTIERREZ, S.; ORDAZ-ORTIZ, J. J.; AGUILAR, O. M.; VIANELLO-BRONDANI, R. P.; SANTALLA, M.; DELAYE, L.; GABALDÓN, T.; GEPTS, P.; WINKLER, R.; GUIGÓ, R.; DELGADO-SALINAS, A.; HERRERA-ESTRELLA, A. **Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species.** Genome Biology 18:60. 2017.

RIBEIRO, N. D. **Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1367-1376, 2010.

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

REIS, E. F.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. **Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.3, p.685-692, 2004.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. **Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, p.182-194, 2007.

ROCHA, M. M.; VELLO, N. A.; LOPES, A. C. A. et al. **Correlações entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de óleo em soja.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, p.772-777, 2006.

RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; SILVA, J B.. **Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão .** Pesquisa Agropecuária Brasileira , Brasília, v. 37, n.9, p.1275 - 1284, set. 2002.

ROSSETO, T. A. O. F.; MINGOTTE, F. L. C.; BARROS, L. M.; BORDINI, L. G.; MODA-CIRINO, V.; FONSECA JÚNIOR, N. F. **Study of the Interaction Environment Genotype in Beans from the Commercial Group “Carioca” in Paraná.** UNOPAR Cient. Exatas Tecnol., Londrina, v. 9, n. 1, p. 33-40, Nov. 2010.

SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão.** 2. ed. Viçosa, p. 41-65. 2011

SAS INSTITUTE – STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT user guide.** The GLM procedure. Cary: SAS Institute Inc. Version 6, 4. Ed v.2 cap.24, p. 891-996,

SILVA, G. A. P. CHIORATTO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R. PERINA, E. F.; CARBONELL, S. A. M. **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, 2013.

SILVA, G. O.; VIEIRA, J. V. **Ganhos genéticos após seis ciclos de seleção em três populações de cenoura** Revista. Ceres. vol. 57, n. 6. Viçosa, nov./dez 2010.

SILVA, G. S. **Progresso e variabilidade genética com a seleção recorrente para produtividade de grãos no feijoeiro /** Graciele Simoneti da Silva. – Lavras : UFLA, 2009.

SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P.; SOUSA, A. F. de. **Estimativa do progresso genético obtido pelo programa de melhoramento de arroz irrigado da EPAMIG,**

na época de oitenta. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 29, p. 97–104, 1994.

SOARES, A. A.; SANTOS, P. G.; MORAIS, O. P.; SOARES, P. C.; REIS, M. S.; SOUZA, M. A. de. **Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em minas gerais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, p. 415–424, 1999.

SOARES, P. C.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; SOARES, A. A. **Genetic gain in an improvement program of irrigated rice in Minas Gerais.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.5, p.142-148, 2005.

SOUZA, A. M.; PEREIRA, R. A.; YOKOO, E. M.; LEVY, R. B.; SICHIERI, R. **Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009.** Rev. Saúde Pública[online]. vol.47, suppl.1, pp.190s-199s., 2013.

SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; GUIDOLIN, A. F.; ENGELSING, M. J.; BORDIN, L. C. **Influência do ácido giberélico sobre a arquitetura de plantas de feijão no início de desenvolvimento.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 32, n. 2, p. 325-332, 2010.

STONE, L.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas.** Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 83 p.

TAVARES, T.; SOUZA, S.; SALGADOS, F.; SANTOS, G.; LOPES, M.; FIDELIS, R. **Adaptabilidade e estabilidade da produção de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*).** Revista de Ciências Agrárias. vol. 40, n. 2. Lisboa, 2017.

TEODORO, P. E. **Redes neurais artificiais para identificar genótipos de feijão-caupi semiprostrado com alta adaptabilidade e estabilidade fenotípicas.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.50, n.11, p.1054-1060, nov. 2015.

TEODORO, P. E.; NASCIMENTO, M.; TORRES, F. E.; BARROSO, L.M.A.; SAGRILLO, E. **Perspectiva bayesiana na seleção de genótipos de feijão-caupi em ensaios de valor de cultivo e uso.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2015.

TOLEDO, F. H. R. B. **Progresso genético simultâneo: um exemplo de aplicação no melhoramento do tabaco** - Piracicaba, 2014. 74 p: il. Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2014.

TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; MENOSSO, O. G. **Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.25, n.1, p.89-94, jan. 1990.

TORGA, P. P.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. **Interactions of common beans cultivars of the black group with years, locations and sowing seasons.** Euphytica 189: 239-248, 2013.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. F. **Melhoramento Genético do feijoeiro: avanços, perspectivas e novos estudos, no âmbito nacional.** Nativa. Sinop, v. 03, n. 03, p. 217 - 223, jul/set. 2015.

VALOIS, A. C. C.; PAIVA, J. R.; FERREIRA, F. R.; SOARES FILHO, W. S.; DANATS, J. L. L. Melhoramento de espécies de propagação vegetativa. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos & melhoramento: planta**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 283-291.

VELOSO J. S.; SILVA W.; PINHEIRO, L. R.; , DOS SANTOS, J. B.; FONSECA JR., N. S.; EUZEBIO, M. P. **Genetic divergence of common bean cultivars**. Genet. Mol. Res. 14: 11281-11291. 2015.

VENCOVSKY, R.; MORARES, A. R.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. **Progresso genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil**. In: EMBRAPA. Anais do congresso nacional de milho e sorgo. Sete Lagoas, 1986. p. 300–307.

VIEIRA, C. **Phaseolus genetic resources and breeding in Brazil**. In: GEPTS, P. (Ed.). Genetic resources of Phaseolus Beans. Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 468-483.

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

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. Feijao. Viçosa: Ed. UFV, 600p. 2006.

WANDER, A. E. **Produção e Consumo de feijão no Brasil, 1975 – 2007**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33641/1/IEWander.pdf>>. Acesso em: jan, 2015.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 63 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 287), 2013.

WRICKE, G. **Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer**. Z. Pflanzenzuchtg, v.52, p.127-138, 1965.

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. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, S. R. et al. (Eds.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.223-273

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

**ANEXOS**

**ANEXO A** – Script Programa SAS – Estimativa de ganho genético pela metodologia de médias ajustadas (LSMEANS) em função dos anos (FONSECA JUNIOR, 1997).

```
PROC MIXED DATA=D INFO UPDATE;  
  CLASS GENOTIPO AMB REP;  
  MODEL REND = GENOTIPO;  
  RANDOM AMB AMB*GENOTIPO REP(AMB);  
  LSMEANS GENOTIPO;  
  MAKE 'LSMEANS' OUT=LSGENG;  
  TITLE – 'MODELO MISTO COM APENAS GENOTIPO FIXO'  
RUN;
```

**ANEXO B** – Resumo da análise de variância conjunta para os dados de rendimento de grãos, em kg ha<sup>-1</sup>, do grupo comercial cores, média (kg ha<sup>-1</sup>), coeficiente de variação experimental (CV%), quadrado médio genético (QMG%), quadrado médio ambiental (QMA%) e quadrado médio para interação genótipos por ambiente (QMGxA%), expressos em porcentagem para os dois anos que compõe os biênios.

BIÊNIO	ANO 1							ANO 2								
	MÉDIA	CV%	QMG (%)	QMA (%)	QMGxA (%)			MÉDIA	CV%	QMG (%)	GMA (%)	QMGxA (%)				
1	1475	15,3	7,5	**	90,8	**	1,7	**	1707	11,2	4,1	**	93,1	**	2,8	**
2	1889	11,4	3,5	ns	89,7	**	6,8	**	1427	12,5	3,6	*	92,3	**	4,2	**
3	1338	13,3	4,4	**	93,6	**	1,9	**	1469	21,0	10,5	**	87,6	**	2,0	**
4	1140	15,8	2,8	**	96,0	**	1,2	**	1188	15,2	3,0	**	95,6	**	1,4	**
5	1595	14,2	5,6	**	92,9	**	1,5	**	1158	14,4	5,4	**	93,0	**	1,7	**
6	1122	14,0	9,6	**	89,2	**	1,2	**	958	15,4	4,2	**	94,0	**	1,8	**
7	1046	16,4	0,1	ns	98,3	**	1,6	*	1170	13,4	1,6	*	96,9	**	1,6	**
8	1035	17,1	3,3	**	95,5	**	1,1	**	1194	15,4	4,5	**	93,4	**	2,1	**
9	1302	15,4	7,7	**	90,1	**	2,2	**	1349	13,6	8,0	**	90,5	**	1,5	**
10	1398	13,2	6,8	**	90,2	**	3,0	**	1629	13,0	11,5	**	84,7	**	3,8	**
11	1775	14,4	18,8	**	78,6	**	2,6	**	1908	12,2	30,1	**	65,4	**	4,5	**
12	1888	12,6	13,6	**	80,5	**	5,9	**	1903	13,8	6,4	**	91,8	**	1,8	**
13	2134	15,1	8,7	**	89,0	**	2,3	**	2007	13,7	9,8	**	85,9	**	4,3	**
14	1812	13,7	5,0	**	92,9	**	2,1	**	1791	11,3	7,2	**	91,0	**	1,8	**
15	1875	11,5	7,0	**	91,5	**	1,5	**	1773	13,1	6,8	**	91,9	**	1,3	**
16	2117	11,2	1,5	**	97,3	**	1,2	**	1936	11,4	1,0	**	98,3	**	0,6	**
17	2005	13,8	4,2	**	94,9	**	0,9	**	1931	11,7	3,9	**	94,8	**	1,3	**
18	2038	13,4	3,2	**	96,0	**	0,8	**	2380	14,9	7,4	**	91,0	**	1,6	**
19	1845	14,6	22,2	**	75,5	**	2,3	**	1998	12,8	14,6	**	83,3	**	2,1	**
20	2537	9,9	16,4	**	82,7	**	0,9	ns	2387	13,3	42,2	**	33,0	*	24,8	**
21	2435	13,2	20,0	**	70,5	**	9,5	**	2251	12,3	3,6	**	92,3	**	4,1	**

Continua.....

BIÊNIO	ANO 1							ANO 2								
	MÉDIA	CV%	QMG (%)		QMA (%)		QMGxA(%)	MÉDIA	CV%	QMG (%)		QMA (%)		QMGxA (%)		
22	2236	11,9	0,5	ns	96,9	**	2,6	**	2222	14,1	2,9	**	95,5	**	1,6	*
23	2363	12,7	10,4	**	86,9	**	2,7	**	2214	13,6	3,3	**	95,9	**	0,9	**
24	2429	14,8	4,0	**	93,0	**	3,0	**	2454	15,7	4,4	**	90,7	**	4,9	**
25	2582	17,0	7,7	**	90,5	**	1,8	**	2200	13,0	2,6	**	96,3	**	1,0	**
26	2458	12,0	2,3	**	96,8	**	0,9	**	1907	13,5	3,1	**	96,0	**	0,9	**
27	1769	13,3	8,5	**	90,2	**	1,3	**	2137	14,3	29,0	**	67,6	**	3,4	**
28	2156	13,4	6,3	**	92,0	**	1,7	**	2204	17,8	9,1	**	88,6	**	2,3	**
29	2365	14,4	15,2	**	80,8	**	4,1	**	2749	12,1	9,0	**	84,9	**	6,0	**
30	2631	14,3	4,3	**	92,6	**	3,1	**	2500	14,5	11,3	ns	85,5	**	3,2	**
31	2543	16,1	1,9	ns	94,5	**	3,6	**	1799	19,4	5,8	**	93,0	**	1,2	**
32	1894	19,5	4,3	**	94,3	**	1,4	**	1893	15,9	16,2	**	79,4	**	4,4	**
33	2013	13,6	25,0	**	70,9	**	4,1	**	2415	13,5	7,9	**	91,4	**	0,7	*
34	2379	15,3	2,1	**	97,1	**	0,8	*	3272	14,8	31,0	**	64,2	**	4,9	ns
35	3348	15,1	9,4	**	87,7	**	3,0	ns	3211	13,0	1,1	**	98,6	**	0,3	ns
36	3098	15,4	6,6	**	92,9	**	0,5	ns	3343	9,3	43,4	**	48,2	**	8,4	**
37	3167	11,1	15,2	**	80,2	**	4,6	**	2747	19,2	17,1	**	79,0	**	3,9	**

**ANEXO C – P-valor (%) da análise de variância e estimativas de repetibilidade ( $r^2_{yy}$  (%)) para os parâmetros analisados\* nos 37 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial cores no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016.**

B	MÉDIA				b				R				$W_i^2\%$			
	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}$ (%)	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}$ (%)	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}$ (%)	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}$ (%)
1	0,1	3,4	8,1	87,6	100,0	3,0	8,6	88,3	2,2	24,9	2,1	51,7	100,0	21,2	2,4	57,8
2	0,7	34,1	1,9	48,2	100,0	89,3	0,1	-	45,2	49,8	1,0	0,8	100,0	14,1	6,1	83,6
3	5,7	9,2	4,3	77,0	100,0	8,7	4,5	77,8	81,7	19,0	2,6	61,3	100,0	6,8	5,3	81,0
4	32,0	60,6	0,8	-	100,0	64,3	0,7	-	32,1	58,0	0,8	-	100,0	16,0	2,6	61,3
5	0,0	1,1	5,8	83,1	100,0	63,2	0,8	-	81,8	13,0	2,3	56,6	100,0	28,4	1,5	34,2
6	1,2	8,9	2,7	63,3	100,0	0,2	9,9	90,4	30,1	71,6	0,7	-	100,0	56,4	0,9	-
7	5,8	63,2	0,7	-	100,0	93,3	0,1	-	24,7	13,9	4,1	75,5	100,0	61,3	0,7	-
8	4,5	27,9	1,7	42,5	100,0	34,5	1,5	31,3	12,2	28,5	1,7	41,6	100,0	19,0	2,3	56,7
9	15,3	0,6	8,4	88,1	100,0	32,1	1,4	30,6	11,2	93,7	0,3	-	100,0	45,5	1,1	8,6
10	1,0	4,7	9,7	89,7	100,0	38,9	1,4	29,8	22,6	36,6	1,5	35,1	100,0	22,0	2,7	62,7
11	28,8	13,6	3,3	69,9	100,0	99,0	0,1	-	12,6	36,6	1,4	30,5	100,0	23,3	2,2	54,3
12	83,3	6,5	4,4	77,3	100,0	61,2	0,8	-	9,1	53,6	0,9	-	100,0	63,5	0,7	-
13	10,1	12,2	2,5	60,5	100,0	44,2	1,1	10,8	23,9	46,3	1,1	6,9	100,0	33,4	1,4	28,5
14	69,3	6,0	3,2	68,7	100,0	21,5	1,8	43,9	93,4	28,8	1,5	33,7	100,0	21,8	1,8	43,6
15	5,8	1,0	5,4	81,1	100,0	34,5	1,3	24,0	74,0	5,7	3,0	67,1	100,0	2,0	4,3	76,7
16	0,0	0,8	6,5	84,5	100,0	55,7	0,9	-	1,7	31,0	1,4	30,5	100,0	24,4	1,7	39,8
17	6,9	2,1	5,3	81,3	100,0	55,3	0,9	-	7,6	70,2	0,7	-	100,0	68,4	0,7	-
18	0,0	0,3	7,5	87,4	100,0	8,7	2,6	61,2	0,6	15,2	2,0	50,9	100,0	61,7	0,8	-
19	2,0	0,2	12,0	91,3	100,0	4,4	4,0	75,0	72,1	41,4	1,2	15,7	100,0	9,4	2,9	65,2
20	11,3	5,5	17,2	94,2	100,0	45,1	1,2	17,9	9,5	48,6	1,1	5,5	100,0	11,4	7,7	87,1
21	2,5	12,8	3,0	66,4	100,0	24,2	1,9	48,5	8,6	6,6	4,4	77,1	100,0	0,8	12,4	91,9
22	76,2	72,1	0,7	-	100,0	87,1	0,5	-	28,5	66,6	0,7	-	100,0	68,5	0,7	-
23	2,2	1,5	6,0	83,3	100,0	22,5	1,8	44,8	5,1	56,9	0,9	-	100,0	90,2	0,4	-
24	76,0	9,7	3,5	71,5	100,0	16,2	2,6	61,1	18,9	54,0	0,9	-	100,0	70,1	0,6	-
25	0,1	1,3	7,6	86,8	100,0	9,6	3,1	67,9	5,9	6,1	3,9	74,5	100,0	27,3	1,7	40,4
26	0,0	0,0	14,6	93,1	100,0	74,1	0,6	-	56,4	70,4	0,7	-	100,0	46,5	1,1	5,8
27	1,3	2,3	6,0	83,3	100,0	18,8	2,1	53,4	20,0	4,0	4,7	78,9	100,0	0,1	17,8	94,4
28	40,5	1,7	11,9	91,6	100,0	2,3	10,1	90,1	75,4	18,9	2,6	61,4	100,0	49,5	1,0	1,4
29	0,7	3,6	11,8	91,5	100,0	63,9	0,6	-	48,1	76,1	0,4	-	100,0	20,3	2,9	65,4
30	22,3	0,2	9,9	90,6	100,0	30,1	1,5	31,7	53,1	97,3	0,2	-	100,0	66,0	0,7	-
31	0,0	15,8	2,6	61,7	100,0	92,4	0,2	-	0,9	64,4	0,7	-	100,0	30,5	1,6	38,2
32	98,9	0,5	7,5	86,5	100,0	9,6	2,6	62,0	2,4	60,1	0,8	-	100,0	79,5	0,5	-
33	0,1	2,4	4,5	77,7	100,0	36,2	1,3	22,7	2,7	45,5	1,1	7,9	100,0	34,0	1,4	26,0
34	0,0	7,3	3,0	66,3	100,0	70,0	0,7	-	0,8	67,1	0,7	-	100,0	99,3	0,2	-
35	3,7	6,7	2,2	54,8	100,0	35,2	1,2	18,1	0,0	49,7	1,0	0,4	100,0	0,8	3,7	73,2
36	8,6	4,6	6,7	85,2	100,0	62,2	0,7	-	2,4	49,7	1,0	0,9	100,0	22,7	2,2	55,3
37	0,0	0,3	8,7	88,4	100,0	2,6	4,4	77,2	48,9	5,9	3,2	69,0	100,0	2,7	4,3	76,9

Continua...

B	Pi Geral (%)				I Geral (Annicchiarico)				Média (%)				Frequência de "a"			
	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)
1	100,0	3,0	8,6	88,3	97,6	18,8	2,6	61,7	100,0	11,6	3,7	73,1	13,5	12,3	3,6	72,0
2	100,0	70,7	0,4	-	92,8	62,3	0,6	-	100,0	38,7	1,6	36,7	42,7	3,1	31,1	96,8
3	100,0	3,0	8,7	88,5	78,2	81,2	0,4	-	100,0	89,8	0,2	-	25,1	17,6	2,7	63,6
4	100,0	43,3	1,2	14,6	97,7	66,8	0,7	-	100,0	43,1	1,2	15,1	34,1	85,5	0,4	-
5	100,0	7,3	3,0	66,2	52,4	2,1	4,7	78,8	100,0	0,9	6,2	83,9	59,4	5,1	3,4	70,8
6	100,0	13,9	2,2	55,1	58,3	23,2	1,7	41,6	100,0	12,7	2,3	57,1	6,2	14,0	2,2	55,0
7	100,0	59,0	0,8	-	88,3	32,5	1,8	43,6	100,0	45,9	1,1	12,1	100,0	91,2	0,2	-
8	100,0	13,6	2,9	65,1	80,8	40,1	1,3	21,0	100,0	30,6	1,6	38,0	28,9	50,0	1,0	-
9	100,0	0,9	7,2	86,0	24,3	0,1	14,6	93,1	100,0	0,3	10,4	90,3	15,0	2,4	5,1	80,3
10	100,0	0,5	45,9	97,8	26,0	12,1	4,6	78,3	100,0	4,7	9,7	89,6	0,1	0,7	36,2	97,2
11	100,0	11,2	3,8	73,7	81,9	12,7	3,5	71,3	100,0	5,9	5,8	82,8	88,0	21,1	2,4	57,9
12	100,0	2,2	7,6	86,9	14,1	7,2	4,2	76,0	100,0	7,9	4,0	74,7	0,1	3,8	5,8	82,8
13	100,0	79,0	0,5	-	55,0	28,6	1,6	35,9	100,0	14,4	2,3	56,9	12,2	10,7	2,7	63,0
14	100,0	7,1	3,0	66,6	10,4	2,8	4,2	76,4	100,0	1,0	6,0	83,2	1,1	27,3	1,6	35,7
15	100,0	0,6	6,2	83,8	56,9	0,4	6,8	85,3	100,0	0,4	7,0	85,7	76,9	52,7	1,0	-
16	100,0	2,2	4,6	78,4	55,0	1,6	5,2	80,8	100,0	1,0	6,1	83,7	2,2	4,6	3,6	71,9
17	100,0	7,1	3,3	69,3	59,3	8,3	3,0	67,1	100,0	2,6	4,9	79,7	0,1	3,5	4,4	77,0
18	100,0	0,1	9,8	89,8	83,4	1,8	4,5	77,7	100,0	0,2	8,2	87,8	26,0	12,1	2,3	55,6
19	100,0	0,1	15,9	93,7	31,7	0,4	9,4	89,3	100,0	0,3	11,0	90,9	2,9	6,2	3,4	71,0
20	100,0	1,7	59,3	98,3	27,7	2,3	42,4	97,6	100,0	6,2	15,1	93,4	42,3	2,0	49,0	98,0
21	100,0	17,5	2,4	59,0	30,1	12,7	3,0	66,6	100,0	18,3	2,4	57,7	0,1	9,3	3,6	72,2
22	100,0	80,5	0,6	-	81,5	82,0	0,5	-	100,0	68,0	0,7	-	2,2	26,9	1,5	34,5
23	100,0	4,7	3,9	74,4	48,8	7,7	3,1	68,1	100,0	3,9	4,2	76,2	6,0	11,3	2,6	62,0
24	100,0	21,0	2,2	53,5	67,0	26,6	1,8	44,6	100,0	4,9	5,1	80,4	20,3	3,6	6,0	83,2
25	100,0	0,5	10,9	90,8	73,3	1,1	8,2	87,8	100,0	3,1	5,3	81,1	4,5	1,4	7,4	86,4
26	100,0	0,0	21,6	95,4	53,4	0,9	5,5	82,0	100,0	0,2	8,3	87,9	0,3	0,1	11,9	91,6
27	100,0	0,0	45,2	97,8	98,6	2,6	5,7	82,5	100,0	4,0	4,7	78,8	28,9	2,7	5,6	82,1
28	100,0	0,5	24,2	95,9	48,9	3,6	7,8	87,1	100,0	1,9	11,1	91,0	54,1	34,0	1,6	35,7
29	100,0	9,0	5,9	83,0	95,8	13,2	4,3	76,5	100,0	7,0	7,2	86,1	1,4	1,2	26,0	96,2
30	100,0	2,4	4,5	77,6	31,2	0,4	8,0	87,5	100,0	0,0	15,1	93,4	51,2	16,4	2,1	51,4
31	100,0	11,4	3,2	68,8	55,1	11,5	3,2	68,5	100,0	11,0	3,3	69,4	0,5	4,5	5,4	81,3
32	100,0	1,0	6,0	83,2	21,2	1,1	5,8	83,1	100,0	1,1	5,8	82,8	8,6	3,9	3,8	73,5
33	100,0	4,8	3,5	71,3	29,7	2,4	4,5	77,6	100,0	1,9	4,9	79,6	65,0	11,1	2,5	59,5
34	100,0	12,4	2,4	57,5	84,2	8,2	2,8	64,5	100,0	3,1	4,1	75,6	27,6	8,3	2,8	64,4
35	100,0	4,3	2,5	59,9	83,2	14,8	1,7	42,4	100,0	7,1	2,2	54,1	0,0	5,7	2,3	57,0
36	100,0	13,1	3,4	70,6	51,9	11,9	3,7	72,6	100,0	4,7	6,6	84,9	2,0	17,4	2,8	63,8
37	100,0	0,2	9,9	90,3	48,6	0,6	7,1	85,9	100,0	0,5	7,5	86,8	2,3	18,8	1,9	47,9

média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de repetibilidade (R<sup>2</sup>), estimativas de ecovalência (W<sup>2</sup> %), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Annicchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) e frequência de "a" pelo teste de agrupamento.

**ANEXO D** – Resumo da análise de variância conjunta para os dados de rendimento de grãos, em kg ha<sup>-1</sup>, do grupo comercial preto, média (kg ha<sup>-1</sup>), coeficiente de variação experimental (CV%), quadrado médio genético (QMG%), quadrado médio ambiental (QMA%) e quadrado médio para interação genótipos por ambiente (QMGxA%), expressos em porcentagem para os dois anos que compõe os biênios.

BIÊNIO	ANO 1							ANO 2								
	MÉDIA	CV%	QMG (%)	QMA (%)	QMGxA (%)			MÉDIA	CV%	QMG (%)	GMA (%)	QMGxA (%)				
1	1464	14,1	5,3	**	92,3	**	2,3	**	1566	12,7	7,3	**	90,5	**	2,2	**
2	1765	10,1	18,1	**	77,9	**	4,1	**	1263	13,6	20,0	**	75,3	**	4,7	**
3	1361	12,9	3,9	*	91,9	**	4,2	**	1459	19,4	2,1	ns	93,5	**	4,3	**
4	1763	7,5	0,0	ns	97,2	**	2,8	**	1134	14,3	1,7	ns	97,2	**	1,1	ns
5	1363	18,2	1,3	*	98,2	**	0,5	ns	1569	17,0	1,3	**	97,6	**	1,1	**
8	932	15,1	13,4	**	84,8	**	1,8	**	1208	16,1	11,6	**	87,0	**	1,3	**
9	1127	14,3	13,3	**	84,9	**	1,8	**	1056	14,7	15,1	**	83,6	**	1,3	**
10	1117	15,5	7,5	**	91,5	**	1,0	**	1476	12,9	4,9	**	94,3	**	0,7	**
11	2012	11,8	11,2	**	86,4	**	2,4	**	1817	12,4	21,2	**	76,4	**	2,3	**
12	1858	12,3	34,6	**	62,7	**	2,7	**	1878	11,0	24,2	**	74,1	**	1,8	*
13	1963	15,3	41,3	**	52,4	**	6,3	**	2020	11,2	5,6	**	87,9	**	6,5	**
14	1908	12,5	4,2	**	92,6	**	3,2	**	1799	13,0	9,0	**	87,5	**	3,5	**
15	1710	11,9	10,6	**	86,1	**	3,3	**	1687	10,6	6,9	**	92,0	**	1,0	**
16	1956	10,2	9,8	**	88,4	**	1,8	**	2166	13,8	10,0	**	87,6	**	2,3	**
17	2084	14,6	14,5	**	82,9	**	2,6	**	1737	13,5	3,8	**	95,2	**	1,0	**
18	1755	16,4	2,8	**	95,9	**	1,3	**	2206	15,6	7,0	**	89,6	**	3,4	**
19	1858	17,1	6,9	**	92,0	**	1,1	ns	2117	10,1	9,2	**	89,2	**	1,6	**
20	2103	9,1	12,8	**	84,8	**	2,4	**	2178	12,1	58,0	**	29,0	*	13,0	*
21	2308	13,6	43,4	**	43,8	*	12,8	**	2253	14,9	5,9	**	91,9	**	2,3	**
22	1978	14,5	0,8	**	98,7	**	0,5	**	2310	12,1	2,5	**	95,9	**	1,6	**
23	2403	11,5	8,7	**	88,4	**	2,9	**	2240	11,6	3,1	**	95,7	**	1,2	**
24	2230	11,8	2,4	**	96,8	**	0,8	**	2169	15,5	2,3	**	96,3	**	1,4	**

Continua.....

BIÊNIO	ANO 1					ANO 2				
	MÉDIA	CV%	QMG (%)	QMA (%)	QMGxA (%)	MÉDIA	CV%	QMG (%)	GMA (%)	QMGxA (%)

25	2437	13,6	4,6	**	94,1	**	1,3	**	2232	13,1	5,0	**	94,0	**	0,9	ns
26	2387	11,6	4,7	**	93,7	**	1,6	**	1543	13,4	6,2	**	89,6	**	4,2	**
27	1650	11,3	4,1	**	93,0	**	2,9	**	2366	10,6	7,4	**	88,7	**	3,9	**
28	2186	13,4	2,2	**	96,4	**	1,4	**	2270	17,1	8,1	**	88,8	**	3,1	**
29	2255	15,3	12,8	**	84,3	**	2,9	**	2491	14,1	13,9	**	83,0	**	3,1	**
30	2631	14,3	4,3	**	92,6	**	3,1	**	2500	14,5	11,3	**	85,5	**	3,2	**
31	2476	16,0	19,9	**	76,0	**	4,0	*	1538	17,3	9,9	**	88,7	**	1,4	**
32	1479	15,5	2,2	**	97,2	**	0,6	**	1606	15,6	15,2	**	81,8	**	3,0	**
33	1718	17,1	21,8	**	74,4	**	3,8	**	2218	13,3	10,0	**	88,4	**	1,6	**
34	2134	14,0	8,8	**	90,1	**	1,1	**	2642	17,6	14,7	**	74,3	**	11,0	**
35	2759	14,2	24,9	**	67,3	**	7,8	**	3028	10,7	2,4	**	96,3	**	1,4	**
36	3062	11,6	5,1	**	92,1	**	2,8	**	3243	25,6	10,3	ns	82,2	**	7,5	ns
37	3120	18,5	4,8	ns	92,7	**	2,5	ns	2954	11,3	7,0	**	90,8	**	2,1	**

**ANEXO E – P-valor (%) da análise de variância e estimativas de repetibilidade ( $r^2_{yy}$ (%)) para os parâmetros\* analisados nos 37 biênios em estudo nos ensaios de valor para cultivo e uso (VCU) do grupo comercial preto no Estado do Paraná na cultura do feijoeiro no período de 1978 a 2016.**

B,	MÉDIA				b				R				$W_t^2\%$			
	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}(\%)$	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}(\%)$	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}(\%)$	Ano	Gen	Fgen	$r^2_{yy}(\%)$
1	6,1	11,4	3,7	73,3	100,0	99,3	0,1	-	88,8	51,3	1,0	-	100,0	16,4	2,9	65,4
2	1,8	18,7	4,3	77,0	100,0	81,1	0,2	-	65,7	61,4	0,6	-	100,0	38,1	1,6	38,4
3	25,0	94,8	0,1	-	100,0	100,0	0,0	-	93,8	51,6	0,9	-	100,0	29,5	2,4	58,1
5	0,0	2,0	4,8	79,1	100,0	25,3	1,6	38,5	13,6	75,0	0,6	-	100,0	62,3	0,8	-
8	0,0	0,4	12,0	91,7	100,0	36,3	1,3	25,9	16,4	73,5	0,6	-	100,0	36,8	1,3	24,9
9	5,7	0,5	14,9	93,4	100,0	6,6	4,4	77,1	21,0	1,5	9,0	88,9	100,0	4,8	5,1	80,5
10	0,0	0,4	7,0	85,2	100,0	52,8	1,0	-	52,4	54,2	0,9	-	100,0	69,2	0,7	-
11	6,1	49,5	1,0	0,8	49,0	33,2	1,3	25,8	59,2	14,2	2,1	52,4	100,0	31,4	1,4	28,4
12	71,4	0,3	18,7	94,9	100,0	3,0	6,5	84,6	7,5	1,9	8,2	87,8	100,0	1,5	9,1	89,0
13	58,6	24,1	2,1	53,1	100,0	20,3	2,5	59,2	56,1	79,0	0,4	-	100,0	0,5	23,9	95,8
14	5,4	2,6	4,9	79,8	100,0	31,8	1,5	31,0	60,1	14,0	2,4	57,6	100,0	0,7	7,8	87,2
15	66,6	0,1	10,1	90,4	100,0	0,0	20,8	95,2	16,8	71,4	0,7	-	100,0	78,8	0,6	-
16	0,0	0,0	15,5	93,6	100,0	4,9	3,5	71,1	14,0	64,4	0,8	-	100,0	24,3	1,7	40,1
17	0,0	0,5	11,5	91,3	100,0	14,9	2,5	59,3	21,6	63,1	0,8	-	100,0	75,8	0,5	-
18	0,0	2,2	10,3	90,2	100,0	84,0	0,3	-	19,4	87,6	0,3	-	100,0	94,0	0,2	-
19	0,1	0,5	11,4	91,3	100,0	45,9	1,1	8,5	51,8	48,9	1,0	2,4	100,0	45,5	1,1	9,1
20	25,2	1,3	9,6	89,6	100,0	63,5	0,7	-	1,5	49,3	1,0	1,7	100,0	3,6	5,9	83,2
21	39,7	3,5	7,9	87,4	100,0	44,9	1,1	12,7	5,3	35,7	1,5	32,3	100,0	28,5	1,8	45,6
22	0,0	12,3	2,1	53,2	100,0	70,6	0,7	-	0,4	68,8	0,7	-	100,0	76,3	0,6	-
23	0,6	0,6	8,3	87,9	100,0	66,2	0,7	-	1,0	4,2	4,1	75,3	100,0	0,7	7,8	87,2
24	33,3	2,9	4,2	76,2	100,0	92,4	0,3	-	17,2	83,3	0,5	-	100,0	52,2	1,0	-
25	1,8	2,4	7,2	86,2	100,0	78,7	0,5	-	67,3	86,7	0,3	-	100,0	90,2	0,3	-
26	0,1	62,6	0,7	-	100,0	26,8	1,9	48,6	15,9	43,2	1,2	16,6	100,0	12,0	3,6	72,5
27	0,1	76,8	0,5	-	100,0	74,7	0,5	-	56,0	66,7	0,6	-	100,0	84,6	0,3	-
28	29,6	24,1	1,9	48,7	100,0	69,2	0,6	-	28,5	71,8	0,6	-	100,0	92,1	0,3	-
29	5,4	10,8	3,9	74,4	100,0	39,8	1,3	24,1	63,1	2,9	8,8	88,6	100,0	7,7	4,9	79,6
30	4,4	5,2	3,4	70,4	100,0	0,0	21,6	95,4	35,4	0,0	16,4	93,9	100,0	0,7	6,9	85,4
31	0,0	3,1	6,4	84,4	100,0	10,9	3,3	69,5	1,6	11,9	3,1	67,9	100,0	3,1	6,5	84,5
32	3,5	2,5	3,7	73,1	100,0	12,2	2,1	53,5	1,5	21,8	1,7	39,9	100,0	7,2	2,6	61,8
33	0,0	0,6	8,2	87,8	100,0	0,5	8,8	88,7	0,3	0,0	21,3	95,3	100,0	1,0	7,0	85,7
34	0,0	2,5	4,4	77,3	100,0	82,9	0,5	-	2,6	73,6	0,6	-	100,0	3,1	4,1	75,6
35	0,5	4,7	3,5	71,6	100,0	49,8	1,0	0,4	3,4	52,7	1,0	-	100,0	14,2	2,2	54,7
36	0,9	5,8	4,7	78,6	100,0	88,2	0,3	-	7,9	64,3	0,7	10,0	100,0	58,7	0,8	-
37	0,3	10,7	2,5	60,2	100,0	5,4	3,3	70,0	82,7	42,5	1,1	13,0	100,0	60,5	0,8	-

Continua...

B	Pi Geral (%)				I Geral (Annicchiarico)				Média %				Frequência de "a"			
	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)	Ano	Gen	Fgen	r <sup>2</sup> yy (%)
1	100,0	2,9	8,9	88,7	86,3	0,5	24,4	95,9	100,0	7,3	5,1	80,2	59,1	30,0	1,8	43,0
2	100,0	13,7	6,3	84,1	57,9	14,2	6,0	83,5	100,0	12,0	7,3	86,3	58,0	22,3	3,5	71,2
3	100,0	92,5	0,1	-	86,5	98,1	0,0	-	100,0	81,3	0,2	-	33,8	80,0	0,3	-
5	100,0	2,4	4,5	77,8	33,9	0,5	7,6	86,9	100,0	1,0	6,1	83,5	0,0	50,0	1,0	-
8	100,0	6,2	3,9	74,2	7,4	1,4	7,4	86,6	100,0	0,5	10,9	90,8	1,6	0,2	16,0	93,8
9	100,0	0,2	22,8	95,6	99,7	2,7	6,8	85,4	100,0	1,6	8,8	88,7	1,8	0,6	14,0	92,9
10	100,0	0,7	6,0	83,4	64,4	1,1	5,1	80,6	100,0	0,4	6,8	85,3	49,7	2,7	3,9	74,5
11	100,0	0,0	19,5	94,9	59,6	0,3	7,8	87,2	100,0	0,1	9,7	89,7	0,0	0,0	14,5	93,1
12	100,0	1,5	9,0	88,9	52,3	0,2	22,6	95,6	100,0	0,3	18,5	94,6	1,2	0,0	40,0	97,5
13	100,0	53,5	0,9	-	74,2	71,7	0,5	-	100,0	34,5	1,5	34,7	70,4	5,5	6,0	83,3
14	100,0	2,2	5,2	80,9	33,1	3,8	4,3	76,5	100,0	3,6	4,3	77,0	68,5	40,6	1,2	17,0
15	100,0	3,7	3,5	71,7	96,5	0,7	6,0	83,2	100,0	0,1	10,5	90,4	1,0	0,5	6,5	84,5
16	100,0	0,0	19,9	95,0	68,8	0,8	6,4	84,3	100,0	0,1	12,5	92,0	64,5	1,2	5,7	82,5
17	100,0	0,2	15,4	93,5	61,7	0,4	12,0	91,7	100,0	0,2	15,5	93,5	60,4	1,4	7,3	86,3
18	100,0	9,3	4,3	76,8	69,7	2,8	8,9	88,8	100,0	0,8	18,1	94,5	54,1	29,5	1,8	43,8
19	100,0	13,0	2,7	62,4	74,3	0,4	12,6	92,1	100,0	1,6	7,0	85,7	0,5	7,6	3,5	71,4
20	100,0	1,7	8,7	88,5	97,0	1,0	11,0	90,9	100,0	1,5	9,2	89,2	1,3	2,9	6,6	85,0
21	100,0	4,8	6,5	84,7	26,9	1,6	12,5	92,0	100,0	0,8	18,7	94,6	42,6	21,9	2,3	56,6
22	100,0	8,1	2,5	60,2	44,6	31,0	1,4	27,6	100,0	45,9	1,1	6,5	11,1	8,3	2,5	59,9
23	100,0	0,1	18,6	94,6	74,9	0,3	10,9	90,8	100,0	0,2	11,3	91,1	100,0	2,5	5,0	80,0
24	100,0	5,3	3,4	70,3	20,8	4,2	3,7	72,7	100,0	3,1	4,1	75,6	22,5	39,4	1,2	17,8
25	100,0	5,3	4,9	79,5	51,9	4,4	5,4	81,5	100,0	1,7	8,6	88,4	69,5	18,2	2,4	58,0
26	100,0	59,1	0,8	-	34,0	47,0	1,1	7,7	100,0	65,2	0,7	-	7,8	70,3	0,6	-
27	100,0	82,1	0,4	-	44,9	81,3	0,4	-	100,0	74,5	0,5	-	71,7	89,9	0,2	-
28	100,0	32,9	1,5	34,2	58,5	40,4	1,3	20,4	100,0	20,3	2,2	54,7	100,0	16,5	2,5	60,5
29	100,0	6,2	5,6	82,1	86,8	16,9	2,8	64,6	100,0	13,1	3,4	70,6	81,5	28,9	1,8	44,8
30	100,0	2,7	4,3	76,7	64,7	8,1	2,8	64,8	100,0	7,8	2,9	65,3	82,4	8,0	2,8	64,8
31	100,0	0,4	17,0	94,1	57,5	12,8	3,0	66,5	100,0	10,2	3,4	70,8	0,9	22,0	2,1	52,0
32	100,0	1,3	4,5	78,0	98,2	0,8	5,2	80,8	100,0	0,9	5,0	80,1	58,8	0,1	8,9	88,8
33	100,0	0,1	18,6	94,6	37,6	0,8	7,5	86,7	100,0	0,8	7,4	86,5	35,1	0,9	7,2	86,2
34	100,0	7,6	2,9	65,5	37,8	1,3	5,5	81,9	100,0	2,2	4,7	78,5	100,0	9,9	2,6	61,5
35	100,0	2,4	4,5	77,8	62,9	15,3	2,1	52,9	100,0	6,8	3,1	67,3	24,7	5,4	3,3	70,1
36	100,0	7,2	4,2	76,0	86,7	5,7	4,7	78,9	100,0	6,8	4,3	76,6	2,8	27,9	1,7	42,5
37	100,0	19,8	1,9	46,4	64,1	25,8	1,6	37,9	100,0	9,5	2,6	62,2	32,5	12,8	2,3	56,9

\* média, coeficiente de regressão linear (b), coeficiente de repetibilidade ( $R^2$ ), estimativas de ecovalência ( $W_i^2$  %), distância do genótipo ideal (Pi Geral %), índice de confiança (I Geral Annicchiarico), porcentagem da média de rendimento (média (%)) e frequência de "a" pelo teste de grupamento.