

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Guilherme Godoy Dos Santos

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SELEÇÃO DE VARIEDADES LOCAIS E  
CULTIVARES DE FEIJÃO COM BASE EM DESCRITORES  
MORFOLÓGICOS, AGRONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E MINERAIS**

Santa Maria, RS, Brasil  
2020

**Guilherme Godoy dos Santos**

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SELEÇÃO DE VARIEDADES LOCAIS E  
CULTIVARES DE FEIJÃO COM BASE EM DESCRITORES MORFOLÓGICOS,  
AGRONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E MINERAIS**

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

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nerinéia Dalfollo Ribeiro**

**Santa Maria, RS**

**2020**

Santos, Guilherme Godoy dos  
DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SELEÇÃO DE VARIEDADES LOCAIS E  
CULTIVARES DE FEIJÃO COM BASE EM DESCRITORES  
MORFOLÓGICOS, AGRONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E MINERAIS /  
Guilherme Godoy dos Santos.- 2020.  
141 p.; 30 cm

Orientador: Nerinéia Dalfollo Ribeiro  
Coorientador: Sidnei José Lopes  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2020

1. Phaseolus vulgaris L 2. Interação genótipo x  
ambiente 3. Variabilidade genética 4. Análise de  
Agrupamento 5. Índice de seleção I. Dalfollo Ribeiro,  
Nerinéia II. Lopes, Sidnei José III. Título.

**Guilherme Godoy dos Santos**

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SELEÇÃO DE VARIEDADES LOCAIS E  
CULTIVARES DE FEIJÃO COM BASE EM DESCRITORES  
MORFOLÓGICOS, AGRONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E MINERAIS**

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

**Aprovado em 30 de julho de 2020:**

---

**Nerinéia Dalfollo Ribeiro, Dra. (UFSM) - Videoconferência**  
(Presidente/Orientadora)

---

**Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM) - Videoconferência**

---

**Lucas da Silva Domingues, Dr. (UTFPR) - Videoconferência**

---

**Rogério Luiz Backes, Dr. (UFSM) - Videoconferência**

---

**Viviani Ruffo de Oliveira, Dra. (UFRGS) - Videoconferência**

Santa Maria, RS  
2020

## DEDICATÓRIA

*“A sabedoria consiste em compreender que o tempo dedicado ao trabalho nunca é perdido.”*

Ralph Waldo Emerson

*A todos presentes neste mundo que serviram de exemplo ou de alguma forma contribuíram com este trabalho:*

*- com sinceridade, agradeço.*

*Aos meus amigos, minha família e minha orientadora:*

*- com muito carinho dedico este trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por dar-me a saúde e a força necessária todos os dias.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Centro de Ciências Rurais, ao Departamento de Fitotecnia e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realização profissional.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nerinéia Dalfollo Ribeiro por todo o carinho, compreensão, apoio e dedicação ao longo desses 13 anos que acompanhou o meu caminhar.

Aos funcionários e professores do Departamento de Fitotecnia pela ajuda nos momentos em que foram necessários.

Aos professores que fizeram parte desta importante caminhada.

Aos amigos e colegas da Fitotecnia, em especial a Greice Godoy dos Santos, Henrique Caletti Mezzomo, Skarlet De Marco Steckling e Greice Rosana Kläsener que auxiliaram na condução deste trabalho.

A colega Sandra Maria Maziero pelo auxílio na realização das análises estatísticas, ao professor Gustavo Bruneto pela disponibilização dos equipamentos necessários para a leitura dos minerais.

À minha família, em especial aos meus pais Mariano Passamani dos Santos e Rosimirian Natalina Bueno de Godoy Santos pela presença ao meu lado em todos os momentos necessários, à minha companheira Emilyn Borba da Silva, pelo constante apoio, à minha irmã Greice Godoy dos Santos pelo carinho e dedicação a este trabalho.

A todos que fizeram parte deste trabalho.

A caminhada sempre será longa, mas será mais longa ainda se estivermos sozinhos.

Muito obrigado!

## RESUMO

### DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SELEÇÃO DE VARIEDADES LOCAIS E CULTIVARES DE FEIJÃO COM BASE EM DESCRITORES MORFOLÓGICOS, AGRONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E MINERAIS

AUTOR: GUILHERME GODOY DOS SANTOS

ORIENTADORA; NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

As variedades locais de feijão oriundas da agricultura familiar são um importante recurso genético, já as cultivares melhoradas pelos programas de melhoramento genético apresentam características que atendem ao interesse dos agricultores e do mercado consumidor. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar o germoplasma avaliado usando descritores morfológicos, agronômicos, tecnológicos e minerais; estudar as correlações entre esses caracteres; analisar a dissimilaridade genética de variedades locais e cultivares de feijão para esses caracteres; e selecionar genótipos superiores para os diferentes caracteres. Para tanto, foram avaliados 49 genótipos de feijão, sendo 37 variedades locais e 12 cultivares de feijão desenvolvidas pela pesquisa. Os 48 descritores morfológicos disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) foram avaliados na safra 2018/19. Os caracteres agronômicos, tecnológicos e minerais foram analisados em três experimentos conduzidos em segunda safra (2017 e 2018) e primeira safra (2017/18). O uso de descritores morfológicos é eficiente para distinguir todos os genótipos avaliados, existe variabilidade genética para praticamente todos os caracteres avaliados. A seleção indireta para produtividade de grãos pode ser realizada com base na altura de inserção da última vagem e no número de vagens por planta, além disso existe correlação positiva e de alta magnitude entre massa de 100 grãos e comprimento dos grãos. O método de Tocher possibilitou a identificação de genitores promissores aos programas de melhoramento genético que visem plantas de maior ciclo, arquitetura ereta e alta produtividade de grãos. Os índices de seleção identificam os genótipos para caracteres agronômicos: Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro e Vagem Roxa; e os seguintes genótipos para caracteres tecnológicos e minerais, de tegumento claro: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Trindade e Pérola; e de tegumento escuro: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa e Paraná.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L. Interação genótipo x ambiente. Variabilidade genética. Correlação de Pearson. Análise de Agrupamento. Índice de seleção.

## ABSTRACT

### GENETIC DIVERGENCE AND SELECTION OF COMMON BEAN LOCAL VARIETIES AND CULTIVARS BASED ON MORPHOLOGICAL DESCRIPTORS, AGRONOMIC, TECHNOLOGICAL AND MINERAL

AUTHOR: GUILHERME GODOY DOS SANTOS

ADVISOR: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

The local varieties of beans from family farming are an important genetic resource, whereas the cultivars improved by the breeding programs have characteristics that meet the interests of farmers and the consumer market. The objective of this research was to characterize the germplasm evaluated using morphological, agronomic, technological and mineral descriptors; study the correlations between these characters; analyze the genetic dissimilarity of local varieties and bean cultivars for these traits; and select superior genotypes for the different characters. For that, 49 bean genotypes were evaluated, 37 local varieties and 12 bean cultivars developed by the research. The 48 morphological descriptors provided by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) were evaluated in the 2018/19 harvest. Agronomic, technological and mineral traits were analyzed in three experiments conducted in the second crop (2017 and 2018) and the first crop (2017/18). The use of morphological descriptors is efficient to distinguish all the evaluated genotypes, there is genetic variability for practically all the evaluated characters. The indirect selection for grain yield can be performed based on the height of insertion of the last pod and the number of pods per plant, in addition there is a positive and high magnitude correlation between mass of 100 grains and length of grains. Tocher's method made it possible to identify promising parents for breeding programs aimed at plants of greater cycle, erect architecture and high grain yield. The selection indexes identify the genotypes for agronomic traits: Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro and Vagem Roxa; and the following genotypes for technological and mineral characters, of clear coat: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Trindade and Pérola; and dark tegument: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa and Paraná.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L. Genetic variability. Differentiation. Distinction. Landrace. Selection index.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Descritores de feijão avaliados na emergência e na floração: descritores morfológicos 1 (presença (P) e ausência (A) de pigmento antocianínica no hipocótilo); 2 (intensidade da pigmentação); 3 (hábito de crescimento); 4 (se indeterminado, porte da planta); 5 (se determinado, tipo); 6 (se determinado, altura de planta).....36
- Tabela 2 - Descritores morfológicos relacionados aos aspectos foliares e florais: descritores morfológicos 7 (intensidade da cor verde das folhas); 8 (presença de rugosidade na folha); 9 (forma do folíolo terminal); 10 (comprimento do ápice do folíolo terminal); 11 (se crescimento determinado, a localização das inflorescências); 12 (tamanho das brácteas das flores); 13 (cor do estandarte da flor); 14 (cor das asas da flor).....39
- Tabela 3 - Descritores de feijão avaliados no período de floração que caracterizam a vagem: descritores morfológicos 15 (se determinado, comprimento da vagem); 16 (largura da vagem); 17 (espessura da vagem); 18 (forma da seção transversal da vagem); 19 (relação espessura/largura da vagem); 20 (cor primária da vagem); 21 (intensidade da cor primária); 22 (presença de cor secundária); 23 (se presente, cor secundária da vagem); 24 (densidade da cor secundária).....41
- Tabela 4 - Descritores de feijão avaliados no período de floração que caracterizam a vagem: 25 (grau de curvatura da vagem); 26 (forma da curvatura da vagem); 27 (forma da parte distal da vagem); 28 (comprimento do dente apical da vagem); 29 (forma da curvatura do dente apical); 30 (posição do dente apical); 31 (textura da superfície da vagem); 32 (intensidade de constrictões na vagem).....43
- Tabela 5 - Descritores de feijão referentes à semente: descritores morfológicos 33 (massa de 100 sementes em gramas); 34 (classificação da massa de 100 sementes); 35 (forma em seção longitudinal); 36 (se reniforme, grau de curvatura); 37 (comprimento da semente); 38 (largura em seção transversal); 39 (classificação da relação comprimento/largura); 40 (classificação da relação espessura/largura).....46
- Tabela 6 - Descritores de feijão referentes à semente: descritores morfológicos 41 (número de cores na semente); 42 (cor primária); 43 (cor secundária); 44 (distribuição da cor secundária na semente); 45 (coloração ao redor do hilo em relação à cor principal da semente); 46 (cor do halo); 47 (intensidade da venação na testa); 48 (intensidade do brilho).....48
- Tabela 7 - Comparação de médias para os caracteres ciclo (dias), acamamento (ACA) e *stay green* (STG) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....66
- Tabela 8 - Comparação de médias para os caracteres nota geral de adaptação (NG), porte (PORTE) e altura de inserção da primeira vagem (A1V) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....68

- Tabela 9 - Comparação de médias para os caracteres: altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....70
- Tabela 10 - Comparação de médias para os caracteres: número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....72
- Tabela 11 - Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre os caracteres: ciclo, acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V), altura da inserção da última vagem (AUV), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....75
- Tabela 12 - Contribuição relativa dos caracteres: ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>), para a divergência – SINGH (1981) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....77
- Tabela 13 - Agrupamento de 49 genótipos de feijão avaliados em três épocas de cultivo no município de Santa Maria, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis considerando as médias obtidas para os caracteres em cada grupo formado.....79
- Tabela 14 - Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original (X<sub>o</sub>), média da população selecionada (X<sub>s</sub>), herdabilidade (h<sup>2</sup>, %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para os caracteres ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, inserção da primeira vagem (A1V, cm), inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) e as cultivares selecionadas com base no índice de soma de *ranks*.....81
- Tabela 15 - Comparação de médias para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm) e largura dos grãos (LargG, mm), avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....100
- Tabela 16 - Comparação de médias para os caracteres: espessura dos grãos (EspeG, mm), cor “L” e cor a\*, avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017,

|  |     |
|--|-----|
| primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....  | 102 |
| Tabela 17 - Comparação de médias para os caracteres: cor b*, grãos normais (GN, %) e porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....  | 103 |
| Tabela 18 - Comparação de médias para os caracteres: tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg <sup>-1</sup> de matéria seca - MS) e de magnésio (Mg, g kg <sup>-1</sup> MS) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....  | 105 |
| Tabela 19 - Comparação de médias para os caracteres: concentração de ferro (Fe, mg kg <sup>-1</sup> de matéria seca - MS), de zinco (Zn, mg kg <sup>-1</sup> de MS) e de cobre (Cu, g kg <sup>-1</sup> de MS) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....  | 107 |
| Tabela 20 - Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre os caracteres: massa de 100 grãos (M100G), comprimento dos grãos (CompG), valor de L*, a*, tempo de cozimento (Tempo), concentração de fósforo (P), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....  | 109 |
| Tabela 21 - Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas entre os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG,mm), valor de L*, a*, tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg <sup>-1</sup> ), magnésio (Mg, g kg <sup>-1</sup> ), ferro (Fe, mg kg <sup>-1</sup> ), zinco (Zn, mg kg <sup>-1</sup> ) e cobre (Cu, g kg <sup>-1</sup> ) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....   | 111 |
| Tabela 22 – Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original (Xo), média da população selecionada (Xs), herdabilidade (h <sup>2</sup> , %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para cultivares de grãos claros considerando os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG,mm), valor de L*, a*, tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg <sup>-1</sup> ), magnésio (Mg, g kg <sup>-1</sup> ), ferro (Fe, mg kg <sup>-1</sup> ), zinco (Zn, mg kg <sup>-1</sup> ) e cobre (Cu, g kg <sup>-1</sup> ) e os genótipos selecionados pelo índice de seleção multiplicativo.....   | 115 |
| Tabela 23 - Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original (Xo), média da população selecionada (Xs), herdabilidade (h <sup>2</sup> , %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para cultivares de grãos escuros considerando os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm), valor de L*, a*, tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg <sup>-1</sup> ), magnésio (Mg, g kg <sup>-1</sup> ), ferro (Fe, mg kg <sup>-1</sup> ), zinco (Zn, mg kg <sup>-1</sup> ) e cobre (Cu, g kg <sup>-1</sup> ) e os genótipos selecionados pelo índice de seleção multiplicativo..... | 118 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 - Variedades locais e cultivares de feijão avaliados. Santa Maria, RS.....  | 27  |
| Figura 2 - Diferentes tonalidades de pigmentação de antocianina no hipocótilo e cotilédones de plântulas de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.: (A) ausente; (B) pigmentação fraca; (C) pigmentação forte.....                                 | 28  |
| Figura 3 - Folíolos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. sem (A) e com a presença de rugosidade (B).....  | 29  |
| Figura 4 - Forma do folíolo terminal de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.: quadrangular (A), triangular (B) e circular (C).....   | 30  |
| Figura 5 - Comprimento do ápice do folíolo terminal de <i>Phaseolus vulgaris</i> L., sendo curto (A), médio (B) e longo (C).....   | 30  |
| Figura 6 - Coloração das estruturas florais de <i>Phaseolus vulgaris</i> L., sendo flor branca (A), flor rosa (B) e flor violeta (Roxa) (C).....   | 31  |
| Figura 7 - Forma da seção transversal da vagem de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....   | 31  |
| Figura 8 - Densidade de manchas nas vagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> L e sua classificação.....   | 32  |
| Figura 9 - Grau de curvatura da vagem de <i>Phaseolus vulgaris</i> L e sua classificação.....  | 32  |
| Figura 10 - Comprimento e largura de sementes de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....  | 34  |
| Figura 11 - Distribuição dos municípios de coleta das sementes locais de feijão.....   | 58  |
| Figura 12 - Variedades locais e cultivares de feijão avaliados. Santa Maria, RS.....   | 60  |
| Figura 13 - Dados meteorológicos coletados na Estação Meteorológica de Santa Maria, instalada na Universidade de Santa Maria (latitude 29°42' S, longitude 53°49' W e 95 m altitude), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.....           | 65  |
| Figura 14 - Dendograma representativo da dissimilaridade genética de 49 genótipos de feijão semeados em três épocas de cultivo em Santa Maria – RS, obtidos pela técnica de agrupamento da ligação completo – vizinho mais distante..... | 78  |
| Figura 15 – Genótipos de feijão avaliados. Santa Maria, RS.....  | 95  |
| Figura 16 – Dispersão gráfica dos escores e agrupamento dos 49 genótipos de feijão avaliados em três épocas de cultivo no município de Santa Maria - RS, realizado a partir das variáveis canônicas.....                                 | 112 |
| Figura 17 - Dendograma representativo da dissimilaridade genética de 49 genótipos de feijão avaliados em três épocas de cultivo no município de Santa Maria - RS, obtidos pela técnica de agrupamento do vizinho mais próximo.....       | 114 |

## LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1 - Genótipos de feijão avaliados, classe dos grãos, cor primária dos grãos, cor secundária dos grãos, hábito de crescimento (HC) e origem dos grãos em três épocas de cultivo no município de Santa Maria – RS.....135
- Apêndice 2 - Análises individuais dos ambientes considerando o delineamento látice para os caracteres: ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g), produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....136
- Apêndice 3 - Análise da variância conjunta dos ambientes considerando o delineamento blocos ao acaso para os caracteres: ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....138
- Apêndice 4 - Análises individuais dos ambientes considerando o delineamento látice para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm), largura dos grãos (LargG, mm), espessura dos grãos (EspeG, mm), cor “L”, cor a\*, cor b\*, número de grãos normais (GN), porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %) e tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), fósforo (P, g kg<sup>-1</sup>), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup>), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup>), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup>) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup>).....139
- Apêndice 5 - Análise de variância conjunta dos ambientes considerando o delineamento blocos ao acaso para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm), largura dos grãos (LargG, mm), espessura dos grãos (EspeG, mm), valor de L\*, a\*, b\*, grãos normais (GN, %), porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %), tempo de cozimento (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg<sup>-1</sup> de matéria seca - MS), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup> de Ms), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup> de Ms), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup> de Ms) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup> de Ms) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.....141

## SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>15</b>  |
| <b>2 CAPÍTULO 1 - DESCRITORES MORFOLÓGICOS NA CARACTERIZAÇÃO E NA DIFERENCIAÇÃO DE VARIEDADES LOCAIS E CULTIVARES DE FEIJÃO.....</b>   | <b>22</b>  |
| Resumo.....  | 22         |
| Abstract.....  | 23         |
| <b>2.1 Introdução.....</b>   | <b>24</b>  |
| <b>2.2 Material e métodos.....</b>   | <b>25</b>  |
| <b>2.3 Resultados e discussão.....</b>   | <b>34</b>  |
| <b>2.4 Conclusões.....</b>   | <b>50</b>  |
| <b>2.5 Referências.....</b>  | <b>50</b>  |
| <b>3 CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO AGRONÔMICO, DISSIMILARIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE VARIEDADES LOCAIS E CULTIVARES DE FEIJÃO PARA USO EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO.....</b>  | <b>54</b>  |
| Resumo.....  | 54         |
| Abstract.....  | 55         |
| <b>3.1 Introdução.....</b>   | <b>56</b>  |
| <b>3.2 Material e métodos.....</b>   | <b>57</b>  |
| <b>3.3 Resultados e discussão.....</b>   | <b>63</b>  |
| <b>3.4 Conclusões.....</b>   | <b>84</b>  |
| <b>3.5 Referências.....</b>  | <b>85</b>  |
| <b>4 CAPÍTULO 3 - DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SELEÇÃO PARA CARACTERES TECNOLÓGICOS E CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS EM VARIEDADES LOCAIS E CULTIVARES DE FEIJÃO E POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO NOS PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO.....</b> | <b>90</b>  |
| Resumo.....  | 90         |
| Abstract.....  | 91         |
| <b>4.1 Introdução.....</b>   | <b>92</b>  |
| <b>4.2 Material e métodos.....</b>   | <b>94</b>  |
| <b>4.3 Resultados e discussão.....</b>   | <b>98</b>  |
| <b>4.4 Conclusões.....</b>   | <b>120</b> |
| <b>4.5 Referências.....</b>  | <b>120</b> |
| <b>5 DISCUSSÃO.....</b>  | <b>126</b> |
| <b>6 CONCLUSÕES.....</b>   | <b>128</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>130</b> |
| Apêndices.....   | 135        |

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das importantes culturas agrícolas no Brasil, com uma produção de 3,09 milhões de toneladas na média do último triênio (CONAB, 2019). Com um consumo per capita de 17 kg habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MAPA, 2018), o cultivo do feijão tem importância nutricional e destaque na culinária brasileira, sendo uma significativa fonte de proteínas, minerais, vitaminas do complexo B, carboidratos e fibras, além de demonstrar presença diária na mesa de sete em cada dez brasileiros (BRASIL, 2015; BROUGHTON et al., 2003). De acordo com Petry et al. (2015) o feijão é uma importante fonte de nutrientes para mais de 300 milhões de pessoas no mundo. Segundo Pedraza, Rocha, Sales (2013), os minerais são essenciais para o bom funcionamento do organismo humano, sendo responsáveis pela regulação da atividade e conservação das células, manutenção da atividade muscular e nervosa, facilitadores do transporte de diversas substâncias necessárias ao funcionamento adequado do organismo e estão presentes na constituição de ossos e dentes.

No Brasil, o cultivo do feijão é realizado em diferentes condições edafoclimáticas, distribuídas em todo o território nacional, e dividida em três diferentes safras agrícolas: a primeira, a safra das águas, na qual se observa alto índice de chuvas; a segunda, chamada de safra da seca ocorre em períodos de poucas precipitações; e a terceira, a safra irrigada é realizada com sistemas de irrigação (MAPA, 2012).

Ao longo dos anos, o cultivo do feijão foi realizado para suprir a necessidade de alimento básico da população. Os agricultores familiares utilizavam a cultura para a subsistência, reduzindo os custos de produção e utilizando poucas tecnologias. Contudo, Bertoldo et al. (2008), observaram que a partir de 1988 ocorreram alterações nas formas de cultivo do feijão no Brasil, o qual passou a ter importância econômica significativa na agricultura nacional.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a agricultura familiar é uma forma de organização social, cultural, econômica e ambiental, na qual são trabalhadas atividades agropecuárias no meio rural, gerenciadas por uma família com predominância de mão-de-obra familiar (MAPA, 2019). A agricultura familiar é um importante elo na cadeia produtiva do feijão, sendo responsável por apoiar de forma significativa o mercado interno brasileiro, respondendo por 70% da produção de feijão nacional de acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO, 2016). Deste valor cerca de 76,8% dos grãos do grupo comercial preto e 53,9% dos grãos de cores são produzidos pela agricultura familiar em nível nacional (DIEESE, 2011). Já, no Estado do Rio Grande do Sul, a agricultura familiar tem

importância ainda mais significativa, sendo responsável por cerca de 84% da produção de feijão preto e 87% da produção de feijão de cor (FRANÇA et al., 2009).

A importância do cultivo de feijão pelos agricultores familiares vai além da comercialização dos grãos. Segundo Coelho et al. (2010), foram desenvolvidos atributos interessantes no cultivo do feijão, referentes à tradição, aos costumes, à produção e à culinária local dos agricultores familiares, demonstrando a importância cultural e econômica que o feijão tem no dia a dia do agricultor e dos consumidores. Este germoplasma é advindo de diversos cultivos agrícolas e foi preservado ao longo dos anos de acordo com as necessidades edafoclimáticas e culturais dos agricultores. Alguns autores consideram as sementes locais de feijão como uma riqueza natural que passou por processo de seleção natural ao longo dos anos de cultivo (ELIAS et al., 2007; PETERSEN et al., 2007; PEREIRA et al., 2009).

Neste sentido, é comum que a mesma variedade local receba diferentes denominações pelos agricultores, necessitando a caracterização morfológica do germoplasma. A importância da variabilidade genética do feijão encontrada na agricultura familiar como uma forma de aperfeiçoamento dos programas de melhoramento genético foi observada por Coelho et al. (2010). O conhecimento e a caracterização desta variabilidade genética pode potencializar a seleção de genitores promissores, uma vez que permite subsídio aos melhoristas na obtenção de novos alelos que concedam, por exemplo, estabilidade e adaptabilidade na produção de grãos frente a estresses bióticos e abióticos (BARILI et al., 2010).

Segundo Rodrigues et al. (2002) a variabilidade genética está sob constante pressão no sentido à extinção, dentre as causas estão as exigências de mercado que demandam variedades uniformes. Coelho et al. (2007) observaram a existência de uma tendência de seleção para cultivares com maior uniformidade e maior produtividade de grãos, o qual poderiam levar à perda de alguns caracteres importantes, como a estabilidade de produção, a resistência às doenças, a qualidade tecnológica e nutricional do feijão.

A caracterização da variabilidade genética existente em variedades locais, foi estudada em pesquisa com 45 genótipos locais e cultivares comerciais por Elias et al. (2007), o qual encontraram variabilidade genética presente no germoplasma avaliado e indicaram possíveis hibridizações dirigidas entre as cultivares mais divergentes e que apresentaram as maiores produtividades de grãos. Rodrigues et al. (2002) avaliaram 47 variedades locais e compararam com 14 cultivares comerciais no Estado do Rio Grande do Sul como resultado, verificaram maior variabilidade genética nas variedades locais em relação às cultivares recomendadas pela pesquisa, destacando a importância da manutenção desses recursos genéticos.

Variedades locais de feijão do Rio Grande do Sul foram avaliadas por Moraes et al. (2013), os quais observaram variabilidade genética para caracteres fenológicos, morfológicos, agronômicos, de qualidade tecnológica e nutricional. Ribeiro, Mezzomo e Santos (2019) também encontraram variabilidade genética em genótipos de feijão para os minerais: potássio, cálcio e magnésio, bem como observado por Zanotti et al. (2020) para os minerais cálcio, ferro, zinco, potássio, magnésio, manganês e fósforo em genótipos de feijão. Neste sentido, a variabilidade genética morfológica, fenológica, tecnológica e de minerais tem sido estudada por diversos pesquisadores em feijão (LIMA et al., 2012; KHAIDIZAR et al., 2012; MAZIERO, RIBEIRO, STORK, 2015; NEMLI; KIANOOSH; TANYOLAC, 2015; SHARMA et al., 2019). Estes autores, demonstraram em suas pesquisas a importância da caracterização da variabilidade genética para os programas de melhoramento genético, uma vez que, o conhecimento do germoplasma disponível é uma fonte promissora de genitores para uso em hibridações dirigidas nos programas de melhoramento genético.

No intuito de auxiliar os programas de melhoramento genético, além da variabilidade genética, é importante o conhecimento de estratégias que auxiliem na obtenção de ganhos genéticos. Dentre as estratégias, o estudo das correlações presentes entre os caracteres pode promover ganhos genéticos significativos baseado na resposta correlacionada entre os caracteres de interesse.

Pesquisas com o objetivo de compreender as correlações existentes foram realizadas por Ribeiro et al. (2018) os quais encontraram correlação positiva entre o período reprodutivo, a inserção da última vagem e o ciclo, mostrando que o aumento no período reprodutivo e/ou na altura de inserção da última vagem impactam em aumento no ciclo das cultivares de feijão. Keller et al. (2020) estudaram características de cultivares de feijão em doze ensaios à campo sob condições de estresse ambiental e verificaram variações nas correlações entre o número de dias em floração e a produtividade de grãos. Silva, Abreu, Ramalho (2009) observaram, em populações  $F_{5:7}$  de três diferentes cruzamentos, que existe correlação genética entre a produtividade de grãos e o porte ereto, porém a correlação é negativa e de baixa a intermediária magnitude ( $r = -0,14, -0,21$  e  $-0,56$ ), dificultando a seleção simultânea para esses caracteres.

Cabral et al. (2011) verificaram correlação positiva e de alta magnitude entre o número de vagens por planta e o número de sementes por planta ( $r = 0,88$ ), entre o número de vagens por planta com a produtividade de grãos ( $r = 0,74$ ), entre o número de sementes por planta e a produtividade de grãos ( $r = 0,83$ ). As correlações entre caracteres foram avaliadas por Ribeiro et al. (2018), que também ressaltaram a possibilidade de seleção de genótipos com maior

produtividade de grãos com base na massa de 100 grãos por expressarem correlação positiva ( $r = 0,68$ ).

Ferrão et al. (2001) observaram estimativa de correlação genética positiva em geração  $F_2$  entre a produtividade de grãos de feijão e o número de vagens por planta em condições de frio ameno ( $r = 0,50$ ) e correlação genética negativa em condições de frio mais intensas ( $r = -0,48$ ), demonstrando o efeito do ambiente na expressão gênica deste caractere. Santos, Ribeiro e Maziero (2016) observaram correlação positiva e de alta magnitude entre a espessura dos grãos e o tempo de cozimento ( $r = 0,96$ ), demonstrando possibilidades de redução no tempo de cozimento através da seleção de genótipos com menor espessura de grãos.

Estudos para avaliar as correlações existentes entre os caracteres tecnológicos e nutricionais de feijão foram conduzidos por Ribeiro e Kläsener (2020). Como resultado encontraram correlação positiva e de alta magnitude entre a massa de 100 grãos e o tempo de cozimento e correlação de média e de alta magnitude entre tempo de cozimento e os minerais: potássio, fósforo, cobre, magnésio e ferro, destacando a possibilidade de seleção indireta para estes caracteres.

Além do conhecimento das correlações existentes entre os caracteres para obtenção de características de interesse aos programas de melhoramento genético, outras ferramentas auxiliam o melhorista na seleção dos genitores para uso em hibridizações dirigidas. Neste sentido, o uso de métodos preditivos possibilita conhecer a similaridade e a dissimilaridade do germoplasma avaliado, possibilitando combinações híbridas com maior efeito heterótico e maior heterozigose (CRUZ; REGAZZI, 2001).

O método hierárquico foi utilizado por Correa, Gonçalves (2012) os quais avaliaram 13 genótipos de feijão para os caracteres número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos e com base no dendograma do vizinho mais próximo identificaram a cultivar IAC Carioca Eté como promissora para o uso em hibridizações. Rodrigues et al. (2002) avaliaram 40 descritores morfológicos em 37 variedades locais e 14 cultivares de feijão com o uso de componentes principais e pelo método de agrupamento de Ward, como resultado identificaram descritores ineficientes e verificaram a formação de quatro grupos distintos de similaridade genética. Em estudo com cultivares de feijão Emygdio et al. (2003) verificaram a eficiência do uso de marcadores RAPD no agrupamento de 22 variedades locais e 13 cultivares e como resultado observaram a formação dos grupos com base nos centros de domesticação.

A utilização do método de Tocher foi aplicada por Elias et al. (2007) os quais avaliaram 45 variedades locais de feijão, e comparando os agrupamentos pelo método de Tocher com o

uso do método da Ligação Média (UPGMA), puderam indicar genitores para uso em hibridizações dirigidas baseados em 11 caracteres morfoagronômicos e nutricionais. Pesquisa semelhante utilizando estes dois métodos e o método de variáveis canônicas foi realizada por Sulzbacher et al. (2017) ao avaliarem 21 genótipos de feijão e indicarem genitores potenciais para a obtenção de populações segregantes.

Segundo Cargnelutti Filho et al. (2008), o uso do método de Tocher e os métodos hierárquicos de ligação simples, de Ward, de ligação completa, de mediana, de ligação média dentro de grupo e de ligação média entre grupo, com base na distância generalizada de Mahalanobis, formaram grupos concordantes com base nos caracteres: número de vagens por planta e de sementes por vagem, massa de 100 grãos, população final de plantas, número de dias da emergência ao florescimento e da emergência à colheita, altura de inserção de primeira e de última vagem, grau de acamamento e produtividade de grãos. Este resultado demonstra que o uso complementar destes métodos não é necessário. Utilizando os métodos hierárquico UPGMA e de otimização de Tocher em estudo sobre a diversidade genética de 63 cultivares de feijão, Bonnet et al. (2006) concluíram que os métodos de agrupamentos analisados, foram parcialmente concordantes formando o mesmo número de grupos.

Além do uso dos métodos de agrupamento, a seleção de genótipos por índices de seleção apresenta potencial de uso, principalmente por possibilitarem a seleção simultânea para diversos caracteres de interesse ao melhorista. Dentre os tipos de índice de seleção estão o multiplicativo (SUBANDI et al., 1973) o qual é estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres, para uma seleção simultânea (CRUZ, 2006) e o índice de seleção de soma de *ranks* (MULAMBA, MOCK, 1978). De acordo com Cruz, Regazzi (2001), este índice, classifica os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento, após classificados, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada caractere, resultando uma medida adicional tomada como índice de seleção.

Pesquisas realizadas com o uso do índice multiplicativo permitiram a indicação de genitores promissores aos programas de melhoramento genético. Maziero, Ribeiro, Storck (2015) selecionaram genótipos de feijão com arquitetura de planta ereta, alta produtividade de grãos e alta concentração de minerais. O uso de índices de seleção clássico, básico e multiplicativo foi utilizado por Jost et al. (2013) para a seleção simultânea para produtividade de grãos e nutricional em feijão. Ribeiro et al. (2018) realizaram seleção simultânea de linhagens de feijão com ciclo precoce, arquitetura de planta ereta e produtividade de grãos. Gindri, Coelho (2019) estudaram variedades locais em Santa Catarina e com base no índice de seleção multiplicativo (MULAMBA; MOCK, 1978) observaram uma grande diversidade

fisiológica nas cultivares de feijão BAF 112, BAF 81, BAF 84, BAF 42, BAF 60 e BAF 75, possibilitando a seleção de genótipos superiores para qualidade fisiológica de sementes. Mendes et al. (2009) utilizaram o índice Z em populações segregantes e selecionaram os recombinantes superiores obtidos nos seguintes cruzamentos CV III 8511 x BRS 7762 Supremo, CV III 8511 x RP 166 e CV III 8511 x RP 26 para os caracteres de arquitetura de planta e produtividade de grãos, obtendo linhagens produtivas, com plantas eretas e menor acamamento.

A seleção simultânea para produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade foi realizada por Santos et al. (2018) e por Bertoldo et al. (2010) em variedades locais de feijão. A utilização de índices de seleção é uma estratégia promissora aos programas de melhoramento genético, permitindo ao melhorista analisar a combinação ótima entre diversos caracteres de interesse.

A caracterização da variabilidade genética das variedades locais de feijão é importante para que os agricultores potencializem a sua produção, otimizando os recursos ambientais e econômicos, promovendo a sustentabilidade das propriedades rurais. Além disso, o conhecimento das variedades locais de feijão estimula a conservação dos recursos genéticos, aumentando as possibilidades de que o banco de germoplasma mantenha-se renovado com frequência, evitando a erosão genética dessas cultivares.

Neste sentido, a caracterização do germoplasma local e o conhecimento da divergência genética para os caracteres agronômicos, tecnológicos e de minerais pode ser uma ferramenta promissora aos melhoristas, possibilitando seu uso nos programas de melhoramento genético. Para tanto, foram objetivos deste estudo: (1) caracterizar os genótipos de feijão avaliados e identificar caracteres morfológicos determinantes na diferenciação entre variedades locais e cultivares de feijão com a utilização de descritores morfológicos recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); (2) analisar a variabilidade genética de variedades locais e comerciais de feijão em relação a caracteres agronômicos, de qualidade tecnológica e nutricional; (3) estudar as correlações entre os caracteres fenológicos, morfológicos, de produtividade de grãos, tecnológicos e nutricionais; (4) avaliar a dissimilaridade genética e indicar genitores promissores para uso nos programas de melhoramento genético com base em caracteres agronômicos, de qualidade tecnológica e nutricional; (5) selecionar cultivares de feijão superiores com base em caracteres agronômicos, de qualidade tecnológica e nutricional. Para tanto, a tese foi organizada em três capítulos. Sendo o primeiro capítulo denominado de: “Descritores morfológicos na caracterização e na diferenciação de variedades locais e cultivares de feijão”. O segundo capítulo intitulado

“Desempenho agrônomo, dissimilaridade genética e seleção de variedades locais e cultivares de feijão para uso em programas de melhoramento genético”. E o terceiro capítulo “Divergência genética e seleção para caracteres tecnológicos e concentração de minerais em variedades locais e cultivares de feijão e potencial de utilização nos programas de melhoramento genético”.

## 2 CAPÍTULO 1

### **Descritores morfológicos na caracterização e na diferenciação de variedades locais e cultivares de feijão**

**Resumo** - O conhecimento da diversidade genética de feijão é uma ferramenta importante para os programas de melhoramento genético. O objetivo deste estudo foi diferenciar variedades locais e cultivares de feijão pelo uso de descritores morfológicos recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e identificar descritores mais eficientes para uso em programas de melhoramento. Um total de 49 genótipos de feijão foram avaliados, sendo 37 variedades locais e 12 cultivares desenvolvidas pela pesquisa. Para tanto, foram utilizados 48 descritores morfológicos indicados no documento “instruções para a execução dos experimentos de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L) disponibilizado pelo MAPA. Os seguintes descritores foram ineficientes para a diferenciação dos genótipos: pigmentação de antocianina, hábito de crescimento, porte, tipo de crescimento, altura das plantas, forma do folíolo terminal, cor do estandarte, cor das asas florais, forma transversal da vagem, cor secundária da vagem, grau de curvatura da vagem, forma da parte distal da vagem, número de cores secundárias das sementes, coloração do tegumento e distribuição da cor secundária das sementes. Os descritores morfológicos baseados em sementes possibilitaram distinguir um número significativo de genótipos de feijão. Todos os genótipos avaliados possuíram algum descritor ou grupo de descritores que tornou possível a sua diferenciação do restante dos genótipos avaliados, com exceção das variedades locais Milico e Verde 128 as quais apresentaram semelhança em praticamente todos os descritores, podendo ser a mesma variedade com nomenclatura diferente. O uso de descritores morfológicos foi eficiente para diferenciar variedades locais e cultivares de feijão do germoplasma avaliado.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L. Variabilidade genética. Diferenciação. Distinção. Crioulas.

## **Morphological descriptors to characterize and differentiate common bean local varieties and cultivars**

**Abstract** - Knowledge of the genetic diversity of beans is an important tool for breeding programs. The objective of this study was to characterize the evaluated genotypes and to identify determinant characters in the differentiation between local varieties and bean cultivars with the use of morphological descriptors recommended by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA). A total of 49 common bean genotypes were evaluated, which of 37 local varieties and 12 cultivars developed by the research, during the rainy season (2018/19) in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. For that, 48 morphological descriptors were used, indicated in the document "Instructions for the execution of the experiments of distinction, homogeneity and stability of bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L)" provided by MAPA. The data obtained were tabulated and analyzed. Redundancy was observed in the descriptors: anthocyanin pigmentation, growth habit, size and type of growth, plant height, terminal leaflet shape, standard color, color of floral wings, transverse shape of the pod, secondary color and degree of curvature of the pod, shape of the distal part of the pod, number of secondary colors of seeds, tegument color and distribution of secondary color of seeds. The morphological descriptors of the seeds made it possible to distinguish a significant number of genotypes. All evaluated common bean genotypes had some descriptor or group of descriptors that made it possible to differentiate them from the rest of the genotypes collection, with the exception of Milico and Verde 128, which were similar in practically all descriptors, and could be the same local variety with different nomenclature. The use of morphological descriptors was efficient to differentiate local varieties and common bean cultivars from the germplasm collection.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L. Genetic variability. Differentiation. Distinction. Landrace.

## 2.1 Introdução

O uso de descritores morfológicos recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (MAPA, 2015) é uma forma de estabelecer diretrizes para as avaliações de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE). Esse procedimento é fundamental para a diferenciação entre as cultivares e é necessário para a proteção de uma nova cultivar de feijão no Brasil.

A caracterização morfológica de uma cultivar usando os descritores propostos pelo MAPA permite mostrar que a cultivar de feijão é distinta de outras cultivares já existentes, possibilitando ao obtentor requerer o direito a proteção dessa cultivar. Os programas de melhoramento genético de feijão têm interesse em conhecer possíveis genitores para o uso em hibridizações. Neste sentido, conhecer e preservar as variedades locais de feijão pode ser uma estratégia promissora, uma vez que a agricultura familiar ocupa papel decisivo na cadeia produtiva que abastece o mercado interno brasileiro, sendo responsável por 70% da produção de feijão (FAO, 2016).

As variedades locais de feijão possuem alta adaptabilidade, bem como alelos com resistência a pragas e doenças de grande valor para a pesquisa (GONÇALVES et al., 2014). Quando organizada e disponibilizada para a comunidade científica, forma uma espécie de banco genético, submetido às diferentes condições edafoclimáticas e conservadas ao longo dos anos por características que vão além da produtividade de grãos, tais como culturais e alimentares, podendo proporcionar ganhos genéticos expressivos para a cultura devido a possibilidade de uso em hibridizações dirigidas.

Pesquisas com o uso de descritores morfológicos têm sido realizadas com o objetivo de caracterizar a diversidade genética de acessos de feijão. Coelho et al. (2007) estudaram 20 acessos de feijão, com base em descritores morfológicos e concluíram que a massa de 100 sementes teve a maior contribuição na separação dos genótipos, seguido pela espessura da vagem, pelo comprimento da vagem e pela produtividade de grãos. Gonçalves et al. (2014) avaliaram oito descritores quantitativos e cinco qualitativos nas sementes de feijão de variedades locais e com o uso de métodos de agrupamento observaram a presença de variabilidade genética no germoplasma avaliado e amplitude na base genética dos genótipos avaliados.

Na Europa Central foram avaliados 14 descritores morfológicos nas sementes de 953 acessos de feijão, servindo como informações úteis sobre a diversidade genética de acessos de feijão e uso no desenvolvimento de novas cultivares, segundo os autores o germoplasma

avaliado demonstrou uma ampla faixa de variabilidade morfológica para as características avaliadas, possibilitando a indicação dos centros de origem das sementes (SINKOVIČ et al., 2019). Os caracteres morfoagronômicos auxiliaram a avaliação da dissimilaridade genética de 100 genótipos de feijão por Lima et al. (2012), os quais observaram que um grupo de dez a 20 descritores foram capazes de proporcionar bons resultados. Delfini et al. (2017) avaliaram 39 cultivares comerciais de feijão com base em 49 descritores morfoagronômicos, além de marcadores moleculares e concluíram que o uso combinado das duas metodologias melhora a capacidade de diferenciação das cultivares de feijão, contribuindo de maneira mais eficiente para o melhoramento e a proteção das cultivares. Lima et al. (2012) e Delifin et al. (2017) salientaram que o uso dos descritores morfológicos se mostra eficiente na diferenciação de cultivares de feijão, exceto em alguns casos em que se observou base genética estreita.

A caracterização e a identificação do germoplasma presente na agricultura familiar para os caracteres morfológicos pode auxiliar os programas de melhoramento genético, ao possibilitar o conhecimento da riqueza genética existente, potencializando a obtenção de heterose pelo cruzamento entre genótipos divergentes e reduzindo hibridizações dirigidas entre genótipos com alta similaridade genética ou duplicados. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar as variedades locais e cultivares avaliadas e identificar caracteres morfológicos determinantes na diferenciação entre os genótipos com base na utilização dos descritores morfológicos propostos por MAPA (2015).

## **2.2 Material e métodos**

As variedades locais de feijão foram adquiridas diretamente com agricultores familiares das regiões Centro-Serra, Centro e Sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. As cultivares comerciais de feijão registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para o cultivo no Rio Grande do Sul, foram oriundas do banco de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Inicialmente, na safra 2016/17, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (latitude 29°42S, longitude 53°49W e 95 m de altitude) foi realizada uma semeadura para uniformizar e padronizar os tratos culturais, a colheita, a umidade e o armazenamento das sementes das variedades locais. Na safra de 2018/2019, no dia 26 de outubro de 2018, foi realizada a instalação do experimento de Distinguilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE) na mesma área.

O experimento básico utilizou uma área total de 98 m<sup>2</sup>, sendo que cada genótipo foi avaliado em parcelas constituídas de duas linhas de 2 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m, as quais foram semeadas com 15 sementes por metro linear. Um total de 49 genótipos de feijão foram avaliados, sendo 37 variedades locais e 12 cultivares comerciais de feijão (Figura 1). O solo do local é caracterizado como Argissolo Bruno-acinzentado alítico típico, localizado na unidade de mapeamento de Santa Maria e o clima da região é classificado como Cfa subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida.

Figura 1 - Variedades locais e cultivares de feijão avaliados. Santa Maria, RS.



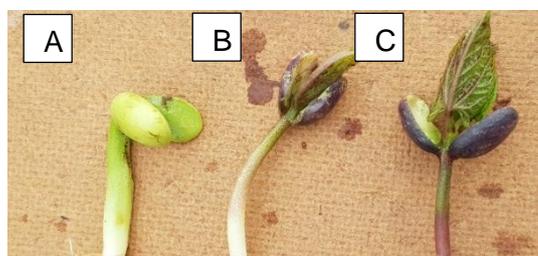
O solo foi preparado pelo sistema convencional com abertura manual dos sulcos de semeadura. A calagem e as adubações de base e de cobertura seguiram a interpretação da análise de solo para a cultura do feijão, sendo a adubação de cobertura feita com nitrogênio no estágio

fenológico (V4) momento em que a terceira folha trifoliada está plenamente aberta, seguindo as recomendações da EMBRAPA (2018). O tratamento de sementes foi realizado com o fungicida Maxim (Fludioxonil) e o inseticida Cruiser (Tiometoxam) na dose de 200 mL. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes de cada produto pulverizado com máquina costal de 20 L nas linhas de semeadura. O herbicida pré-emergente Dual Gold® (S-Metolacoloro) na dose de 1,25 L ha<sup>-1</sup> foi utilizado após a semeadura do experimento com o objetivo de reduzir a incidência de plantas espontâneas. Além disso, o controle de plantas espontâneas foi efetuado com capina manual sempre que necessário. O controle de doenças foi dispensável e o controle de insetos foi realizado pela aplicação de Engeo Pleno™ (Tiametoxam; Lambda-Cialotrina) na dose de 125 mL ha<sup>-1</sup> para o controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) quando observado dano de 5% nas plantas.

O documento “instruções para a execução dos experimentos de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), desenvolvido por MAPA (2015) e publicado no Diário Oficial da União, número 133, de 15 de julho de 2015, foi utilizado como base para realizar as 48 avaliações morfológicas. Para tanto, foram coletas de forma aleatória 20 plantas por unidade experimental, para a avaliação dos caracteres morfológicos.

Por ocasião da emergência de 50% das plântulas (estádio V1), avaliou-se a presença ou a ausência de pigmentação antocianínica no hipocótilo, e quando presente, identificou-se a intensidade da coloração (Figura 2), seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (2018).

Figura 2 - Diferentes tonalidades de pigmentação de antocianina no hipocótilo e cotilédones de plântulas de *Phaseolus vulgaris* L.: (A) ausente; (B) pigmentação fraca; (C) pigmentação forte.



Fonte: Autor (2018).

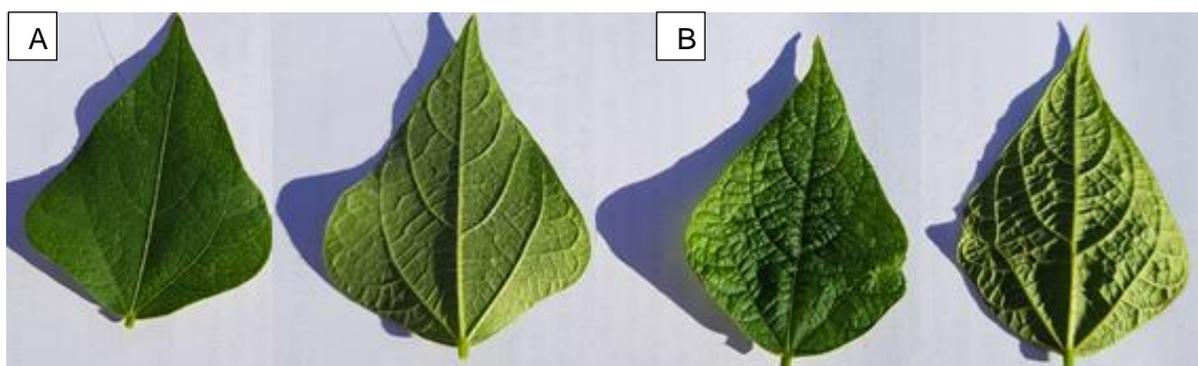
O hábito de crescimento (HC) foi identificado quando as plantas se encontravam em florescimento pleno (estádio R6), no momento em que pelo menos 50% das flores estavam abertas e foi definido conforme proposto pela EMBRAPA (2018), sendo caracterizado como determinado, quando foi observado a presença de inflorescência terminal e floração com início

do ápice para as porções mais baixas da planta. Quando as inflorescências iniciavam da base para o ápice, em ambas as hastes (principal e secundária) e o estágio vegetativo era sobreposto a floração, o hábito de crescimento foi classificado como indeterminado.

Na sequência, conforme foram classificados os genótipos, realizaram-se outras caracterizações: se o HC foi indeterminado, avaliou-se se o porte era arbustivo, prostrado ou trepador; se o HC foi determinado identificava-se se a planta era do tipo rasteiro ou não rasteiro e se a altura da planta era baixa, média ou alta. Caso o HC fosse indeterminado e o porte identificado como trepador, os genótipos foram classificados quanto a forma em: piramidal ou retangular; quanto ao ciclo até o início do desenvolvimento do hábito trepador em: precoce, médio ou tardio; e quanto à velocidade de desenvolvimento do hábito trepador em: lenta, média ou rápida.

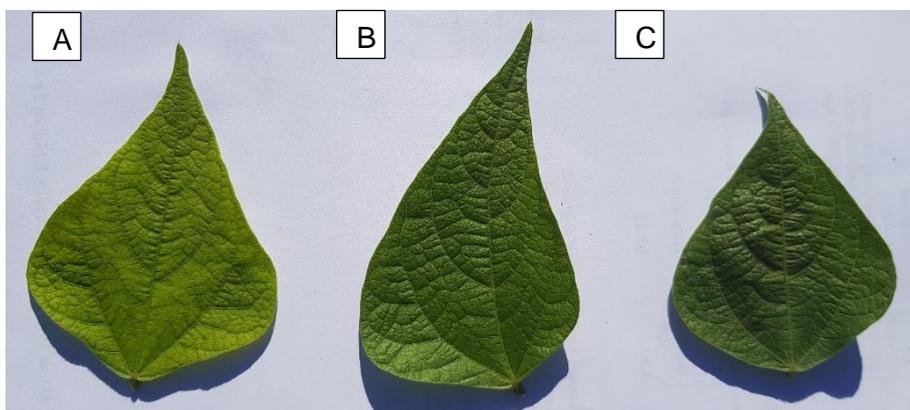
A intensidade da coloração verde, a rugosidade, a forma do folíolo terminal e o comprimento do ápice do folíolo terminal foram avaliadas nas folhas durante o surgimento dos primeiros botões florais (estádio R5) (EMBRAPA, 2018). A intensidade da coloração verde na folha foi considerada clara, média ou escura. Na sequência, foi observada a presença ou a ausência de rugosidade nas folhas (Figura 3). O folíolo terminal foi classificado em triangular, triangular a circular, circular a quadrangular ou quadrangular (Figura 4). O comprimento do ápice do folíolo terminal foi identificado como curto, médio ou longo (Figura 5).

Figura 3 - Folíolos de *Phaseolus vulgaris* L. sem (A) e com a presença de rugosidade (B).



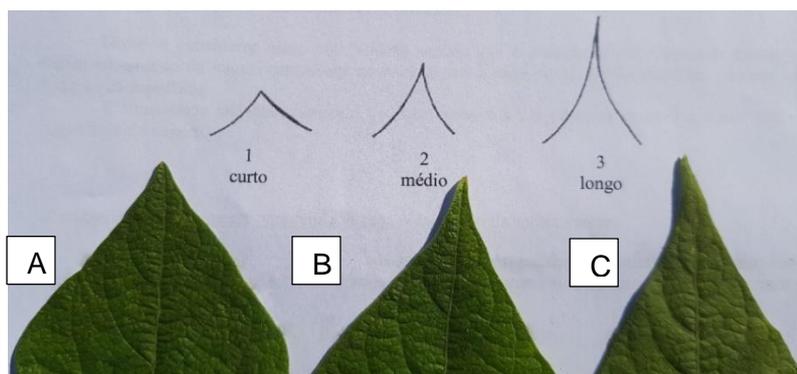
Fonte: Autor (2018).

Figura 4 - Forma do folíolo terminal de *Phaseolus vulgaris* L.: quadrangular (A), triangular (B) e circular (C).



Fonte: Autor (2018).

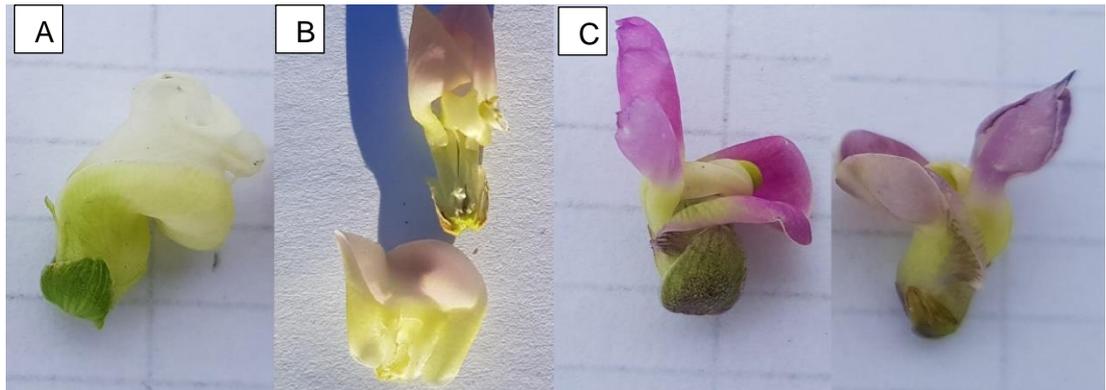
Figura 5 - Comprimento do ápice do folíolo terminal de *Phaseolus vulgaris* L., sendo curto (A), médio (B) e longo (C).



Fonte: Autor (2018).

Por ocasião da floração, em plantas com hábito de crescimento determinado, a localização da inflorescência em pleno florescimento foi caracterizada em predominantemente dentro da folhagem, intermediárias ou predominantemente acima da folhagem. Em todas as unidades experimentais, foram observados os tamanhos das brácteas das flores (pequeno, médio ou grande). Nas primeiras horas da manhã, em flores abertas no dia, para evitar interferência da luz solar nas tonalidades, foi identificada a coloração do estandarte e das asas das flores e classificado em branca, branca rosada, rosa ou violeta (Figura 6).

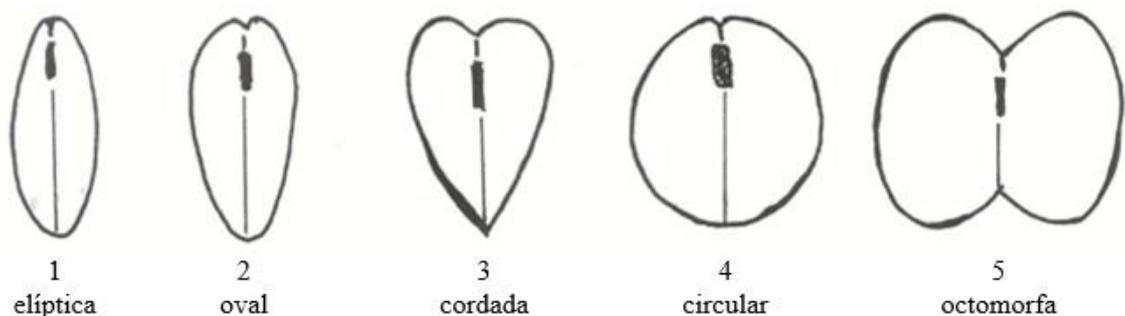
Figura 6 - Coloração das estruturas florais de *Phaseolus vulgaris* L., sendo flor branca (A), flor rosa (B) e flor violeta (Roxa) (C).



Fonte: Autor (2018).

Durante a maturação fisiológica (estádio R9), no momento em que as vagens perdem a coloração e começam a secar (EMBRAPA, 2018), com o auxílio de uma régua, foram avaliados nos genótipos que apresentaram hábito de crescimento determinado e nos genótipos que apresentaram hábito de crescimento indeterminado e porte trepador, o comprimento da vagem com exclusão do bico, sendo estratificado em: curto (<10,0 mm), médio (10,1 a 20,0 mm) ou longo (>20,0 mm). Em todos os genótipos foi identificada a largura e a espessura da vagem conforme escala proposta por Sant'Anna (2019) que caracteriza a largura da vagem em: estreita (<10,0 mm), média (10,1 a 20,0 mm) e larga (>20,0 mm) e a espessura da vagem em: fina (<10,0 mm), média (10,1 a 20,0 mm) ou grossa (> 20,0 mm). Além destes caracteres, foi caracterizada a forma da seção transversal da vagem conforme MAPA (2015) sendo classificada em elíptica, oval, cordada, circular ou octomorfa (Figura 7).

Figura 7 - Forma da seção transversal da vagem de *Phaseolus vulgaris* L.

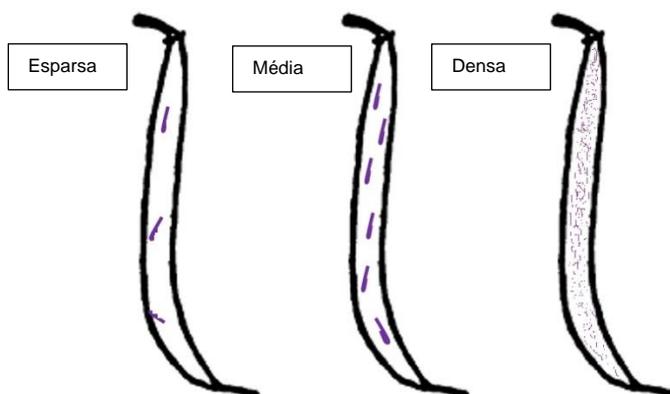


Fonte: MAPA (2015).

Seguindo a metodologia proposta por Sant'Anna (2019), determinou-se a razão entre a espessura e a largura das vagens a qual foi classificada em pequena (<0,50), média (0,51 a 0,69) ou grande (>0,70). Quando as sementes ainda estavam em desenvolvimento, foi avaliada a cor

primária da vagem (amarela, verde ou Roxa) e a intensidade dessa coloração (fraca, média e forte). Por ocasião das vagens estarem completamente secas, em ponto de colheita (EMBRAPA, 2018), avaliou-se a presença e a ausência de cor secundária nas vagens e, se presente, foi identificada a coloração (rosa, vermelha ou roxa) e a densidade das manchas (esparsa, média ou densa) (Figura 8).

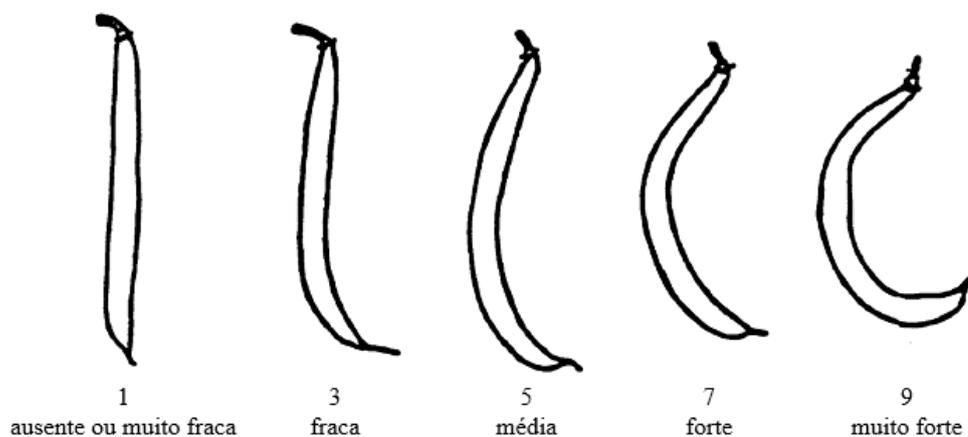
Figura 8 - Densidade de manchas nas vagens de *Phaseolus vulgaris* L e sua classificação.



Fonte: Autor (2019).

Em relação ao eixo central da vagem, avaliou-se o grau de curvatura. Esse foi classificado segundo MAPA (2015) em ausente/muito fraca, fraca, média, forte ou muito forte (Figura 9).

Figura 9 - Grau de curvatura da vagem de *Phaseolus vulgaris* L e sua classificação.



Fonte: MAPA (2015).

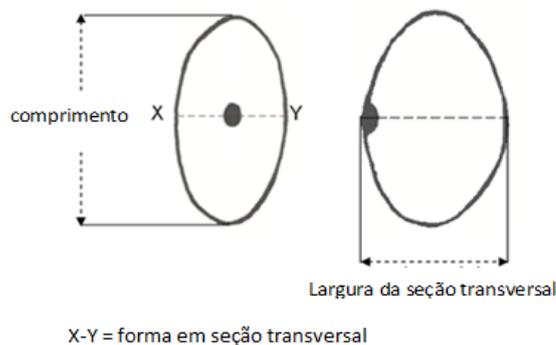
A forma da curvatura das vagens foi classificada em “S”/ côncava ou convexa. A forma da parte distal da vagem, desconsiderando o dente apical, foi identificada em aguda, aguda a truncada ou truncada e o comprimento do dente apical foi descrito segundo Sant’Anna (2019) em: curto (<5,0 mm), médio (5,1 a 10,0 mm) ou longo (> 10,0 mm). A forma da curvatura do dente apical foi rotulada em ausente/muito fraca, fraca, média, forte ou muito forte e a posição do dente apical foi avaliada na vagem seca e identificada como marginal ou não marginal. A textura da superfície da vagem foi determinada como lisa/ligeiramente rugosa, moderadamente rugosa ou muito rugosa. E por fim, nas vagens secas foi observada a intensidade de constrictões presentes e rotuladas em: ausente/muito fracas, médias ou fortes.

Após a colheita das unidades experimentais, foram analisados os descritores morfológicos presentes nas sementes. Para determinar a massa de 100 sementes (em gramas), foram pesadas em balança digital, duas amostras de 100 sementes, coletadas aleatoriamente, e com umidade média ajustada em 13%. Seguindo a metodologia de Blair et al. (2010) as sementes dos genótipos de feijão foram caracterizadas em três classes de tamanho: pequena (< 25 g), média (entre 25 e 40 g) e grande (> 40 g).

A forma da seção longitudinal das sementes foi identificada com o auxílio de um paquímetro digital (em milímetros) e classificada em circular, circular a elíptica, elíptica, reniforme ou retangular; e, se reniforme, o grau de curvatura das sementes foi definido como: fraco, médio ou forte.

Seguindo a metodologia de Sant’Anna (2019) avaliou-se o comprimento das sementes: em curto (<10,0 mm), médio (10,1 a 15,0 mm) ou longo (>15,0 mm) e a largura das sementes (seção transversal) em: estreita/curta (<5,0 mm), média (entre 5,1 e 7,0 mm) ou longa (> 7,0 mm) (Figura 10). A relação comprimento/largura (coeficiente J) caracterizou a forma das sementes e a relação espessura/largura (coeficiente H) determinou o grau de achatamento das sementes. A metodologia proposta por Puerta Romero (1961) foi usada, sendo a relação comprimento/largura caracterizada em: esférica (<1,43), elíptica (1,43 a 1,65), oblonga/reniforme curta (1,66 a 1,85), oblonga/reniforme média (1,86 a 2,00) ou oblonga/reniforme longa (> 2,00) e a relação espessura/largura em: achatada (< 0,70 a 0,73), semi-cheia (0,74 a 0,80) ou cheia (> 0,80).

Figura 10 - Comprimento e largura de sementes de *Phaseolus vulgaris* L.



Fonte: MAPA (2015), adaptado pelo Autor.

O número de cores presentes nas sementes de feijão foi contabilizado e identificada a cor principal (que cobre a maior área) e a secundária quando existente. Nas sementes com a presença de cor secundária foi verificada a distribuição da cor secundária avaliada em: ao redor do hilo, metade da semente ou por toda a semente, e se presente ao redor do hilo, foi verificada se a cor era da mesma cor da semente ou de cor diferente da semente (halo). Caracterizou-se a cor do halo da semente; a venação no tegumento da semente foi classificada em: ausente/muito fraca, fraca, média, forte ou muito forte; e o brilho da semente em: opaco, intermediário ou brilhante.

Conforme o grupo comercial foi realizado a identificação dos genótipos de feijão em branco (grão grande de tegumento branco), mulatinho (tegumento bege), carioca (tegumento bege com estrias marrons), jalo (grão alongado e de cor amarelada), rosinha (grão pequeno e rosado), vermelho (tegumento completamente vermelho com ou sem rajadas), roxo (tegumento roxo), preto (tegumento preto) e outros. Com a finalidade de descrever com maior detalhamento os genótipos classificados como “outros”, usou-se a classificação proposta por MAPA (2017) o qual classifica em: rajado (grão grande de cor bege com estrias roxas ou rosadas) e pintadinho (tegumento bege com pontuações marrons). As sementes que não se enquadraram em nenhum destes grupos, foram descritas conforme a cor primária exemplo: amarela, verde, vermelha, entre outras.

## 2.3 Resultados e discussão

Os genótipos de feijão estudados apresentaram diversidade morfológica de acordo com a análise dos descritores morfológicos (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados em bancos de germoplasma por Rana et al. (2015) ao avaliarem um conjunto de 4274 acessos europeus de feijão, originários de 58 países com avaliações em 22 caracteres fenotípicos e o

uso de componentes principais conseguiram observar que os principais caracteres que contribuíram para a diversidade morfológica foram comprimento da vagem, largura da vagem, comprimento da semente, largura da semente e número de vagens por planta, além disso identificaram germoplasma com resistência a antracnose e alta produtividade de grãos.

A diversidade morfológica para os caracteres avaliados no germoplasma pode estar associada a adaptação edafoclimática que a cultura permite. Neste sentido, sabe-se que o feijão é cultivado em diversas regiões do Brasil, tendo grande potencial de adaptação em diferentes ambientes e em diversas formas de semeadura, podendo ser cultivado em monocultivo, consorciado ou em rotação com outras espécies (KRAUSE; RODRIGUES; LEAL, 2012). Esses fatores contribuem significativamente para elevar a variabilidade genética existente na cultura (TSUTSUMI; BULEGON; PIANO, 2015).

A diversidade genética de feijão em uso por pequenos agricultores vem sendo avaliada. As diversas formas de cultivo, sobre diferentes condições de clima e ambiente possibilitam a existência de um importante germoplasma selecionado ao longo dos anos pelos agricultores familiares de acordo com características de interesse relacionadas a adaptabilidade, produtividade de grãos, qualidade tecnológica e associadas à cultura e hábitos alimentares destas famílias. Estes genótipos mantidos ao longo do anos pelos agricultores familiares, servem como importante germoplasma disponível aos programas de melhoramento genético. Neste sentido, Nadeem et al. (2018) estudaram a diversidade genética em 183 acessos de feijão com o uso de caracteres fenológicos e distinguiram grupos com base principalmente na massa das sementes. Resultados semelhantes foram observados por Aydin, Baloch (2019) ao estudarem 96 genótipos de feijão com base em descritores morfológicos, contudo além da massa de sementes observaram a diversidade genética com base no hábito de crescimento das plantas.

No Brasil, o cultivo do feijão é realizado em diferentes condições edafoclimáticas, distribuídas em todo o território nacional, e dividida em três diferentes safras agrícolas: a primeira, a safra das águas, na qual se observa alto índice de chuvas; a segunda, chamada de safra da seca ocorre em períodos de poucas precipitações; e a terceira, a safra irrigada é realizada com sistemas de irrigação (MAPA, 2012).

Dentre as avaliações realizadas, observou-se que a presença de antocianina no hipocótilo foi eficiente para separar os genótipos de feijão dos dois principais grupos comerciais existentes no Brasil, carioca e preto. As cultivares de feijão carioca não apresentaram pigmentação de antocianina no hipocótilo, enquanto que essa foi observada nas cultivares de feijão preto (Tabela 1).

Tabela 1 - Descritores de feijão avaliados na emergência e na floração: descritores morfológicos 1 (presença (P) e ausência (A) de pigmento antocianínica no hipocótilo); 2 (intensidade da pigmentação); 3 (hábito de crescimento); 4 (se indeterminado, porte da planta); 5 (se determinado, tipo); 6 (se determinado, altura de planta).

(continua)

| Grupo      | Genótipo          | 1 | 2     | 3             | 4         | 5            | 6     |
|------------|-------------------|---|-------|---------------|-----------|--------------|-------|
| Amarela    | Inhoque           | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| carioca    | Carioca           | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| carioca    | SCS205 Riqueza    | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| carioca    | Carioca (VNS)     | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| carioca    | BRS Estilo        | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| carioca    | Trindade          | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| carioca    | Carioca (Ibarama) | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| carioca    | IPR Juriti        | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| carioca    | Pérola            | A | -     | indeterminado | prostrado | -            | -     |
| rajado     | BRSMG Realce      | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | baixa |
| rajado     | Iraí              | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | baixa |
| rajado     | Cavalo Claro Iraí | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | baixa |
| mulatinho  | Bege Ibarama      | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| pintadinho | Pintadinho        | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| branca     | Preguiçoso        | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| marrom     | Rajado 319        | P | média | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| marrom     | Mourinho (Claro)  | A | -     | indeterminado | prostrado | -            | -     |
| preto      | Turrialba         | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | IPR Uirapurú      | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Paraná            | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | BRS Campeiro      | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Macanudo          | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Vagem Larga       | P | fraca | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| preto      | Manteigão         | P | forte | determinado   | -         | não rasteiro | alta  |
| preto      | Argentino         | P | média | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Guapo Brilhante   | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Azulão            | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Predominante 140  | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Rio Tibagi        | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Chumbinho         | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Vagem Roxa        | P | forte | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Fepagro Triunfo   | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Folgado           | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Banana            | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| preto      | Capixaba          | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| rosinha    | Carioca Rosa      | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| rosinha    | Rosinha           | P | fraca | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| verde      | Milico            | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| verde      | Verde 208         | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| vermelha   | Tubiano           | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| vermelha   | Amendoim Comprido | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| vermelha   | Fogo da Serra 322 | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| vermelha   | Vermelho Graúdo   | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | alta  |
| vermelha   | Vermelho Rajado   | A | -     | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| violeta    | Quero Quero       | A | -     | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| violeta    | Mouro             | P | fraca | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| violeta    | Mouro 128         | P | fraca | determinado   | -         | não rasteiro | média |
| violeta    | Mouro Graúdo      | P | média | indeterminado | arbustivo | -            | -     |
| roxo       | Guabiju Roxo      | P | fraca | determinado   | -         | não rasteiro | média |

Onde: Carioca (VNS): Carioca (Vila Nova do Sul).

A ausência de pigmentação antociânica foi também observada nas cultivares de feijão de grãos rajado, mulatinho, pintado, branco e vermelho, e de cor primária da semente amarela e verde. Já, as cultivares que apresentaram coloração de tegumento mais escura, todos os genótipos expressaram pigmentação de antocianina no hipocótilo, exceto as variedades locais Mourinho (Claro) (marrom) e Quero Quero (violeta). Segundo Chiaradia (1997) tonalidades de tegumentos azuis, vermelhas, violetas e púrpuras de diversas espécies vegetais são vinculadas a presença de antocianina. Além disso, sementes coloridas de feijão possuem maior teor de compostos fenólicos, como a antocianina, em relação as sementes de cores claras (AFONSO, 2010), fato que explica tal associação.

A intensidade da pigmentação de antocianina, foi caracterizada como fraca para a maioria dos genótipos de feijão do grupo comercial preto. Dentre os 25 genótipos que apresentaram pigmentação de antocianina, as variedades locais Manteigão e Vagem Roxa apresentaram pigmentação forte, se diferenciando das demais, além disso, outras três tiveram a pigmentação classificada como média (Argentino, Mouro Graúdo e Rajado 319). A avaliação deste descritor à campo é pouca precisa, pois pode variar conforme a exposição da planta ao sol (EMBRAPA, 2005).

Dentre os 49 genótipos de feijão avaliados, 30 destes apresentaram hábito de crescimento indeterminado de porte arbustivo. Praticamente todas as cultivares comerciais (nove das 12 avaliadas) foram enquadradas nesse grupo. Este resultado evidencia uma tendência dos programas de melhoramento genético em desenvolver novas cultivares de feijão de hábito de crescimento indeterminado de porte arbustivo.

Em relação ao HC determinado, 14 variedades locais e duas cultivares manifestaram esta característica, sendo todas classificadas como tipo não rasteiro, e a maioria destas com colorações de semente amarela, verde, vermelha, violeta e roxo. Em relação à altura de plantas, a maioria dos genótipos de feijão de HC determinado foram classificados com altura média (68,75%), exceto as variedades locais Manteigão e Vermelho Graúdo que apresentaram altura caracterizada como alta e os genótipos de tipo rajado (BRSMG Realce, Iraí e Cavalo Claro Iraí) que apresentaram altura baixa. Contudo, interação genótipo x ambiente significativa foi observada para a altura de plantas de feijão (MOURA et al., 2013), fato que reduz a confiabilidade deste descritor.

As avaliações de intensidade da cor verde das folhas, variou entre cor clara, média e escura. No grupo comercial carioca este descritor permitiu a diferenciação dos genótipos Carioca (cor clara) e Carioca (Vila Nova do Sul) (cor escura), enquanto que os demais genótipos

foram classificados como de cor média (Tabela 2). Para o grupo comercial de grãos pretos a intensidade da cor verde das folhas variou dentro do grupo de clara, média a escura, sendo classificados em de cor clara os genótipos: Turrialba, IPR Uirapurú, Azulão, Predominante 140 e folgado, e em de cor escura os genótipos: Paraná, Argentino, Guapo Brilhante, Rio Tibagi, Fepagro Triunfo e Capixaba. Em relação a rugosidade da folha, os genótipos do grupo comercial carioca Trindade, Carioca (Ibarama), IPR Juriti e Pérola foram os únicos que não apresentaram rugosidade, enquanto que os demais apresentaram rugosidade nas folhas. No grupo comercial preto, os genótipos que apresentaram rugosidade nas folhas foram: IPR Uirapurú, Paraná, BRS Campeiro, Manteigão, Guapo Brilhante, Azulão, Chumbinho e Banana. Os descritores intensidade da cor verde de folhas e presença de rugosidade na folha permitiram diferenciar os genótipos dentro dos principais grupos comerciais, além disso à campo é uma avaliação de fácil execução.

Tabela 2 - Descritores morfológicos relacionados aos aspectos foliares e florais: descritores morfológicos 7 (intensidade da cor verde das folhas); 8 (presença de rugosidade na folha); 9 (forma do folíolo terminal); 10 (comprimento do ápice do folíolo terminal); 11 (se crescimento determinado, a localização das inflorescências); 12 (tamanho das brácteas das flores); 13 (cor do estandarte da flor); 14 (cor das asas da flor).

|            |                   | (continua) |   |              |    |        |         |         |         |
|------------|-------------------|------------|---|--------------|----|--------|---------|---------|---------|
| Grupo      | Genótipo          | 7          | 8 | 9            | 10 | 11     | 12      | 13      | 14      |
| amarela    | Inhoque           | M          | P | quadrangular | M  | interm | pequeno | rosa    | branca  |
| carioca    | Carioca           | Cl         | A | quadrangular | L  | -      | médio   | branca  | branca  |
| carioca    | SCS205 Riqueza    | M          | A | quadrangular | C  | -      | médio   | branca  | branca  |
| carioca    | Carioca (VNS)     | E          | A | triangular   | M  | -      | grande  | branca  | branca  |
| carioca    | BRS Estilo        | M          | A | quadrangular | L  | -      | médio   | branca  | branca  |
| carioca    | Trindade          | M          | P | quadrangular | L  | -      | médio   | branca  | branca  |
| carioca    | Carioca (Ibarama) | M          | P | quadrangular | M  | -      | médio   | branca  | branca  |
| carioca    | IPR Juriti        | M          | P | quadrangular | L  | -      | grande  | branca  | branca  |
| carioca    | Pérola            | M          | P | quadrangular | L  | -      | grande  | branca  | branca  |
| rajado     | BRSMG Realce      | M          | P | quadrangular | M  | dentro | pequeno | rosa    | branca  |
| rajado     | Iraí              | M          | P | quadrangular | M  | dentro | pequeno | rosa    | rosa    |
| rajado     | Cavalo Claro Iraí | M          | A | quadrangular | M  | interm | pequeno | rosa    | rosa    |
| mulatinho  | Bege Ibarama      | M          | A | circular     | M  | acima  | médio   | branca  | branca  |
| pintadinho | Pintadinho        | E          | A | quadrangular | M  | -      | pequeno | branca  | branca  |
| branca     | Preguiçoso        | M          | P | quadrangular | M  | -      | médio   | branca  | branca  |
| marrom     | Rajado 319        | E          | A | quadrangular | C  | -      | médio   | violeta | violeta |
| marrom     | Mourinho (Claro)  | M          | A | quadrangular | M  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto      | Turrialba         | Cl         | A | quadrangular | M  | -      | médio   | violeta | violeta |
| preto      | IPR Uirapurú      | Cl         | P | quadrangular | M  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto      | Paraná            | E          | P | quadrangular | M  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto      | BRS Campeiro      | M          | P | triangular   | M  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto      | Macanudo          | M          | A | quadrangular | L  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto      | Vagem Larga       | M          | A | quadrangular | M  | interm | grande  | violeta | violeta |
| preto      | Manteigão         | M          | P | quadrangular | L  | interm | pequeno | violeta | violeta |
| preto      | Argentino         | E          | A | quadrangular | M  | -      | médio   | violeta | violeta |
| preto      | Guapo Brilhante   | E          | P | quadrangular | M  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto      | Azulão            | Cl         | P | quadrangular | L  | -      | médio   | violeta | violeta |
| preto      | Predominante 140  | Cl         | A | quadrangular | L  | -      | grande  | violeta | violeta |

Tabela 2 - Descritores morfológicos relacionados aos aspectos foliares e florais: descritores morfológicos 7 (intensidade da cor verde das folhas); 8 (presença de rugosidade na folha); 9 (forma do folíolo terminal); 10 (comprimento do ápice do folíolo terminal); 11 (se crescimento determinado, a localização das inflorescências); 12 (tamanho das brácteas das flores); 13 (cor do estandarte da flor); 14 (cor das asas da flor).

(conclusão)

| Grupo    | Genótipo          | 7  | 8 | 9            | 10 | 11     | 12      | 13      | 14      |
|----------|-------------------|----|---|--------------|----|--------|---------|---------|---------|
| preto    | Rio Tibagi        | E  | A | quadrangular | M  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto    | Chumbinho         | M  | P | quadrangular | M  | -      | médio   | violeta | violeta |
| preto    | Vagem Roxa        | M  | A | quadrangular | L  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto    | Fepagro Triunfo   | E  | A | quadrangular | M  | -      | médio   | violeta | violeta |
| preto    | Folgado           | Cl | A | quadrangular | C  | -      | grande  | violeta | violeta |
| preto    | Banana            | M  | P | quadrangular | L  | -      | pequeno | violeta | violeta |
| preto    | Capixaba          | E  | A | quadrangular | M  | -      | médio   | violeta | violeta |
| rosinha  | Carioca Rosa      | M  | A | quadrangular | L  | -      | médio   | violeta | violeta |
| rosinha  | Rosinha           | M  | A | quadrangular | M  | -      | pequeno | violeta | violeta |
| verde    | Milico            | M  | P | quadrangular | M  | acima  | pequeno | rosa    | rosa    |
| verde    | Verde 208         | M  | P | quadrangular | M  | acima  | pequeno | rosa    | rosa    |
| vermelha | Tubiano           | E  | P | quadrangular | M  | interm | médio   | branca  | branca  |
| vermelha | Amendoim Comprido | M  | A | quadrangular | M  | -      | pequeno | rosa    | rosa    |
| vermelha | Fogo da Serra 322 | E  | P | quadrangular | C  | interm | pequeno | branca  | branca  |
| vermelha | Vermelho Graúdo   | M  | A | quadrangular | M  | interm | pequeno | branca  | branca  |
| vermelha | Vermelho Rajado   | E  | P | quadrangular | L  | interm | pequeno | branca  | branca  |
| violeta  | Quero Quero       | M  | A | quadrangular | L  | -      | pequeno | rosa    | rosa    |
| violeta  | Mouro             | M  | A | quadrangular | L  | acima  | médio   | violeta | violeta |
| violeta  | Mouro 128         | M  | A | quadrangular | L  | interm | pequeno | violeta | violeta |
| violeta  | Mouro Graúdo      | E  | P | quadrangular | L  | -      | médio   | violeta | violeta |
| roxo     | Guabiju Roxo      | E  | P | triangular   | L  | acima  | pequeno | violeta | violeta |

Onde: Carioca (VNS): Carioca (Vila Nova do Sul); Cl: clara; M: médio (a) E: escura; A: ausente; P: presente; C: curto; L: longo; dentro: predominantemente dentro da folhagem; interm: intermediária; acima: predominantemente acima da folhagem; br/ros: branco rosada.

A forma do folíolo terminal possibilitou a distinção da variedade local Carioca (VNS) dentro do grupo comercial carioca, além disso possibilitou identificar dentro do germoplasma avaliado a variedade local Bege Ibarama sendo a única classificada como circular. Além disso, permitiu diferenciar os genótipos BRS Campeiro (grupo comercial preto) e Gabijú Roxo (grupo comercial roxo) dos demais genótipos avaliados por exibirem forma triangular. Os outros 44 genótipos de feijão avaliados apresentaram forma do folíolo terminal classificado como quadrangular. Neste sentido, este descritor possibilitou a caracterização de quatro genótipos dentro do germoplasma avaliado.

O descritor comprimento do ápice foliar terminal permitiu diferenciar os genótipos SCS205 Riqueza (grupo comercial carioca) e Folgado (grupo comercial preto), sendo eficiente para descrever estes dois genótipos dentro de seus grupos comerciais ao serem classificados em comprimento do ápice foliar terminal curto. Em relação à localização das inflorescências nas plantas, avaliada exclusivamente nos genótipos de HC determinado, o descritor não possibilitou

identificar os genótipos do grupo comercial preto (Vagem Larga e Manteigão), pois ambos tiveram a localização das inflorescências nas plantas classificadas como intermediária.

O tamanho das brácteas das flores, caracterizou dois genótipos do grupo comercial preto (Manteigão e Banana) classificando-os em pequeno. A variedade local Tubiano se diferenciou das demais do grupo comercial vermelho por apresentar tamanho das brácteas das flores médio. Já, nos principais grupos comerciais, observa-se variações de tamanho entre pequeno e médio (carioca) e entre pequeno, médio e grande (preto).

Os descritores cor do estandarte da flor e a cor das asas da flor apresentaram variações, contudo foram homogêneos dentro do grupo comercial carioca e preto, sendo todas classificadas como brancas e violetas, respectivamente. Fato associado à presença de antocianinas observada na coloração do hipocótilo (CHIARADIA, 1997) e que permite à campo diferenciar genótipos destes grupos.

Os genótipos de feijão do tipo rajado apresentaram cor do estandarte e das asas da flor rosa, exceto a cultivar BRSMG Realce que apresentou a cor do estandarte rosa e das asas da flor branca. Já, os genótipos de feijão do tipo vermelho apresentaram cor do estandarte e das asas da flor na cor branca, exceto a variedade local Amendoim Comprido que apresentou ambos descritores classificados como rosa, podendo ser diferenciada dentro do seu grupo comercial por tal característica. Resultados semelhantes para coloração de estandarte e das asas da flor de genótipos comerciais e locais de coloração de tegumento vermelho, rosa e/ou bege foram observados por Santos (2019). Descritores com base em caracteres pouco influenciados pelo ambiente como a cor do estandarte e das asas da flor, são interessantes, principalmente por serem controlados por poucos genes, com herança qualitativa (RAMALHO et al., 1993).

O comprimento das vagens, avaliado exclusivamente nos genótipos de feijão de hábito de crescimento determinado ou com hábito de crescimento indeterminado e porte trepador, classificou como curto todos os genótipos avaliados, exceto as variedades locais Vagem Larga e Cavalo Claro Iraí que foram classificadas como média (Tabela 3). A largura da vagem foi heterogênea dentro dos principais grupos comerciais, variando entre estreita e média. Dentro do grupo comercial preto, os genótipos IPR Uirapurú, BRS Campeiro e Macanudo foram os únicos classificados como estreita. Já, dentro do grupo comercial rajado, a cultivar BRSMG Realce foi a única classificada com comprimento de vagem média. Nesse sentido, o comprimento e a largura das vagens permitiu diferenciar genótipos dentro dos principais grupos comerciais, mostrando relevância no uso deste descritor.

Tabela 3 - Descritores de feijão avaliados no período de floração que caracterizam a vagem: descritores morfológicos 15 (se determinado, comprimento da vagem); 16 (largura da vagem); 17 (espessura da vagem); 18 (forma da seção transversal da vagem); 19 (relação espessura/largura da vagem); 20 (cor primária da vagem); 21 (intensidade da cor primária); 22 (presença de cor secundária); 23 (se presente, cor secundária da vagem); 24 (densidade da cor secundária).

| Grupo      | Genótipo          | 15 | 16 | 17 | 18    | 19 | 20 | 21    | 22 | 23   | 24 |
|------------|-------------------|----|----|----|-------|----|----|-------|----|------|----|
| amarela    | Inhoque           | C  | L  | M  | circ  | G  | A  | forte | P  | rosa | E  |
| carioca    | Carioca           | -  | Es | F  | oval  | G  | A  | média | A  | -    | -  |
| carioca    | SCS205 Riqueza    | -  | Es | F  | oval  | G  | A  | fraca | P  | rosa | E  |
| carioca    | Carioca (VNS)     | -  | Es | F  | elípt | G  | A  | forte | A  | -    | -  |
| carioca    | BRS Estilo        | -  | Es | F  | elípt | G  | A  | fraca | A  | -    | -  |
| carioca    | Trindade          | -  | Es | F  | oval  | G  | V  | fraca | P  | rosa | E  |
| carioca    | Carioca (Ibarama) | -  | M  | M  | elípt | G  | A  | fraca | P  | rosa | E  |
| carioca    | IPR Juriti        | -  | M  | M  | elípt | G  | V  | fraca | P  | rosa | E  |
| carioca    | Pérola            | -  | M  | M  | elípt | M  | A  | fraca | P  | rosa | E  |
| rajado     | BRSMG Realce      | C  | M  | F  | elípt | M  | A  | média | P  | rosa | M  |
| rajado     | Iraí              | C  | L  | M  | elípt | M  | V  | fraca | P  | rosa | M  |
| rajado     | Cavalo Claro      | M  | L  | M  | elípt | M  | A  | média | P  | rosa | M  |
| mulatinho  | Bege Ibarama      | C  | M  | M  | elípt | G  | A  | média | A  | -    | -  |
| pintadinho | Pintadinho        | -  | Es | F  | elípt | G  | V  | fraca | P  | rosa | E  |
| branca     | Preguiçoso        | -  | Es | F  | elípt | G  | A  | fraca | A  | -    | -  |
| marrom     | Rajado 319        | -  | Es | F  | elípt | G  | V  | média | P  | roxa | D  |
| marrom     | Mourinho (Claro)  | -  | M  | M  | elípt | G  | A  | fraca | P  | roxa | M  |
| preto      | Turrialba         | -  | M  | F  | elípt | M  | V  | fraca | A  | -    | -  |
| preto      | IPR Uirapurú      | -  | Es | F  | elípt | G  | V  | fraca | P  | roxa | E  |
| preto      | Paraná            | -  | M  | F  | elípt | G  | V  | fraca | P  | rosa | E  |
| preto      | BRS Campeiro      | -  | Es | F  | elípt | G  | V  | fraca | P  | roxa | D  |
| preto      | Macanudo          | -  | Es | F  | elípt | M  | V  | média | P  | roxa | E  |
| preto      | Vagem Larga       | M  | M  | F  | elípt | P  | V  | fraca | A  | -    | -  |
| preto      | Manteigão         | C  | M  | F  | oval  | M  | A  | forte | P  | rosa | E  |
| preto      | Argentino         | -  | M  | F  | elípt | M  | V  | fraca | P  | rosa | E  |
| preto      | Guapo Brilhante   | -  | M  | F  | elípt | M  | V  | fraca | P  | rosa | D  |
| preto      | Azulão            | -  | M  | F  | elípt | G  | A  | fraca | P  | roxa | E  |
| preto      | Predominante 140  | -  | M  | F  | elípt | M  | V  | fraca | P  | rosa | D  |
| preto      | Rio Tibagi        | -  | M  | M  | circ  | G  | V  | fraca | P  | roxa | D  |
| preto      | Chumbinho         | -  | M  | M  | elípt | M  | A  | fraca | P  | roxa | M  |
| preto      | Vagem Roxa        | -  | M  | M  | elípt | G  | V  | média | P  | roxa | D  |
| preto      | Fepagro Triunfo   | -  | M  | M  | elípt | M  | V  | fraca | P  | roxa | E  |
| preto      | Folgado           | -  | M  | M  | elípt | G  | A  | fraca | P  | roxa | E  |
| preto      | Banana            | -  | M  | M  | elípt | G  | V  | fraca | P  | roxa | E  |
| preto      | Capixaba          | -  | M  | M  | elípt | G  | V  | fraca | P  | roxa | D  |
| rosinha    | Carioca Rosa      | -  | M  | M  | elípt | G  | V  | fraca | P  | roxa | E  |
| rosinha    | Rosinha           | -  | M  | F  | elípt | M  | V  | fraca | P  | roxa | E  |
| verde      | Milico            | C  | M  | F  | oval  | G  | V  | fraca | A  | -    | -  |
| verde      | Verde 208         | C  | M  | F  | oval  | M  | V  | fraca | A  | -    | -  |
| vermelha   | Tubiano           | C  | L  | M  | oval  | G  | V  | fraca | P  | rosa | M  |
| vermelha   | Amendoim Comprido | -  | M  | F  | oval  | G  | A  | fraca | A  | -    | -  |
| vermelha   | Fogo da Serra 322 | C  | M  | M  | elípt | G  | V  | fraca | A  | -    | -  |
| vermelha   | Vermelho Graúdo   | C  | M  | M  | elípt | G  | A  | média | A  | -    | -  |
| vermelha   | Vermelho Rajado   | C  | L  | M  | elípt | G  | V  | fraca | P  | rosa | E  |
| violeta    | Quero Quero       | -  | Es | F  | elípt | G  | V  | fraca | P  | roxa | E  |
| violeta    | Mouro             | C  | M  | F  | elípt | G  | V  | fraca | P  | roxa | E  |
| violeta    | Mouro 128         | C  | M  | F  | circ  | M  | A  | fraca | A  | -    | -  |
| violeta    | Mouro Graúdo      | -  | M  | F  | elípt | M  | A  | média | P  | roxa | E  |
| roxo       | Guabiju Roxo      | C  | M  | F  | oval  | M  | V  | fraca | A  | -    | -  |

Onde: Carioca (VNS): Carioca (Vila Nova do Sul); C: curta; M: média; F: fina; Es: estreita; L: larga; G: grande; Peq: pequena; elípt: elíptica; circ: circular; A: amarela; V: verde; P: presença; A: ausência; E: esparsa; D: densa.

Dentro do grupo comercial rajado, a cultivar BRSMG Realce diferiu das demais por apresentar largura e espessura da vagem classificadas respectivamente, como média e fina. Já, dentro do grupo comercial violeta a variedade local Quero-quero foi diferenciada por apresentar largura classificada como esparsa e espessura como fina. Os descritores largura e espessura foram heterogêneos dentro dos principais grupos comerciais. Resultados semelhantes foram observados por Coelho et al. (2007) os quais observaram contribuição significativa na diferenciação dos genótipos de feijão com base na espessura e comprimento da vagem.

O descritor referente à forma da seção transversal da vagem permitiu diferenciar dentro do grupo comercial preto os genótipos Manteigão (oval) e Rio Tibagi (circular), além disso, as variedades locais Mouro 128 (grupo comercial roxo) e Inhoque (de tegumento amarelo) foram as únicas que apresentaram forma circular, sendo este descritor eficiente para a diferenciação. Em relação a espessura/largura da vagem, a cultivar Pérola foi a única classificada como média, diferenciando-se das demais cultivares de feijão do grupo comercial carioca as quais apresentaram relação espessura/largura da vagem grande, demonstrando a possibilidade de diferenciação desta cultivar pelo uso deste descritor. Dentre os genótipos avaliados apenas a variedade local Vagem Larga foi classificada como pequena para a relação espessura/largura, possibilitando sua distinção com base apenas neste descritor morfológico.

A cor primária das vagens e a intensidade da cor primária foram classificadas em amarela e fraca na maioria dos genótipos do grupo comercial carioca, já nos genótipos do grupo comercial preto a classificação em sua maioria foi verde para a cor primária e fraca para intensidade da cor primária. Contudo, em ambos os grupos comerciais, ocorreram variações dentro dos grupos possibilitando a distinção dos genótipos avaliados.

Dentre os genótipos avaliados, 35 apresentaram cor secundária da vagem, todos os do grupo comercial carioca que apresentaram cor secundária, tiveram como uma segunda cor, a cor rosa. Já, nos genótipos do grupo comercial preto tiveram variações entre rosa e roxa.

Em relação a densidade da cor secundária das vagens, todos os genótipos do grupo comercial carioca foram classificados como esparsa. Já, entre os genótipos do grupo comercial preto e vermelho houveram variações entre densidades esparsa e densa.

O grau de curvatura da vagem (Tabela 4) variou entre ausente, muito fraca e fraca no grupo comercial carioca, exceto para a cultivar SCS205 Riqueza que apresentou grau de curvatura média, bem como a variedade local Manteigão presente no grupo comercial preto (Tabela 4). Neste sentido, este descritor auxiliado da identificação da cor do estantarde e das

asas das flores, possibilitaram a diferenciação destes genótipos dentro do germoplasma avaliado.

Para o descritor forma da curvatura da vagem, a maioria dos genótipos do grupo comercial preto foram classificados como côncava, apenas os genótipos Guapo Brilhante, Vagem Roxa e Banana se diferenciaram dos demais, sendo identificados com curvatura convexa, essa diferenciação possibilita a identificação à campo destes genótipos com base neste descritor morfológico. Em relação a forma da parte distal da vagem todos os genótipos do grupo comercial carioca tiveram suas vagens rotuladas em aguda a truncada. Dentre os genótipos do grupo comercial preto este caractere possibilitou diferenciar a variedade local Banana (aguda), sendo as demais em sua maioria classificadas como aguda a truncada e truncada.

Tabela 4 - Descritores de feijão avaliados no período de floração que caracterizam a vagem: 25 (grau de curvatura da vagem); 26 (forma da curvatura da vagem); 27 (forma da parte distal da vagem); 28 (comprimento do dente apical da vagem); 29 (forma da curvatura do dente apical); 30 (posição do dente apical); 31 (textura da superfície da vagem); 32 (intensidade de constrições na vagem).

(continua)

| Grupo      | Genótipo          | 25 | 26      | 27         | 28 | 29 | 30   | 31   | 32 |
|------------|-------------------|----|---------|------------|----|----|------|------|----|
| amarela    | Inhoque           | Fr | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| carioca    | Carioca           | A  | côncava | ag a trunc | C  | Fr | Marg | lisa | M  |
| carioca    | SCS205 Riqueza    | M  | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | lisa | M  |
| carioca    | Carioca (VNS)     | Fr | côncava | ag a trunc | M  | M  | NM   | lisa | M  |
| carioca    | BRS Estilo        | Fr | côncava | ag a trunc | C  | Fr | Marg | lisa | Fr |
| carioca    | Trindade          | Fr | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| carioca    | Carioca (Ibarama) | A  | côncava | ag a trunc | C  | M  | Marg | lisa | Fr |
| carioca    | IPR Juriti        | A  | côncava | ag a trunc | C  | M  | NM   | lisa | M  |
| carioca    | Pérola            | Fr | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | mod  | Fr |
| rajado     | BRSMG Realce      | Fr | côncava | aguda      | L  | A  | Marg | lisa | Fo |
| rajado     | Iraí              | A  | côncava | aguda      | L  | Fr | Marg | rug  | Fo |
| rajado     | Cavalo Claro Iraí | Fr | côncava | ag a trunc | M  | A  | NM   | rug  | Fo |
| mulatinho  | Bege Ibarama      | Fr | côncava | truncada   | M  | M  | Marg | lisa | Fr |
| pintadinho | Pintadinho        | Fr | côncava | ag a trunc | L  | M  | NM   | lisa | M  |
| branca     | Preguiçoso        | A  | côncava | aguda      | L  | A  | Marg | rug  | Fo |
| marrom     | Rajado 319        | A  | côncava | ag a trunc | C  | Fr | Marg | lisa | Fr |
| marrom     | Mourinho (Claro)  | A  | côncava | ag a trunc | C  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| preto      | Turrialba         | A  | côncava | ag a trunc | C  | Fr | NM   | mod  | M  |
| preto      | IPR Uirapurú      | Fr | côncava | truncada   | C  | A  | Marg | mod  | Fr |
| preto      | Paraná            | Fr | côncava | ag a trunc | M  | M  | Marg | rug  | M  |
| preto      | BRS Campeiro      | Fr | côncava | ag a trunc | C  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| preto      | Macanudo          | A  | côncava | ag a trunc | M  | M  | NM   | lisa | M  |
| preto      | Vagem Larga       | A  | côncava | truncada   | L  | Fr | NM   | lisa | Fo |
| preto      | Manteigão         | M  | côncava | ag a trunc | M  | Fr | Marg | lisa | Fr |
| preto      | Argentino         | Fr | côncava | ag a trunc | C  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| preto      | Guapo Brilhante   | A  | convex  | ag a trunc | C  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| preto      | Azulão            | A  | côncava | ag a trunc | L  | A  | Marg | mod  | Fr |
| preto      | Predominante 140  | A  | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| preto      | Rio Tibagi        | A  | côncava | ag a trunc | M  | M  | NM   | mod  | Fr |
| preto      | Chumbinho         | Fr | côncava | ag a trunc | C  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| preto      | Vagem Roxa        | A  | convex  | truncada   | C  | M  | NM   | lisa | Fo |

Tabela 4 - Descritores de feijão avaliados no período de floração que caracterizam a vagem: 25 (grau de curvatura da vagem); 26 (forma da curvatura da vagem); 27 (forma da parte distal da vagem); 28 (comprimento do dente apical da vagem); 29 (forma da curvatura do dente apical); 30 (posição do dente apical); 31 (textura da superfície da vagem); 32 (intensidade de constrições na vagem).

(conclusão)

| Grupo    | Genótipo          | 25 | 26      | 27         | 28 | 29 | 30   | 31   | 32 |
|----------|-------------------|----|---------|------------|----|----|------|------|----|
| preto    | Fepagro Triunfo   | A  | côncava | ag a trunc | C  | M  | NM   | lisa | Fr |
| preto    | Folgado           | A  | côncava | truncada   | C  | M  | NM   | lisa | Fo |
| preto    | Banana            | A  | convex  | aguda      | M  | Fr | NM   | rug  | Fr |
| preto    | Capixaba          | A  | côncava | ag a trunc | C  | Fr | NM   | mod  | M  |
| rosinha  | Carioca Rosa      | A  | côncava | ag a trunc | M  | M  | NM   | lisa | M  |
| rosinha  | Rosinha           | Fr | côncava | ag a trunc | C  | M  | NM   | mod  | Fr |
| verde    | Milico            | A  | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| verde    | Verde 208         | A  | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| vermelha | Tubiano           | Fr | côncava | ag a trunc | L  | Fr | NM   | mod  | M  |
| vermelha | Amendoim Comprido | A  | côncava | ag a trunc | M  | M  | Marg | lisa | Fr |
| vermelha | Fogo da Serra 322 | A  | côncava | ag a trunc | L  | Fr | Marg | rug  | Fo |
| vermelha | Vermelho Graúdo   | Fr | côncava | ag a trunc | L  | A  | NM   | mod  | Fo |
| vermelha | Vermelho Rajado   | Fr | côncava | ag a trunc | L  | Fr | Marg | rug  | M  |
| violeta  | Quero Quero       | A  | côncava | truncada   | M  | MF | NM   | mod  | M  |
| violeta  | Mouro             | Fr | côncava | ag a trunc | L  | Fr | NM   | lisa | Fr |
| violeta  | Mouro 128         | Fr | côncava | ag a trunc | M  | Fr | Marg | lisa | Fo |
| violeta  | Mouro Graúdo      | A  | côncava | ag a trunc | L  | Fr | Marg | mod  | Fr |
| roxo     | Guabiju Roxo      | Fr | côncava | ag a trunc | M  | Fr | NM   | lisa | Fr |

Onde: Carioca (VNS): Carioca (Vila Nova do Sul); A: ausente/muito fraca; Fr: fraca; M: média; Convex: convexa; ag a trunc: aguda a truncada; C: curto; M: médio; L: longo; MF: muito forte; NM: não marginal; Marg: marginal; mod: moderada; rug: rugosa; Fo: forte.

O comprimento do dente apical da vagem possibilitou distinguir as variedades locais do grupo comercial preto Vagem Larga e Azulão por apresentarem classificação longa, as demais foram classificadas em curta ou média. Já, no grupo comercial carioca para o descritor dente apical da vagem, houve variação entre curta e média. O descritor forma da curvatura do dente apical variou entre fraca e média (grupo comercial carioca) e entre ausente/muito fraca, fraca e média (grupo comercial preto), cabe destacar que dentro dos genótipos do grupo comercial preto, as vagens da cultivar IPR Uirapurú e da variedade Azulão foram as únicas classificadas como ausente/muito fraca. Além disso, este descritor permitiu identificar a variedade local Quero-quero por ser a única classificada como muito forte. Para a posição do dente apical, a maioria dos genótipos avaliados dos grupos comerciais carioca e preto foram classificados como não marginal contudo, dentro dos dois principais grupos ocorreram variações entre marginal e não marginal, possibilitando a diferenciação utilizando a associação destes descritores com outros que complementem a distinção.

O descritor textura da superfície da vagem, classificou a maioria dos genótipos de feijão como de textura lisa. Dentre os genótipos do grupo comercial carioca destacou-se a cultivar Pérola como a única que apresentou textura moderada, diferenciando-se das demais. Entre o

grupo comercial preto, as variedades Paraná e Banana foram diferenciadas das demais por apresentarem textura rugosa, as demais apresentaram textura lisa ou moderada. Em relação a intensidade de constrictões nas vagens, ocorreram variações entre fraca e média no grupo comercial carioca e de fraca, média e forte dentro do grupo comercial preto. Dentro do grupo comercial vermelho a variedade local Amendoim Comprido foi a única classificada como fraca e dentro do grupo comercial roxo os genótipos Quero Quero (média) e Mouro 128 (forte) se diferenciaram. Sendo assim, o uso de descritores baseados em características das vagens, possibilitou a diferenciação de genótipos dentro do germoplasma avaliado, as associações entre os diferentes descritores permitiram distinguir de forma eficiente alguns dos genótipos avaliados.

As diferenças para a massa de 100 sementes permitiram classificar as cultivares de feijão com tamanho de sementes pequeno, médio e grande (Tabela 5). Neste sentido, este caractere indica como tendo o centro de origem Andino, os genótipos Iraí, Cavalo Claro Iraí, Preguiçoso, Manteigão, Azulão, Mouro Graúdo e todos os genótipos com cor primária da semente vermelha (Tubiano, Fogo da Serra 322, Vermelho Graúdo, Vermelho Rajado) por apresentaram massa de 100 sementes  $\geq 40$  g (SINGH; GEPTS; DEBOUCH, 1991). Já, os demais fenótipos com massa de 100 sementes inferior a 40 g, foram classificados como de origem Mesoamericana. Segundo Grigolo et al. (2018) sementes do tipo “cavalo” e rajados são característicos de centro de origem Andino. Sinkovič et al. (2019) observaram que a massa de 100 sementes foi fundamental para determinar os centros de origem em germoplasma de feijão da Europa Central.

A avaliação deste caractere contribui para distinguir os genótipos, resultado semelhante foi observado por Silveira et al. (2019) os quais concluíram que a massa de sementes contribuiu de forma significativa para separação de acessos locais avaliados. Coelho et al. (2007) observaram que a massa de 100 sementes foi o caractere que demonstrou maior contribuição para distinção dos genótipos avaliados. Este caractere se caracteriza como um componente da produtividade de grãos pouco influenciado pelo efeito do ambiente, sendo quase que exclusivamente dependente do genótipo (ZILIO et al., 2011).

Tabela 5 - Descritores de feijão referentes à semente: descritores morfológicos 33 (massa de 100 sementes em gramas); 34 (classificação da massa de 100 sementes); 35 (forma em seção longitudinal); 36 (se reniforme, grau de curvatura); 37 (comprimento da semente); 38 (largura em seção transversal); 39 (classificação da relação comprimento/largura); 40 (classificação da relação espessura/largura).

(continua)

| Grupo      | Genótipo          | 33    | 34 | 35          | 36 | 37 | 38 | 39       | 40    |
|------------|-------------------|-------|----|-------------|----|----|----|----------|-------|
| amarela    | Inhoque           | 36,50 | M  | circ a elíp | -  | M  | L  | elíptica | cheia |
| carioca    | Carioca           | 20,40 | P  | retangular  | -  | M  | M  | elíptica | cheia |
| carioca    | SCS205 Riqueza    | 22,80 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | r. curta | semi  |
| carioca    | Carioca (VNS)     | 21,10 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | cheia |
| carioca    | BRS Estilo        | 20,50 | P  | circ a elíp | -  | M  | L  | elíptica | semi  |
| carioca    | Trindade          | 24,40 | P  | retangular  | -  | M  | M  | elíptica | semi  |
| carioca    | Carioca (Ibarama) | 22,50 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | cheia |
| carioca    | IPR Juriti        | 23,60 | P  | retangular  | -  | M  | M  | r. curta | semi  |
| carioca    | Pérola            | 24,50 | P  | retangular  | -  | M  | L  | elíptica | semi  |
| rajado     | BRSMG Realce      | 31,57 | M  | reniforme   | Fr | M  | M  | r. curta | cheia |
| rajado     | Iraí              | 44,90 | G  | reniforme   | M  | M  | M  | r. longa | cheia |
| rajado     | Cavalo Claro Iraí | 43,50 | G  | reniforme   | Fr | M  | M  | r. longa | cheia |
| mulatinho  | Bege Ibarama      | 18,60 | P  | reniforme   | Fr | M  | M  | r. curta | achat |
| pintadinho | Pintadinho        | 21,30 | P  | retangular  | -  | M  | M  | elíptica | cheia |
| branca     | Preguiçoso        | 41,30 | G  | circ a elíp | -  | M  | L  | elíptica | cheia |
| marrom     | Rajado 319        | 16,60 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | semi  |
| marrom     | Mourinho (Claro)  | 19,80 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | semi  |
| preto      | Turrialba         | 19,10 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | r. curta | semi  |
| preto      | IPR Uirapurú      | 23,60 | P  | retangular  | -  | M  | M  | elíptica | cheia |
| preto      | Paraná            | 24,00 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | r. curta | semi  |
| preto      | BRS Campeiro      | 21,50 | P  | retangular  | -  | M  | M  | elíptica | semi  |
| preto      | Macanudo          | 21,90 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | r. curta | semi  |
| preto      | Vagem Larga       | 22,00 | P  | reniforme   | Fr | M  | M  | r. curta | achat |
| preto      | Manteigão         | 40,90 | G  | retangular  | -  | M  | L  | elíptica | achat |
| preto      | Argentino         | 20,40 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | semi  |
| preto      | Guapo Brilhante   | 22,90 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | r. curta | cheia |
| preto      | Azulão            | 40,90 | G  | elíptica    | -  | M  | L  | r. curta | achat |
| preto      | Predominante 140  | 24,00 | P  | circular    | -  | M  | M  | elíptica | cheia |
| preto      | Rio Tibagi        | 22,60 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | achat |
| preto      | Chumbinho         | 19,30 | P  | elíptica    | -  | C  | M  | elíptica | cheia |
| preto      | Vagem Roxa        | 19,60 | P  | elíptica    | -  | C  | M  | elíptica | semi  |
| preto      | Fepagro Triunfo   | 24,40 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | achat |
| preto      | Folgado           | 19,90 | P  | reniforme   | Fr | M  | M  | r. longa | cheia |
| preto      | Banana            | 29,00 | M  | reniforme   | Fo | M  | M  | r. média | cheia |
| preto      | Capixaba          | 19,70 | P  | circ a elíp | -  | M  | M  | r. curta | cheia |
| rosinha    | Carioca Rosa      | 17,80 | P  | elíptica    | -  | M  | M  | elíptica | cheia |
| rosinha    | Rosinha           | 15,20 | P  | reniforme   | Fr | M  | M  | r. curta | achat |
| verde      | Milico            | 34,10 | M  | circ a elíp | -  | M  | L  | esférica | cheia |
| verde      | Verde 208         | 33,10 | M  | circ a elíp | -  | M  | L  | esférica | cheia |
| vermelha   | Tubiano           | 42,20 | G  | elíptica    | -  | M  | L  | r. curta | cheia |
| vermelha   | Amendoim Comprido | 37,10 | M  | circ a elíp | -  | M  | L  | esférica | achat |
| vermelha   | Fogo da Serra 322 | 41,10 | G  | elíptica    | -  | M  | L  | r. curta | semi  |
| vermelha   | Vermelho Graúdo   | 45,60 | G  | elíptica    | -  | M  | L  | r. curta | cheia |
| vermelha   | Vermelho Rajado   | 43,00 | G  | elíptica    | -  | M  | L  | elíptica | cheia |
| violeta    | Quero Quero       | 24,30 | P  | elíptica    | -  | C  | M  | elíptica | cheia |
| violeta    | Mouro             | 35,80 | M  | circ a elíp | -  | M  | L  | esférica | achat |
| violeta    | Mouro 128         | 29,00 | M  | circ a elíp | -  | M  | L  | esférica | cheia |
| violeta    | Mouro Graúdo      | 46,00 | G  | retangular  | -  | M  | L  | r. curta | achat |
| roxo       | Guabiju Roxo      | 36,10 | M  | circular    | -  | C  | L  | esférica | cheia |

Onde: Carioca (VNS): Carioca (Vila Nova do Sul); P: pequena; M: média (o); G: grande; C: curto; circ a elíp: circular a elíptica; Fr: fraca; Fo: forte; L: larga; r. curta: oblonga/reniforme curta; r. média: oblonga/reniforme média; r. longa: oblonga/reniforme longa; semi: semi-cheia; achat: achatada.

No germoplasma avaliado, o descritor forma da seção longitudinal das sementes apresentou variação dentro do grupo comercial carioca (elíptica, retangular e circular a elíptica), sendo a cultivar BRS Estilo a única classificada como circular a elíptica. Já, no grupo comercial preto a variação foi ainda maior, sendo classificadas em elíptica, retangular, reniforme e circular a elíptica, sendo a variedade local Capixaba a única classificada como circular a elíptica. Em relação a curvatura da região central em sementes reniformes as variedades Vagem Larga e Folgado foram classificadas como fraca e a variedade Banan foi a única classificada como forte.

Os descritores comprimento da semente foi caracterizado com médio em todos os genótipos do grupo comercial carioca e preto, exceto para as variedades tradicionais Chumbinho e Vagem Roxa que foram classificadas como curto. Já, a largura transversal variou entre média e larga nos principais grupos comerciais, contudo permitiu a classificação como larga para as cultivares BRS Estilo e Pérola (grupo comercial carioca) e Manteigão e Azulão (grupo comercial preto).

A relação comprimento/ largura (coeficiente J) e relação espessura/largura (coeficiente H) demonstraram importância na diferenciação de genótipos dentro dos mesmos grupos comerciais, cabendo destacar a variedade local Folgado que foi a única classificada como oblonga/reniforme longa para a relação comprimento/ largura. Os genótipos do grupo comercial carioca BRS Estilo, Trindade e Pérola, os de tegumento marrom Rajado 319 e Mourinho (Claro) e os do grupo comercial preto BRS Campeiro, Argentino e Vagem Roxa apresentaram a classificação da relação comprimento/largura e a classificação da relação espessura/largura como elípticos e semi-cheios, sendo esses de interesse dos programas de melhoramento genético devido a preferência dos consumidores por estes formatos de sementes (CARBONELL et al., 2010).

Silveira et al. (2019) observaram que dentre as variáveis com maior contribuição para diferenciação de variedades locais estão a largura e o comprimento das sementes. Além disso, por estas avaliações serem realizadas com o uso exclusivamente das sementes, evita a necessidade de implantação de experimentos à campo ou em casa-de-vegetação, otimizando áreas experimentais, reduzindo custos e necessidade de mão-de -obra.

O descritor número de cores das sementes foi redundante nos principais grupos comerciais, este fato é devido a sua variação quantitativa (1 a 3 cores). Neste sentido, no grupo comercial carioca todos os genótipos avaliados apresentam duas cores, já no grupo comercial preto todos apresentaram apenas uma cor (Tabela 6). Dentre os 49 genótipos avaliados, apenas duas variedades tiveram mais de duas cores (três cores), ambas de tegumento violeta: Mouro Graúdo e Mouro 128, permitindo caracterizá-las com base neste descritor. Dentre as cultivares

do grupo carioca, todas apresentaram cor primária bege e secundária marrom, e a distribuição da cor secundária na semente foram caracterizadas de forma idêntica (presente em toda a semente) demonstrando redundância para estes descritores, tornando-os incapazes de discriminar genótipos de feijão do grupo comercial carioca.

Tabela 6 - Descritores de feijão referentes à semente: descritores morfológicos 41 (número de cores na semente); 42 (cor primária); 43 (cor secundária); 44 (distribuição da cor secundária na semente); 45 (coloração ao redor do hilo em relação à cor principal da semente); 46 (cor do halo); 47 (intensidade da venação na testa); 48 (intensidade do brilho).

(continua)

| Grupo      | Genótipo          | 41 | 42       | 43      | 44 | 45 | 46      | 47      | 48 |
|------------|-------------------|----|----------|---------|----|----|---------|---------|----|
| amarela    | Inhoque           | 1  | amarela  | -       | -  | ≠  | marrom  | M       | I  |
| carioca    | Carioca           | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | marrom  | M       | O  |
| carioca    | SCS205 Riqueza    | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | laranja | M       | O  |
| carioca    | Carioca (VNS)     | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | laranja | Fort    | O  |
| carioca    | BRS Estilo        | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | marrom  | Fr      | O  |
| carioca    | Trindade          | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | laranja | Fort    | O  |
| carioca    | Carioca (Ibarama) | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | marrom  | M       | O  |
| carioca    | IPR Juriti        | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | marrom  | Mt fort | O  |
| carioca    | Pérola            | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | marrom  | fort    | O  |
| rajado     | BRSMG Realce      | 2  | bege     | violeta | T  | ≠  | laranja | A/mt fr | O  |
| rajado     | Iraí              | 2  | bege     | violeta | T  | ≠  | laranja | M       | Br |
| rajado     | Cavalo Claro Iraí | 2  | bege     | violeta | T  | ≠  | laranja | M       | I  |
| mulatinho  | Bege Ibarama      | 1  | bege     | -       | -  | ≠  | laranja | M       | O  |
| pintadinho | Pintadinho        | 2  | bege     | marrom  | T  | ≠  | laranja | M       | O  |
| branca     | Preguiçoso        | 1  | branca   | -       | -  | ≠  | amarelo | M       | I  |
| marrom     | Rajado 319        | 2  | marrom   | bege    | T  | ≠  | laranja | A/mt fr | O  |
| marrom     | Mourinho (Claro)  | 2  | marrom   | cinza   | T  | ≠  | preto   | A/mt fr | O  |
| preto      | Turrialba         | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | IPR Uirapurú      | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Paraná            | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | BRS Campeiro      | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Macanudo          | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Vagem Larga       | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Manteigão         | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | Br |
| preto      | Argentino         | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Guapo Brilhante   | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | Br |
| preto      | Azulão            | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | I  |
| preto      | Predominante 140  | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Rio Tibagi        | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Chumbinho         | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Vagem Roxa        | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Fepagro Triunfo   | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Folgado           | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | O  |
| preto      | Banana            | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | Br |
| preto      | Capixaba          | 1  | preta    | -       | -  | =  | -       | A/mt fr | Br |
| rosinha    | Carioca Rosa      | 1  | rosa     | -       | -  | ≠  | laranja | M       | O  |
| rosinha    | Rosinha           | 1  | rosa     | -       | -  | ≠  | marrom  | Mt fort | Br |
| verde      | Milico            | 1  | verde    | -       | -  | ≠  | marrom  | A/mt fr | Br |
| verde      | Verde 208         | 1  | verde    | -       | -  | ≠  | marrom  | A/mt fr | Br |
| vermelha   | Tubiano           | 2  | vermelha | branca  | M  | ≠  | marrom  | M       | I  |
| vermelha   | Amendoim C.       | 1  | vermelha | -       | -  | ≠  | laranja | A/mt fr | I  |
| vermelha   | Fogo da Serra 322 | 2  | vermelha | rosa    | T  | ≠  | marrom  | A/mt fr | I  |
| vermelha   | Vermelho Graúdo   | 1  | vermelha | -       | -  | =  | -       | M       | Br |

Tabela 6 - Descritores de feijão referentes à semente: descritores morfológicos 41 (número de cores na semente); 42 (cor primária); 43 (cor secundária); 44 (distribuição da cor secundária na semente); 45 (coloração ao redor do hilo em relação à cor principal da semente); 46 (cor do halo); 47 (intensidade da venação na testa); 48 (intensidade do brilho).

|          |                 | (conclusão) |          |       |    |    |         |         |    |
|----------|-----------------|-------------|----------|-------|----|----|---------|---------|----|
| Grupo    | Genótipo        | 41          | 42       | 43    | 44 | 45 | 46      | 47      | 48 |
| vermelha | Vermelho Rajado | 2           | vermelha | rosa  | T  | ≠  | marrom  | A/mt fr | I  |
| violeta  | Quero Quero     | 2           | violeta  | bege  | T  | ≠  | laranja | A/mt fr | I  |
| violeta  | Mouro           | 2           | violeta  | preta | T  | ≠  | preto   | A/mt fr | I  |
| violeta  | Mouro 128       | >2          | violeta  | Pr/Ma | T  | ≠  | preto   | A/mt fr | I  |
| violeta  | Mouro Graúdo    | >2          | cinza    | Pr/Ma | T  | ≠  | preto   | A/mt fr | I  |
| roxo     | Guabiju Roxo    | 1           | violeta  | -     | -  | ≠  | preto   | A/mt fr | I  |

Onde: Carioca (VNS): Carioca (Vila Nova do Sul); Amendoim C.: Amendoim Comprido; 1: uma cor; 2: duas cores; >2: mais de duas cores; Pr/Ma: preto/marrom; T: em toda a semente; M: na metade da semente; ≠: coloração diferente; =: mesma coloração A/mt fr: ausente/muito fraca; Mt fort; muito forte; I: intermediário; O: opaco; Br: brilhoso.

Os genótipos avaliados pertencentes ao grupo comercial preto, não tiveram discriminação dentro do grupo para o descritor número de cores na semente, apresentando em todos, apenas uma cor, sendo a cor primária preta. Neste caso assim, como nos genótipos do grupo comercial carioca, os descritores número de cores na semente, cor primária, cor secundária e distribuição da cor secundária na semente foram poucos eficientes quando não associados a outros descritores relacionados às sementes contudo, para os demais grupos comerciais observa-se capacidade de discriminação com base nestes descritores.

A coloração ao redor do hilo em relação à cor principal da semente, foi classificada como diferente em todos os genótipos avaliados do grupo comercial carioca e igual em todos do grupo comercial preto apresentando ineficiência para diferenciar genótipos do grupo preto, resultado semelhante foi observado por Alves (2016) em variedades locais de feijão preto. Contudo, a avaliação conjunta de diversos descritores vinculados com a cor das sementes permite a diferenciação dos genótipos. Neste sentido, avaliar a cor principal da semente, associada a cor do halo (marrom ou laranja) e a intensidade da venação na testa (fraca, moderada, forte e muito forte) permite a diferenciação de alguns genótipos.

Em relação a intensidade do brilho, para os genótipos do grupo comercial carioca houve uniformidade, sendo todos classificados como opaco, o qual segundo EMBRAPA (2003), são preferenciais ao consumidor. Já, nos genótipos do grupo comercial preto a maioria foi classificada como opaco, exceto Manteigão e Guapo Brilhante que foram classificados como brilhoso e a variedade local Azulão classificada como de brilho intermediário, podendo facilmente diferenciar esses genótipos visualmente por suas sementes.

O uso do conjunto de descritores morfológicos demonstrou eficiência, dentre os genótipos avaliados, permitindo observar que todos possuem dois ou mais descritores

considerados não redundantes, capazes de distingui-los em um grupo de genótipos. Com exceção das variedades locais Verde 208 e Milico, que apresentaram diferença apenas no descritor relação espessura/largura da vagem, demonstrando proximidade genética entre estes genótipos.

As avaliações realizadas nas sementes, demonstraram potencial de distinção dos genótipos avaliados, sendo uma potencial ferramenta para caracterizar genótipos de feijão, uma vez que praticamente todos os genótipos foram possíveis de serem diferenciados com base exclusivamente nos descritores de características das sementes.

## 2.4 Conclusões

O uso do conjunto de descritores morfológicos é eficiente para distinguir os 49 genótipos de feijão avaliados. Em ao menos duas características todos os genótipos são distintos, exceto as variedades locais Verde 208 e Milico, que diferem apenas para a relação espessura/largura da vagem, demonstrando considerável proximidade genética.

As avaliações realizadas nas sementes permitem diferenciar praticamente todos os genótipos avaliados.

Entre os descritores avaliados os caracteres que menos distiguem os genótipos são: pigmentação de antocianina, hábito de crescimento, porte e tipo de crescimento e altura das plantas. Já, nas folhas e flores são: forma do folíolo terminal, cor do estandarte e cor das asas florais. Em relação as sementes, as redundâncias observadas consiste nas características de cor: número de cores secundárias das sementes, coloração secundária do tegumento e distribuição da cor secundária das sementes.

## 2.5 Referências

AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e actividade antioxidante de novas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado em qualidade e segurança alimentar). Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, Bragança, 2010.

ALVES, L. P. **Caracterização morfoagronômica e molecular de feijão**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2016.

AYDIN, M. F.; BALOCH, F. S. Exploring the genetic diversity and population structure of Turkish common bean germplasm by the iPBS-retrotransposons markers. **Legume Research-An International Journal**, v. 42, n. 1, p. 18-24, 2019.

BLAIR, M. W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, n. 2, p. 237-248, 2010.

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

CHIARADIA, A. C. N. **Determinação da estrutura de pigmentos de feijão e estudo da sua ação na qualidade protéica**. 1997. 119 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, v. 107, 1997.

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

DELFINI, J. et al. Distinctness of Brazilian common bean cultivars with carioca and black grain by means of morphoagronomic and molecular descriptors. **PloS one**, v. 12, n. 11, p.???, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do feijoeiro comum**. Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica. 2003. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckhw71702wx5eo0a2ndxyore417p.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw71702wx5eo0a2ndxyore417p.html)>. Acesso em: 10 nov. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Descritores mínimos indicados para caracterizar cultivares/variedades de feijão comum** (*Phaseolus vulgaris* L.). Heloísa Torres da Silva. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/194060/1/doc184.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173690/1/CNPAF-2018-lvfeijoeiro.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **O que é agricultura familiar. 2016**. Não paginado. Disponível em: <<http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/454156/>>. Acesso em: 13 mai. 2020.

GONÇALVES, D. de L. et al. Divergência genética de acessos tradicionais de feijoeiros através de características da semente. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1671-1681, 2014.

GRIGOLO, S. et al. Implicações da análise univariada e multivariada na dissimilaridade de acessos de feijão comum. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 3, p. 351-360, 2018.

KRAUSE, W.; RODRIGUES, R.; LEAL, N. R. Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 522-531, 2012.

LIMA, M. S. D. et al. Characterization of genetic variability among common bean genotypes by morphological descriptors. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 1, 76-84. 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para inscrição no registro nacional de cultivares – RNC**. 2017. Anexo IV. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc-1/formularios-para-registro-de-cultivares>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Publicado no DOU nº 133, de 15 de julho de 2015, seção 1, p. 2-4. Brasília, 2015.

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

MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J.; FONSECA JÚNIOR, N. Recurrent selection to development of carioca type common beans cultivars at IAPAR. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.50, p. 73-74, 2016.

NADEEM, M. A. et al. Characterization of genetic diversity in Turkish common bean gene pool using phenotypic and whole-genome DArTseq-generated silicoDArT marker information. **PloS one**, v. 13, n. 10, p. 1-28, 2018.

PUERTA ROMERO, J. **Varietades de judias cultivadas en España**. Madrid: Ministério da Agricultura, 1961. 798p. (Monografias, 11).

RANA, J. C. et al. Characterisation of 4274 accessions of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm conserved in the Indian gene bank for phenological, morphological and agricultural traits. **Euphytica**, Wageningen, v. 205, n. 2, p. 441-457, 2015.

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

RODRIGUES, L. S. et al. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1285-1294, 2002.

SANT'ANNA, C. **Análise de distinguibilidade, homogeneidade, estabilidade e GT biplot na proteção de novas linhagens de feijão-de-vagem para o Norte e Noroeste Fluminense**. 2019. 78 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

SANTOS, A. C. S. **Caracterização morfoagronômica e molecular de genótipos de feijão**. 2019. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR, 2019.

SILVEIRA, D. C. et al. Diversidade genética de acessos de feijão crioulo na região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 133-146, 2019.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCH, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae.). **Economy Botany**, Nova York, v. 45, n. 3, p. 379 -396, 1991.

SINKOVIČ, L. et al. Morphological seed characterization of common (*Phaseolus vulgaris* L.) and runner (*Phaseolus coccineus* L.) bean germplasm: a Slovenian gene bank example. **BioMed research international**, v. 19, p. 1-13, 2019.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento genético do feijoeiro, avanços, perspectivas e novos estudos. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 3, p. 217-223, 2015.

ZILIO, M. et al. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 429-438, 2011.

### 3 CAPÍTULO 2

#### **Desempenho agronômico, dissimilaridade genética e seleção de variedades locais e cultivares de feijão para uso em programas de melhoramento genético**

**Resumo** - As variedades locais de feijão constituem o produto da seleção dos genótipos pelos agricultores e tem sido mantida na agricultura familiar. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar a variabilidade genética de variedades locais e cultivares de feijão, estudar as correlações entre os caracteres, avaliar a dissimilaridade genética, selecionar genótipos promissores e indicar genitores promissores para uso nos programas de melhoramento genético. Para tanto, foram avaliadas 49 variedades de feijão, sendo 37 variedades locais e 12 cultivares desenvolvidas pela pesquisa, em três períodos de cultivo: segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018 em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Variabilidade genética foi observada para os caracteres: ciclo, acamamento, nota geral de adaptação, porte, altura da inserção da primeira vagem, altura da inserção da última vagem, diâmetro do hipocótilo, diâmetro do epicótilo, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. A análise de correlação linear de Pearson demonstrou correlação fenotípica positiva de alta magnitude entre os caracteres acamamento e porte ( $r = 0,81$ ), inserção da última vagem e ciclo ( $r = 0,81$ ), número de vagens por planta e produtividade de grãos ( $r = 0,74$ ) e altura de inserção da última vagem e produtividade de grãos ( $r = 0,74$ ), demonstrando possibilidade de seleção indireta para a produtividade de grãos com base nos caracteres correlacionados. Os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética foram a massa de 100 grãos (53,84%) e o ciclo (12,35%). O método de agrupamento do vizinho mais distante formou dois grupos, enquanto método de Tocher formou 12 grupos, demonstrando divergência entre os métodos. O índice de soma de *ranks* selecionou as cultivares Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro e a variedade local Vagem Roxa, o qual demonstraram potencial para uso nos programas de melhoramento genético que busquem plantas com ciclo mais longo, arquitetura ereta e produtividade de grãos. Com base nos métodos de agrupamento e índices de seleção, são recomendadas hibridizações dirigidas entre os genótipos Fepagro Triunfo x IPR Juriti, Guapo Brilhante x IPR Juriti e Vagem Roxa x IPR Juriti.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L. Interação genótipo x ambiente. Variabilidade genética. Correlação de Pearson. Análise de agrupamento. Índice de seleção.

## **Agronomic performance, genetic dissimilarity and selection of common bean local varieties and cultivars for use in genetic breeding programs**

**Abstract** - The common bean local varieties are the product of the selection of genotypes by farmers and have been maintained in family farming. The objective of this research was to characterize the genetic variability of common bean local varieties and cultivars, to study the correlations between the characters, to evaluate the genetic dissimilarity and to indicate promising parents for use in the breeding programs. To this end, 49 common bean varieties were evaluated, 37 local varieties and 12 cultivars developed by the research, in three growing periods: second crop 2017, first crop 2017/18 and second crop 2018 in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. Genetic variability was observed for the characters: cycle, lodging, general adaptation score, port, height of insertion of the first pod, height of insertion of the last pod, diameter of the hypocotyl, diameter of the epicotyl, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains and grain yield. Pearson's linear correlation analysis demonstrated a positive phenotypic correlation of high magnitude between the characters lodging and port ( $r = 0,81$ ), insertion of the last pod and cycle ( $r = 0,81$ ), number of pods per plant and grain yield ( $r = 0,74$ ), and height of insertion of the last pod and grain yield ( $r = 0,74$ ), demonstrating the possibility of indirect selection for grain yield based on the correlated characters. The characters that most contributed to the genetic divergence were the mass of 100 grains (53,84%) and the cycle (12,35%). The method of grouping the most distant neighbor formed two groups, while Tocher's method formed 12 groups, demonstrating divergence between the methods. The rank sum index selected the cultivars Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro and the local variety Vagem Roxa, which showed potential for use in breeding programs who want plants with a longer cycle, upright architecture and grain yield. Based on grouping methods and selection indexes, targeted hybridizations between the genotypes Fepagro Triunfo x IPR Juriti, Guapo Brilhante x IPR Juriti and Vagem Roxa x IPR Juriti are recommended.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L. Landrace. Genotype x environment interaction. Genetic variability. Pearson's correlation. Cluster analysis. Selection index

### 3.1 Introdução

O Brasil é o país com a terceira maior produção de feijão do mundo (3,09 milhões de toneladas na média dos últimos três anos) (CONAB, 2019). Essa produção pode ser atribuída ao cultivo em três diferentes safras ao longo do ano e à adaptabilidade em diversos ambientes. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o consumo per capita nacional de feijão é de 17 kg habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MAPA, 2018), contribuindo para que o grão seja uma importante fonte nutricional para a população.

A agricultura familiar ocupa papel decisivo na cadeia produtiva que abastece o mercado interno brasileiro, sendo responsável por 70% da produção de feijão (FAO, 2016). O agricultor familiar por vezes, opta pelas variedades locais de feijão por serem conhecidas e bem adaptadas ao seu sistema de cultivo. O cultivo de variedades locais de feijão é adaptado às diferentes condições agroecológicas e econômicas observadas na agricultura familiar (RAMALHO; ABREU, 2015). Além disso, existem atributos interessantes no cultivo das variedades locais, referentes à tradição, aos costumes, à produção e à culinária local dos agricultores familiares (COELHO et al., 2010a), estes são relevantes na decisão do cultivo em especial para subsistência.

Nas últimas décadas, a exigência por grãos padronizados e de produtividade de grãos superior tem reduzido a diversidade genética das variedades de feijão na agricultura familiar. A variabilidade genética do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) deve ser caracterizada com a finalidade de permitir o uso racional deste germoplasma na agricultura (COELHO et al., 2010b; GONÇALVES et al., 2014; SHARMA et al., 2019). Também possibilita a indicação de genitores promissores para as hibridações dirigidas nos programas de melhoramento (GONÇALVES et al., 2014).

Neste sentido, a variabilidade genética de feijão tem sido estudada por diversos pesquisadores, em relação aos caracteres morfológicos (LIMA et al., 2012), arquitetura de planta, produtividade de grãos e minerais (MAZIERO, RIBEIRO, STORK, 2015) e para produtividade de grãos (RIBEIRO et al., 2013; MORAIS et al., 2016; SHARMA et al., 2019), com o objetivo de identificar centros de domesticação (KHADIZAR et al., 2012; NEMLI et al., 2015).

O conhecimento das interrelações entre os caracteres de interesse agrônomo amplia as possibilidades de êxito pelo melhorista, uma vez que, a seleção de determinada característica com base nas correlações existentes pode ser mais eficiente. Pesquisas em feijão para conhecimento das correlações têm sido conduzidas para características fenológicas e de

arquitetura de planta (MOURA et al., 2013) e para características fenológicas, de arquitetura de planta e produtividade de grãos (CABRAL et al., 2011; RIBEIRO et al., 2018). Neste sentido, a seleção de caracteres de interesse com base nos caracteres correlacionados tem sido utilizada como uma ferramenta nos programas de melhoramento genético de feijão, ampliando as possibilidades de obtenção de êxito na seleção.

O conhecimento desse germoplasma pode subsidiar os programas de melhoramento genético na busca de novos alelos, que concedem, por exemplo, estabilidade e adaptabilidade na produção de grãos frente a estresses bióticos e abióticos (BARILI et al., 2010), potencializando a seleção de genitores promissores para os programas de melhoramento genético. Para tanto, compreender as semelhanças e as diferenças existentes no germoplasma, aumenta a eficiência na amostragem de genótipos, auxilia na definição de cruzamentos artificiais e na incorporação de genes de germoplasma exótico (BARETTA et al., 2011).

A utilização de métodos de seleção simultânea para características de interesse dos programas de melhoramento genético, são promissoras. Diversas pesquisas que permitam a seleção simultânea são realizadas, dentre elas, para arquitetura de plantas, produtividade de grãos e minerais (MAZIERO, RIBEIRO, STORCK, 2015); para produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade (SANTOS et al., 2018); e para precocidade, arquitetura de plantas e produtividade de grãos (BERTOLDO et al., 2010; RIBEIRO et al., 2018).

O conhecimento do germoplasmas disponível aos melhoristas e a indicação de genitores promissores com alto desempenho agrônômico para uso nos programas de melhoramento genético, com base na divergência genética presente no germoplasma local e nas cultivares pode auxiliar os programas de melhoramento genético. Neste sentido, conhecer as correlações entre os caracteres, as dissimilaridades e as possibilidades de seleção simultânea permitem maiores chances de êxito ao melhorista. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade genética de variedades locais e cultivares de feijão para os caracteres morfológicos, fenológicos e de produtividade de grãos, conhecer as correlações entre esses caracteres, analisar a dissimilaridade genética entre os genótipos e indicar genótipos superiores para uso em hibridizações dirigidas nos programas de melhoramento genético e selecionar genótipos superiores de feijão para os caracteres avaliados.

### **3.2 Material e métodos**

Os genótipos semeados no experimento foram obtidos por intermédio da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-RS) diretamente com os agricultores

familiares. Os municípios de coleta compreenderam três regiões do Estado do Rio Grande do Sul: Centro (municípios de Santa Maria, Novo Cabrais, Dilermando de Aguiar, Candelária, Cacequi e Vila Nova do Sul), Centro-Serra (municípios de Ibarama, Sobradinho, Segredo e Estrela Velha) e Sul (municípios de Pelotas, Santana da Boa Vista e Canguçu) (Figura 1). As cultivares de feijão utilizados no experimento foram obtidas do banco de sementes de feijão do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Figura 11 - Distribuição dos municípios de coleta das sementes locais de feijão.



Imagem: Google Earth

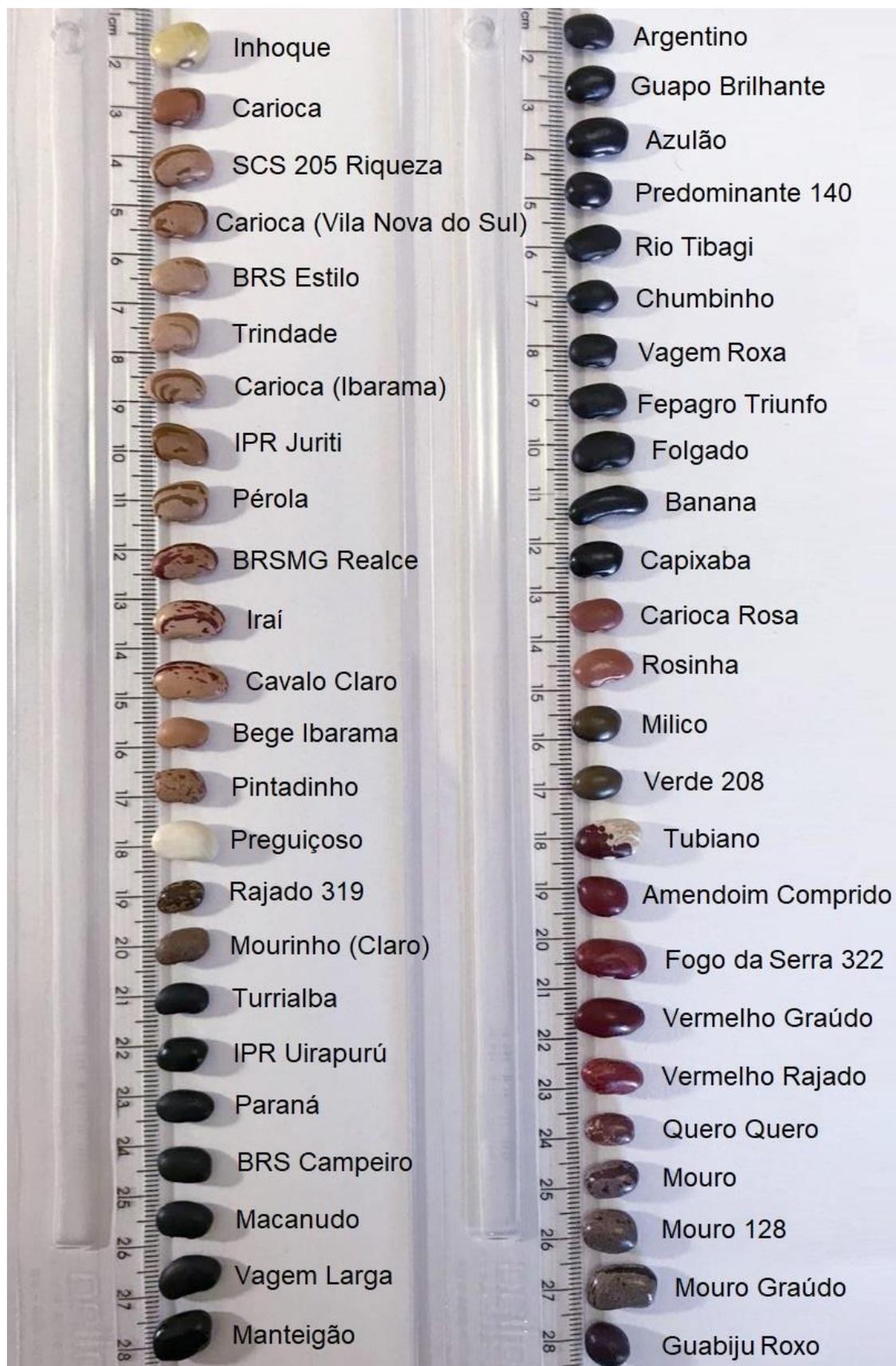
No intuito de padronizar a qualidade das sementes e multiplicar a quantidade disponível para compor os experimentos, na primeira safra de 2016/17 foi realizada a multiplicação das sementes. O local de cultivo foi a área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM, no município de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (latitude 29°42S, longitude 53°49W e 95 m de altitude).

Os experimentos foram conduzidos neste mesmo local em três épocas de semeadura sendo: segunda safra 2017 (semeado no dia 07 de março de 2017), primeira safra 2017/18 (implantado no dia 24 de novembro de 2017) e segunda safra 2018 (semeadura em 01 de março

de 2018). O solo é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico. O clima é classificado como Cfa subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida, conforme classificação proposta por Köppen.

O delineamento experimental utilizado foi o látice simples 7 x 7. Os tratamentos avaliados foram 49 cultivares de feijão, sendo 37 variedades locais cultivadas por agricultores familiares do Estado do Rio Grande do Sul e 12 cultivares de feijão desenvolvidas pela pesquisa, as quais foram consideradas como testemunhas (Apêndice 1, Figura 12). As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de 3 m de comprimento, espaçadas à 0,50 m. As duas linhas centrais de cada parcela foram consideradas como área útil.

Figura 12 - Variedades locais e cultivares de feijão avaliados. Santa Maria, RS.



O preparo do solo foi efetuado pelo sistema convencional, com abertura manual dos sulcos de semeadura com adubação de base e de cobertura realizada de acordo com a interpretação da análise química do solo para a cultura do feijão, para tanto, foram aplicados na base 275 kg ha<sup>-1</sup> de N-P-K da fórmula comercial 5-20-20. Foi utilizada em cobertura, uréia (45% de nitrogênio) na dosagem de 20 kg ha<sup>-1</sup> por ocasião do estágio V3, período em que a terceira folha trifoliada está plenamente aberta e 20 kg ha<sup>-1</sup> uréia (45% de nitrogênio) no estágio fenológico (V4), momento no qual a terceira folha trifoliada está plenamente aberta (EMBRAPA, 2018).

As sementes foram tratadas nas linhas com o uso de pulverizador costal, para tanto, aplicaram-se 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes do fungicida Maxim (Fludioxonil) e do inseticida Cruiser (Tiometoxam). Para o controle de plantas espontâneas utilizou-se após a semeadura, o herbicida pré-emergente Dual Gold<sup>®</sup> (S-Metolacoloro) na dose de 1,25 L ha<sup>-1</sup>. O controle de plantas espontâneas em pós-emergência foi feito com capina manual sempre que necessário. Durante a condução dos experimentos não houve necessidade de controle de doenças contudo, o controle de insetos (*Diabrotica speciosa*) foi realizado quando observado dano de 5% nas plantas. Para tanto utilizou-se de pulverizador costal de 20 L e do produto Engeo Pleno<sup>™</sup> (Tiametoxam; Lambda-Cialotrina) na dose de 125 mL ha<sup>-1</sup>. O manejo dos experimentos foi conduzido de acordo com as práticas de manejo recomendadas para a cultura (CTSBF, 2012).

O caractere fenológico ciclo, que corresponde ao número de dias da emergência a maturação foi determinado pela observação visual das plantas da parcela útil, sendo contabilizado a partir da emergência de 50% das plântulas (estádio V1) até o momento da maturação (estádio R9).

A arquitetura de plantas foi avaliada na maturação (estádio R9) por meio de observação visual para os caracteres: acamamento, *stay green*, nota geral de adaptação e porte. O acamamento foi determinado como o uso de uma escala de notas que varia de 1 (todas as plantas eretas) a 9 (todas as plantas caídas, tocando o solo). O caractere *stay green* que avalia a senescência do caule foi analisado utilizando a seguinte escala de notas: 1 presença de caule verde em todas as plantas a 5 na ausência desse caractere em todas as plantas.

A nota geral de adaptação foi determinada com uma escala de notas que variou de 1 a 9, seguindo a escala descrita por Ribeiro et al. (2010), considerando o conjunto de características: acamamento, quantidade de vagens por planta e ocorrência de doenças nas vagens maduras. Nesta escala, a nota 1 (excelente) se referiu a plantas caracterizadas como arquitetura ereta, com maior número de vagens por planta e ausência de sintomas de doenças

em vagens e a nota 9 (péssimo) às plantas prostradas, com menor número de vagens por planta e alta severidade de sintomas de doenças em vagens.

Para a determinação do porte, foram atribuídas notas de 1 a 9, sendo que a nota 1, correspondeu a todas as plantas eretas e a nota 9 a todas as plantas caídas, tocando o solo. A porcentagem de plantas caídas, o grau de inclinação e a porcentagem de plantas em contato com o solo foram estimadas visualmente, sem a utilização de réguas ou de equipamentos.

Na área útil, também, foram colhidas 10 plantas na maturação fisiológica, de forma aleatória, nas quais foram medidos os caracteres quantitativos: altura da inserção da primeira vagem (cm), altura da inserção da última vagem (cm), diâmetro do hipocótilo (mm) e diâmetro do epicótilo (mm).

Os seguintes caracteres de produção foram determinados individualmente nas 10 plantas coletadas: número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem. Após foram contadas três subamostras de 100 grãos e determinada a média da massa de 100 grãos. A produtividade de grãos foi estimada pelo somatório da massa de grãos das plantas colhidas na parcela útil, incluindo-se as 10 plantas amostradas de forma aleatória e estimada em  $\text{kg ha}^{-1}$ . A umidade dos grãos foi ajustada a 13% para a determinação da produtividade de grãos em  $\text{kg ha}^{-1}$  e da massa de 100 grãos (g) foi quantificada utilizando balança de precisão.

A análise de variância individual foi efetuada de acordo com o delineamento látice simples  $7 \times 7$ . A eficiência do delineamento látice em relação ao blocos ao acaso foi testada como recomendada por Ramalho, Ferreira e Oliveira (2000). A homogeneidade das variâncias residuais foi verificada pelo teste F máximo de Hartley, adotando-se o critério da relação não ultrapassar e relação 7:1 (CRUZ, 2016). O teste F a 5% de probabilidade foi utilizado para testar as hipóteses dos efeitos principais: genótipo (G), ambiente (A) e da interação G x A. Os efeitos de genótipo, ambiente e interação G x A foram considerados como fixos e o erro como aleatório. O teste de Scott-Knott foi utilizado para fazer a comparação múltipla de médias, a 5% de probabilidade de erro.

O diagnóstico da multicolinearidade foi utilizado para definir os caracteres a serem utilizados nas análises complementares, utilizando-se o critério da tabela de classificação de Montgomery e Peck (1981). Para isso, foram eliminados os caracteres mais correlacionados até se obter um número de condição inferior a 100. A correlação entre os caracteres da arquitetura de planta, fenológicos e de produção, por sua vez, foi estimada pela análise de correlação linear de Pearson, com base na matriz de correlação fenotípica, considerando os dados médios obtidos

nos três experimentos. A significância dos coeficientes de correlação foi verificada pelo teste *t* de Student, a 5% de probabilidade de erro.

A dissimilaridade genética foi avaliada pelo método de agrupamento do vizinho mais distante, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, e pelo método de Tocher. As estimativas de herdabilidade e de ganho na seleção foram obtidas pelo índice de seleção de soma de *ranks* (MULAMBA; MOCK, 1978), aplicando-se uma intensidade de seleção de 10% para identificar os genótipos superiores para os caracteres avaliados. O sentido da seleção foi inferior para os caracteres: acamamento, *stay green*, nota geral de adaptação e porte; e superior para os demais caracteres avaliados. O peso econômico foi definido em três para a produtividade de grãos, dois para a altura da inserção da última vagem e o número de vagens por planta e um para os demais caracteres. Os dados foram tabulados em planilhas do Excel e as análises estatísticas foram realizadas no Programa Genes (CRUZ, 2016).

### 3.3 Resultados e discussão

A análise de variância individual dos ambientes possibilitou observar que a eficiência do delineamento látice variou de 82,87 (porte) a 156,23 (nota geral de adaptação) (Apêndice 1). Das 42 combinações testadas, envolvendo caracteres e ambientes avaliados, em 23 (54,76%) das combinações a eficiência do delineamento látice foi menor do que 100%. Como o uso do delineamento em látice não foi eficiente para a avaliação da maioria dos caracteres, a análise de variância do látice foi desprezada como recomendado por RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA (2000). Por isso, a análise de variância conjunta foi realizada de acordo com o delineamento blocos ao acaso (Apêndice 3).

A análise da homogeneidade das variâncias residuais foi testada pelo teste F máximo de Hartley foi testada (CRUZ, 2016). A relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro ( $QMr^+ / QMr^-$ ) da análise de variância individual foi inferior a sete para todos os caracteres avaliados, exceto para o ciclo. Portanto, os graus de liberdade do erro e da interação genótipo x ambiente (G x A) obtidos para ciclo foram definidos pelo método de Cochran (1954). Isso possibilitou a obtenção de variâncias residuais homogêneas para todos os caracteres agrônômicos, necessária para a realização da análise de variância conjunta. Os valores coeficientes de variação foram em sua maioria classificados em baixos (menores que 10%) e médios (10 a 20%), demonstrando boa precisão experimental de acordo com a classificação de Pimentel-Gomes (2000). Resultado semelhante de coeficiente de variação foi observado para

massa de 100 grãos por Steckling et al. (2017). O número de grãos por planta, número de vagens por planta e a produtividade de grãos tiveram o coeficiente de variação classificado como alto (entre 20 e 30%), resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2013), Barili et al. (2015), Santos et al. (2018), fato associado ao efeito de ambiente. Já o caractere *stay green*, com coeficiente de variação classificado como alto (28,18%), vai ao encontro dos resultados obtidos por Carmo et al. (2007), o qual concluíram que mesmo utilizando um diagrama com apenas cinco notas, o que aparentemente facilitaria a identificação dos diferentes fenótipos, a dificuldade decorre da influência do ambiente na expressão do caráter.

A acurácia seletiva foi utilizada como medida complementar para avaliação da precisão experimental, sendo classificada na maioria das situações em moderada ( $0,70 \geq AS \geq 0,50$ ), alta ( $0,90 \geq AS \geq 0,70$ ) ou muito alta ( $AS \geq 0,90$ ), de acordo com Resende, Duarte (2007). Os menores valores observados foram para os caracteres diâmetro do epicótilo (0,43), número de vagens por planta (0,22) e número de grãos por planta (0,31), indicando uma baixa correspondência entre os valores fenotípicos observados e os genotípicos previstos (SANTOS et al., 2018).

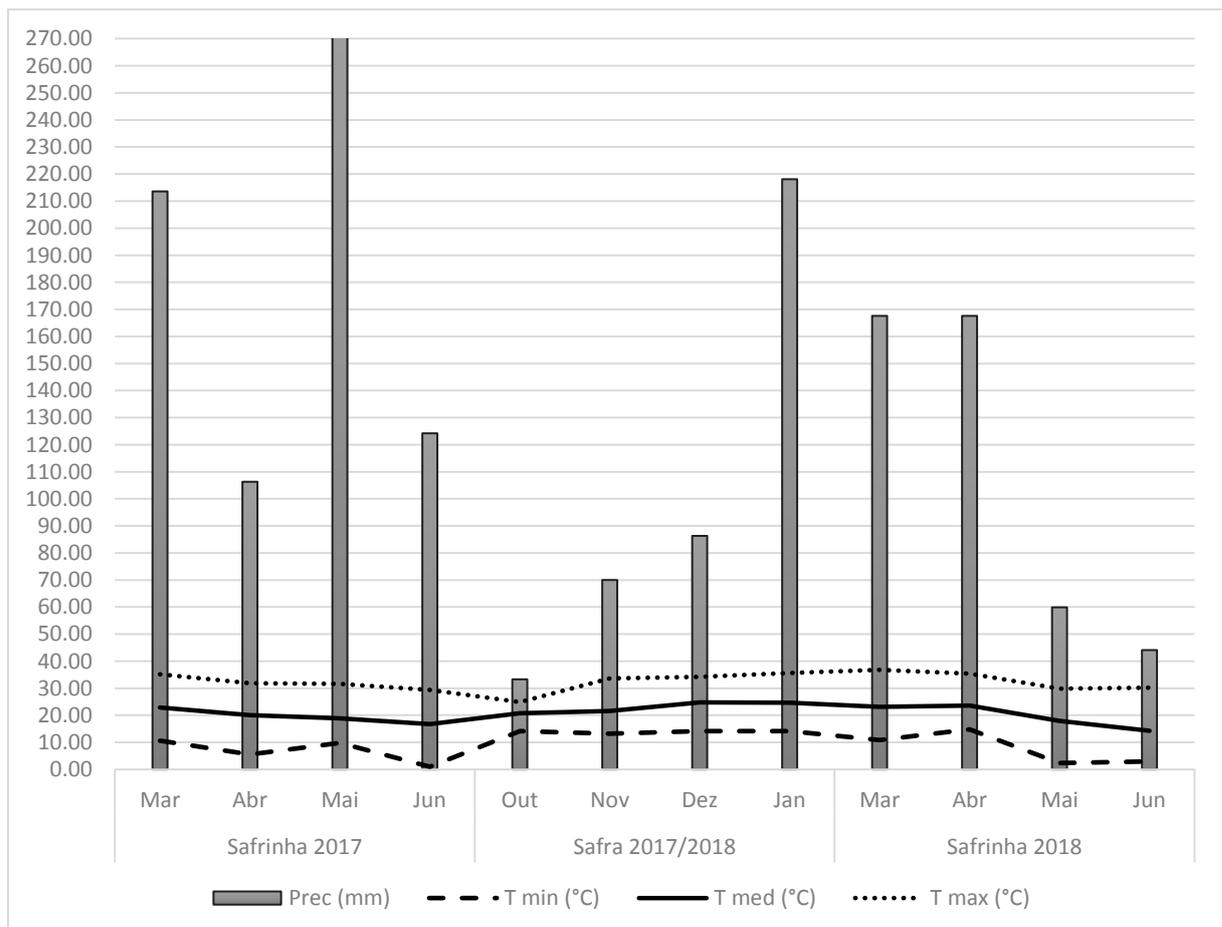
Na análise de variância conjunta foi observada interação genótipo x ambiente significativa para todos os caracteres avaliados, exceto para diâmetro do epicótilo, número de vagens por planta e número de grãos por planta. Resultados semelhantes foram observados em feijão para ciclo, altura de inserção da primeira vagem e produtividade de grãos (RIBEIRO et al., 2014a), para a altura de inserção da primeira vagem (MOURA et al., 2013; ZILIO et al., 2013), para número de vagens por planta, número de grãos por planta (MAMBRIN, 2013), para massa de 100 grãos (MAMBRIN, 2013; PEREIRA et al., 2013) e produtividade de grãos (PEREIRA et al., 2013; RIBEIRO et al., 2013). Em relação aos caracteres de produção, foi observada interação G x A significativa em feijão para número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos por Ribeiro et al. (2018) e massa de 100 grãos e produtividade de grãos por Ribeiro et al. (2014b) e Santos, Ribeiro e Maziero (2016). Interação G x A significativa foi observada em variedades locais de feijão por Coelho et al. (2010b) e Zilio et al. (2011) para os caracteres número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

Sendo assim, a seleção com base nos caracteres que apresentaram interação G x A significativa poderá apresentar dificuldades, uma vez que os caracteres variaram de acordo com o ambiente o qual foram expostos, e a seleção dos caracteres deverá considerar tal fato, pois a melhor variedade para determinado caractere em um ambiente poderá não ser a mesma em outro ambiente. Já, os caracteres diâmetro de epicótilo, número de vagens por planta e número de grãos por planta apresentaram diferenças significativas apenas para os tratamentos e

ambiente. Este fato destaca a presença de variabilidade genética entre estes caracteres e que sua seleção não necessita considerar a interação G x A.

A Figura 13 apresenta as condições meteorológicas em que os experimentos foram conduzidos. Cabe destacar a presença de alto índice pluviométrico no período entre março de 2017 a junho de 2017 correspondente a segunda safra, demonstrando as variações ambientais que podem ter impactado nas interações G x A observadas. Em relação as temperaturas mínimas os dados meteorológicos variaram de 1,0°C (junho de 2017) a 14,8°C (abril 2018), já as temperaturas máximas permaneceram entre 36,8°C (março de 2018) e 24,9°C (outubro 2017) enquanto que a temperatura média ficou entre 14,3°C (junho de 2018) a 24,8°C (dezembro 2017).

Figura 13 - Dados meteorológicos coletados na Estação Meteorológica de Santa Maria, instalada na Universidade de Santa Maria (latitude 29°42' S, longitude 53°49' W e 95 m altitude), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.



T min: temperatura mínima observada no mês (°C); T med: temperatura média observada no mês (°C); T max: temperatura máxima observada no mês (°C); Pre: precipitação total (mm); Mar: março; Abr: abril; Mai: maio; Jun: junho; Out: outubro; Nov: novembro; Dez: dezembro.

A aplicação do teste Skott-Knott possibilitou a estratificação das linhagens de feijão com base nas diferenças observadas para o caractere ciclo em quatro grupos (Tabela 7) no primeiro ambiente avaliado (segunda safra 2017), em dois grupos no segundo ambiente (safra 2017/2018) e em três grupos no terceiro ambiente (segunda safra 2018). Os menores valores de ciclo foram observados nas épocas de cultivo de segunda safra 2018 para os genótipos Banana, Inhoque, Verde 208, Azulão, BRSMG Realce, Manteigão, Iraí, Mouro 128, Bege Ibarama e Mouro Graúdo Cinza que possibilitaram a colheita em 67 dias após a emergência. Os maiores ciclos observados foram para os genótipos Pintadinho 144 (106 dias, segunda safra 2017), Carioca (Vila Nova do Sul) (116 dias, primeira safra 2017/2018), Pérola e BRS Estilo (93,5 dias, segunda safra 2018).

Tabela 7 - Comparação de médias para os caracteres ciclo (dias), acamamento (ACA) e *stay green* (STG) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | CICLO   |         |        | ACA    |        |        | STG    |        |        |
|-------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Pérola            | 103,0 a | 112,5 a | 93,5 a | 5,50 b | 6,50 a | 6,00 b | 3,50 a | 3,00 b | 2,00 a |
| Amendoim          | 80,50 d | 109,5 a | 80,0 b | 6,00 b | 7,50 a | 5,00 b | 4,50 a | 2,50 b | 1,50 a |
| Banana            | 88,00 c | 112,5 a | 67,0 c | 7,00 a | 5,50 a | 6,00 b | 5,00 a | 2,00 b | 1,00 a |
| Vagem Roxa        | 100,5 a | 115,5 a | 80,0 b | 4,00 b | 2,50 b | 4,50 b | 5,00 a | 3,00 b | 2,50 a |
| Inhoque           | 76,50 d | 101,0 b | 67,0 c | 7,00 a | 4,00 b | 5,50 b | 5,00 a | 3,00 b | 1,00 a |
| Verde 208         | 74,00 d | 98,50 b | 67,0 c | 6,50 a | 4,00 b | 8,00 a | 5,00 a | 3,00 b | 1,00 a |
| Rajado319         | 81,50 d | 110,0 a | 80,0 b | 5,00 b | 7,00 a | 9,00 a | 3,00 a | 3,00 b | 2,00 a |
| Guabiju Roxo      | 80,00 d | 109,0 a | 80,0 b | 5,00 b | 7,00 a | 8,00 a | 4,00 a | 4,00 a | 1,00 a |
| Rio Tibagi        | 91,50 b | 107,5 a | 90,0 a | 6,00 b | 7,50 a | 5,50 b | 4,00 a | 5,00 a | 1,50 a |
| Preguiçoso        | 87,50 c | 107,5 a | 89,5 a | 4,50 b | 8,00 a | 8,50 a | 3,50 a | 3,00 b | 3,50 a |
| Carioca Ibarama   | 86,50 c | 98,50 b | 90,0 a | 4,00 b | 7,00 a | 4,50 b | 5,00 a | 5,00 a | 2,00 a |
| Azulão            | 75,50 d | 104,0 b | 67,0 c | 7,00 a | 4,00 b | 7,00 a | 5,00 a | 2,00 b | 2,00 a |
| BRS Estilo        | 105,5 a | 108,0 a | 93,5 a | 5,00 b | 6,50 a | 6,50 a | 5,00 a | 5,00 a | 2,00 a |
| Argentino         | 101,5 a | 113,0 a | 90,0 a | 5,50 b | 7,50 a | 7,50 a | 5,00 a | 4,50 a | 1,50 a |
| Trindade          | 104,5 a | 111,0 a | 90,0 a | 5,50 b | 7,00 a | 6,00 b | 2,50 a | 4,50 a | 3,00 a |
| Vermelho Rajado   | 77,00 d | 110,5 a | 67,0 c | 7,00 a | 2,00 b | 8,00 a | 5,00 a | 1,00 b | 1,50 a |
| Carioca Rosa      | 91,50 b | 109,0 a | 90,5 a | 5,50 b | 8,50 a | 7,50 a | 4,00 a | 5,00 a | 2,00 a |
| BRSMG Realce      | 96,50 b | 112,5 a | 67,0 c | 7,50 a | 4,50 b | 6,50 a | 5,00 a | 4,00 a | 2,50 a |
| Paraná            | 90,50 b | 108,0 a | 80,0 b | 6,00 b | 6,50 a | 5,50 b | 4,00 a | 5,00 a | 2,50 a |
| Milico            | 73,50 d | 101,0 b | 67,0 c | 8,00 a | 4,50 b | 8,00 a | 5,00 a | 2,00 b | 1,50 a |
| Cavalo Claro Iraí | 73,00 d | 101,0 b | 67,0 c | 7,50 a | 4,00 b | 4,50 b | 5,00 a | 3,00 b | 1,00 a |
| Guapo Brilhante   | 100,0 a | 103,5 b | 88,0 a | 6,50 a | 2,00 b | 3,50 b | 5,00 a | 3,50 b | 2,50 a |
| Turrialba         | 91,50 b | 107,5 a | 88,5 a | 6,00 b | 8,00 a | 6,50 a | 4,00 a | 5,00 a | 2,50 a |
| IPR Uirapurú      | 102,0 a | 109,0 a | 87,5 a | 5,50 b | 4,50 b | 5,00 b | 4,50 a | 2,50 b | 2,50 a |
| Folgado           | 100,0 a | 109,5 a | 90,0 a | 6,50 a | 7,00 a | 5,00 b | 5,00 a | 5,00 a | 1,50 a |
| Carioca           | 104,0 a | 108,5 a | 90,0 a | 7,00 a | 7,00 a | 7,00 a | 5,00 a | 4,50 a | 1,50 a |
| BRS Campeiro      | 92,00 b | 109,5 a | 80,0 b | 6,00 b | 4,50 b | 6,00 b | 4,00 a | 3,50 b | 2,50 a |
| Fogo da Serra 322 | 76,00 d | 115,5 a | 67,0 c | 8,00 a | 4,00 b | 7,50 a | 5,00 a | 2,50 b | 2,00 a |

Tabela 7 - Comparação de médias para os caracteres ciclo (dias), acamamento (ACA) e *stay green* (STG) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares       | CICLO   |         |        | ACA    |        |        | STG    |        |        |
|------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Chumbinho        | 102,5 a | 109,5 a | 80,0 b | 6,00 b | 6,00 a | 6,00 b | 4,50 a | 3,00 b | 3,00 a |
| Mourinho Claro   | 93,00 b | 102,0 b | 90,0 a | 6,50 a | 6,00 a | 5,00 b | 3,00 a | 2,00 b | 2,00 a |
| Manteigão        | 78,00 d | 101,0 b | 67,0 c | 6,00 b | 6,00 a | 6,50 a | 5,00 a | 4,00 a | 1,50 a |
| Irai             | 72,50 d | 103,5 b | 67,0 c | 6,00 b | 4,00 b | 5,50 b | 5,00 a | 3,00 b | 1,50 a |
| Vagem Larga      | 102,0 a | 108,5 a | 80,0 b | 7,00 a | 7,50 a | 6,00 b | 5,00 a | 5,00 a | 2,00 a |
| Mouro            | 77,00 d | 99,50 b | 67,0 c | 6,50 a | 5,50 a | 6,50 a | 5,00 a | 4,50 a | 1,50 a |
| Vermelho Graúdo  | 80,00 d | 110,0 a | 79,5 b | 7,00 a | 2,50 b | 5,50 b | 5,00 a | 1,00 b | 1,50 a |
| Pintadinho 114   | 106,5 a | 110,5 a | 89,0 a | 7,00 a | 7,50 a | 6,00 b | 5,00 a | 4,00 a | 2,00 a |
| Quero Quero      | 102,0 a | 107,0 a | 90,0 a | 7,50 a | 8,00 a | 8,00 a | 5,00 a | 5,00 a | 2,00 a |
| Predominante 140 | 92,00 b | 109,5 a | 90,0 a | 7,50 a | 7,50 a | 6,50 a | 5,00 a | 4,00 a | 3,00 a |
| SCS205 Riqueza   | 100,5 a | 108,0 a | 80,0 b | 7,00 a | 7,50 a | 6,50 a | 4,50 a | 4,00 a | 2,50 a |
| Rosinha          | 99,00 a | 101,5 b | 90,0 a | 7,00 a | 8,00 a | 7,00 a | 5,00 a | 5,00 a | 1,50 a |
| IPR Juriti       | 93,00 b | 107,5 a | 80,0 b | 5,50 b | 7,00 a | 6,50 a | 4,00 a | 3,50 b | 2,00 a |
| Carioca (VNS)    | 103,0 a | 116,0 a | 90,0 a | 8,00 a | 6,00 a | 7,00 a | 5,00 a | 3,50 b | 3,50 a |
| Mouro128         | 79,50 d | 109,0 a | 67,0 c | 6,50 a | 7,00 a | 6,00 b | 4,50 a | 3,50 b | 1,50 a |
| Fepagro Triunfo  | 101,0 a | 105,5 b | 80,0 b | 4,00 b | 6,50 a | 6,00 b | 5,00 a | 4,00 a | 1,50 a |
| Bege Ibarama     | 82,50 c | 99,00 b | 67,0 c | 7,00 a | 8,00 a | 7,00 a | 5,00 a | 5,00 a | 2,00 a |
| Tubiano          | 87,50 c | 114,5 a | 80,0 b | 8,00 a | 3,50 b | 5,00 b | 5,00 a | 1,00 b | 2,00 a |
| Macanudo         | 91,00 b | 108,0 a | 80,0 b | 7,50 a | 8,50 a | 6,50 a | 5,00 a | 4,00 a | 2,50 a |
| Mouro Graúdo     | 80,50 d | 102,5 b | 67,0 c | 6,00 b | 5,50 a | 6,50 a | 5,00 a | 3,50 b | 1,50 a |
| Capixaba         | 99,50 a | 108,0 a | 88,0 a | 6,00 b | 7,00 a | 4,50 b | 5,00 a | 5,00 a | 1,00 a |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

As diferenças observadas são resultantes da divergência ambiental entre as safras, tal fato reduz o número de dias da emergência até a maturação fisiológica nos ambientes menos favoráveis ao desenvolvimento fisiológico (segunda safra 2017 e 2018), como por exemplo as temperaturas baixas. Pesquisas sobre o ciclo foram conduzidas por Zilio et al. (2013) e como resultado observaram variedades locais de feijão com ciclo variando de 65 a 90 dias, um maior número de dias durante o período reprodutivo é uma característica desejada pelos agricultores, pois reduz os riscos de perdas na produtividade de grãos por ações climáticas, como altas temperaturas e restrições hídricas. A temperatura do ar influencia nos processos fisiológicos das plantas, e a presença de temperaturas mínimas, abaixo da ideal, interrompem as atividades fisiológicas, aumentando assim a duração dos subperíodos e, conseqüentemente, o ciclo das plantas (ARNOLD, 1959).

Os caracteres avaliados em relação ao porte ereto (acamamento, *stay green*, nota geral de adaptação e porte) apresentaram variações entre os ambientes de primeira safra (2017/2018) e segunda safra (2017 e 2018) (Tabela 8). As avaliações realizadas em segunda safra são

importantes por apresentarem ambiente menos favorável ao desenvolvimento do feijão, nesse sentido os genótipos que permanecem eretos sob condições adversas, tendem a permanecerem eretos em condições que promovam melhorias na arquitetura das plantas (COLLICCHIO, 1997).

Tabela 8 - Comparação de médias para os caracteres nota geral de adaptação (NG), porte (PORTE) e altura de inserção da primeira vagem (AIV) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | NG     |        |        | PORTE  |        |        | AIV     |         |         |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
|                   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   |
| Pérola            | 7,00 a | 6,00 a | 6,50 b | 6,00 a | 6,50 a | 5,50 a | 10,72 a | 27,20 b | 14,16 b |
| Amendoim          | 7,50 a | 7,00 a | 7,00 a | 6,00 a | 6,50 a | 6,00 a | 9,20 a  | 20,94 c | 13,00 b |
| Banana            | 8,00 a | 6,00 a | 7,00 a | 6,00 a | 6,00 a | 5,50 a | 11,00 a | 19,50 d | 15,10 b |
| Vagem Roxa        | 5,50 b | 4,50 b | 5,50 b | 4,50 b | 4,50 b | 5,00 a | 9,60 a  | 18,25 d | 16,60 a |
| Inhoque           | 7,50 a | 6,00 a | 8,00 a | 5,50 b | 4,50 b | 5,00 a | 9,70 a  | 12,80 e | 14,50 b |
| Verde208          | 7,50 a | 7,00 a | 8,50 a | 6,00 a | 5,00 b | 7,50 a | 9,80 a  | 9,55 e  | 12,30 b |
| Rajado319         | 6,00 b | 7,50 a | 8,00 a | 4,00 b | 7,00 a | 6,50 a | 12,59 a | 18,75 d | 15,95 b |
| Guabiju Roxo      | 6,50 b | 8,50 a | 7,00 a | 5,50 b | 6,50 a | 6,50 a | 10,23 a | 24,64 c | 14,00 b |
| Rio Tibagi        | 5,50 b | 7,00 a | 6,50 b | 3,50 b | 6,50 a | 6,00 a | 11,65 a | 16,25 d | 14,85 b |
| Preguiçoso        | 6,00 b | 6,50 a | 9,00 a | 5,50 b | 6,00 a | 5,50 a | 8,89 a  | 16,63 d | 13,10 b |
| Carioca Ibarama   | 5,50 b | 6,50 a | 6,00 b | 4,50 b | 7,00 a | 6,00 a | 11,92 a | 17,65 d | 16,90 a |
| Azulão            | 7,00 a | 6,00 a | 7,50 a | 5,50 b | 4,50 b | 7,00 a | 10,40 a | 11,10 e | 14,26 b |
| BRS Estilo        | 5,50 b | 6,00 a | 6,00 b | 5,00 b | 6,00 a | 4,50 a | 11,15 a | 15,97 d | 13,40 b |
| Argentino         | 6,50 b | 6,50 a | 7,50 a | 5,50 b | 6,50 a | 5,50 a | 10,59 a | 21,54 c | 18,75 a |
| Trindade          | 6,50 b | 6,50 a | 6,50 b | 5,50 b | 6,50 a | 6,00 a | 14,00 a | 31,00 a | 16,51 a |
| Vermelho Rajado   | 8,00 a | 6,00 a | 7,00 a | 7,00 a | 2,50 c | 5,50 a | 11,40 a | 16,40 d | 12,90 b |
| Carioca Rosa      | 7,50 a | 8,00 a | 7,50 a | 6,00 a | 7,00 a | 7,00 a | 11,20 a | 25,00 c | 16,16 b |
| BRSMG Realce      | 8,50 a | 5,50 b | 8,00 a | 6,50 a | 4,50 b | 6,00 a | 12,00 a | 14,15 e | 17,90 a |
| Paraná            | 6,50 b | 5,50 b | 6,00 b | 5,00 b | 5,50 a | 6,00 a | 11,55 a | 23,02 c | 15,25 b |
| Milico            | 8,50 a | 7,00 a | 7,50 a | 7,00 a | 5,00 b | 6,00 a | 10,40 a | 10,85 e | 13,95 b |
| Cavalo Claro Iraí | 8,00 a | 5,00 b | 6,50 b | 7,00 a | 4,50 b | 5,50 a | 10,15 a | 14,00 e | 11,48 b |
| Guapo Brilhante   | 6,50 b | 3,00 b | 4,50 b | 5,00 b | 3,00 c | 3,50 a | 10,30 a | 14,55 e | 13,82 b |
| Turrialba         | 7,50 a | 6,50 a | 6,50 b | 6,50 a | 6,50 a | 7,50 a | 12,75 a | 21,88 c | 15,90 b |
| IPR Uirapuru      | 7,00 a | 4,50 b | 5,50 b | 5,50 b | 5,00 b | 5,00 a | 11,49 a | 21,65 c | 17,20 a |
| Folgado           | 7,50 a | 6,00 a | 6,00 b | 5,50 b | 6,50 a | 5,00 a | 13,05 a | 27,00 b | 18,50 a |
| Carioca           | 7,00 a | 6,50 a | 7,00 a | 6,50 a | 6,00 a | 6,00 a | 8,70 a  | 24,40 c | 13,50 b |
| BRS Campeiro      | 7,00 a | 3,50 b | 6,00 b | 5,50 b | 3,50 c | 6,50 a | 10,55 a | 21,57 c | 19,00 a |
| Fogo da Serra 322 | 8,50 a | 7,00 a | 8,00 a | 7,00 a | 5,50 a | 6,00 a | 11,27 a | 16,31 d | 16,20 b |
| Chumbinho         | 6,00 b | 5,00 b | 5,50 b | 4,50 b | 5,50 a | 6,00 a | 16,08 a | 19,85 d | 17,00 a |
| Mourinho Claro    | 7,00 a | 4,50 b | 6,50 b | 5,50 b | 6,00 a | 7,00 a | 12,65 a | 18,85 d | 15,87 b |
| Mateigão          | 7,00 a | 6,50 a | 7,00 a | 6,50 a | 6,00 a | 6,00 a | 10,31 a | 11,80 e | 15,95 b |
| Iraí              | 7,50 a | 5,50 b | 6,00 b | 5,50 b | 5,00 b | 5,50 a | 10,35 a | 11,88 e | 13,45 b |
| Vagem Larga       | 7,50 a | 6,50 a | 6,00 b | 6,50 a | 7,00 a | 6,00 a | 15,05 a | 28,10 b | 19,74 a |
| Mouro             | 7,00 a | 6,00 a | 7,00 a | 7,00 a | 5,00 b | 6,50 a | 12,80 a | 10,15 e | 14,60 b |
| Vermelho Graúdo   | 8,00 a | 5,00 b | 4,50 b | 6,00 a | 3,00 c | 5,00 a | 10,10 a | 14,32 e | 13,20 b |
| Pintadinho 114    | 7,50 a | 7,00 a | 6,50 b | 6,50 a | 6,50 a | 5,50 a | 10,44 a | 21,05 c | 14,37 b |
| Quero Quero       | 8,50 a | 7,00 a | 7,00 a | 6,50 a | 6,00 a | 6,50 a | 13,53 a | 23,95 c | 20,45 a |
| Predominante 140  | 8,00 a | 6,50 a | 6,50 b | 6,50 a | 6,50 a | 7,00 a | 11,05 a | 16,77 d | 20,94 a |

Tabela 8 - Comparação de médias para os caracteres nota geral de adaptação (NG), porte (PORTE) e altura de inserção da primeira vagem (A1V) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares      | NG     |        |        | PORTE  |        |        | A1V     |         |         |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
|                 | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   |
| SCS2015 Riqueza | 7,50 a | 5,50 b | 6,00 b | 6,00 a | 6,50 a | 6,00 a | 13,00 a | 23,23 c | 15,78 b |
| Rosinha         | 7,50 a | 7,00 a | 6,50 b | 6,50 a | 7,00 a | 5,50 a | 13,50 a | 22,47 c | 18,50 a |
| IPR Juriti      | 6,00 b | 6,00 a | 6,50 b | 6,50 a | 6,00 a | 5,50 a | 10,00 a | 16,15 d | 14,70 b |
| Carioca (VNS)   | 8,00 a | 6,00 a | 7,00 a | 7,00 a | 5,00 b | 7,50 a | 10,35 a | 34,06 a | 16,47 a |
| Mouro128        | 6,50 b | 7,00 a | 7,00 a | 6,00 a | 5,00 b | 6,50 a | 9,40 a  | 11,35 e | 13,55 b |
| Fepagro Triunfo | 5,00 b | 5,50 b | 6,00 b | 4,00 b | 6,00 a | 5,50 a | 11,35 a | 17,56 d | 15,24 b |
| Bege Ibarama    | 6,50 b | 7,00 a | 6,50 b | 5,00 b | 7,50 a | 7,00 a | 12,31 a | 19,69 d | 14,60 b |
| Tubiano         | 8,50 a | 5,50 b | 7,00 a | 6,00 a | 4,50 b | 5,00 a | 10,59 a | 17,45 d | 11,95 b |
| Macanudo        | 7,50 a | 6,50 a | 6,00 b | 5,50 b | 7,00 a | 6,50 a | 10,10 a | 16,80 d | 15,35 b |
| Mouro Graúdo    | 7,50 a | 5,00 b | 6,00 b | 5,50 b | 5,50 a | 7,00 a | 11,35 a | 15,60 d | 19,09 a |
| Capixaba        | 6,50 b | 5,50 b | 5,00 b | 5,50 b | 4,50 b | 5,00 a | 11,74 a | 17,40 d | 14,10 b |

Para acamamento, destacaram-se com as melhores notas nos três ambientes os genótipos: Vagem Roxa, IPR Uirapurú, BRS Campeiro e Iraí. O teste de média não possibilitou a estratificação para o caractere *stay green* nos ambientes 1 e 3 (segunda safra 2017 e segunda safra 2018), os genótipos que apresentaram as melhores notas de *stay green* nos três ambientes avaliados foram: Pérola, Rajado 319 e Mourinho Claro. Em relação a nota geral de adaptação, os genótipos com as melhores notas nos três ambientes avaliados foram Vagem Roxa, Paraná, Guapo Brilhante, Chumbinho, Fepagro Triunfo e Capixaba. Já, para o caractere porte destacaram-se com as melhores notas nos três ambientes os genótipos: Vagem Roxa, Guapo Brilhante e BRS Campeiro.

Neste sentido a variedade local Vagem Roxa foi a única que apresentou melhores notas nos três ambientes avaliados, para os caracteres acamamento, nota geral de adaptação e porte, demonstrando a importância do conhecimento sobre o germoplasma local. A disponibilidade de genótipos com boa capacidade de adaptação às diversas condições climáticas, em especial às menos favoráveis como as observadas nos ambientes 1 e 3, possibilita que o cultivo seja realizado em períodos com menores temperaturas e maiores índices pluviométricos, reduzindo a incidência de doenças pelo contato das vagens com o solo e por consequência ampliando a produtividade e a qualidade dos grãos.

A altura de inserção da primeira vagem foi menor nos ambientes 1 e 3. Os valores variaram de 8,70 cm (Carioca, ambiente 1) sendo o maior valor observado no genótipo local Trindade (31,00 cm, ambiente 2). Resultados semelhantes para altura de inserção da primeira

vagem foram observados por Zilio et al. (2013), que verificaram maiores valores nas variedades locais em relação as cultivares de feijão avaliadas, a disponibilidade de germoplasma para uso nos programas de melhoramento genético que possibilitem a redução do contato das vagens com o solo pode contribuir para os tratos culturais e a colheita mecanizada (MENDES; RAMALHO, ABREU, 2009). Para o caractere altura de inserção de última vagem (Tabela 9), os maiores valores foram observados no ambiente 2 para as variedades locais Trindade (65,47 cm) e Carioca (Vila Nova do Sul) (62,14 cm), demonstrando potencial utilização dos genótipos locais pelos programas de melhoramento genético.

Tabela 9 - Comparação de médias para os caracteres: altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | AUV     |         |        | DHIPOC |        |        | DEPIC  | NVP     | NGP     |
|-------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|                   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |        |         |         |
| Pérola            | 26,55 a | 58,77 a | 44,0 a | 4,65 b | 5,88 b | 5,24 b | 5,19 a | 8,50 b  | 29,49 b |
| Amendoim          | 23,97 a | 39,70 c | 30,6 b | 4,05 c | 4,99 c | 4,44 c | 4,47 b | 7,61 b  | 22,62 b |
| Banana            | 16,06 a | 37,95 c | 27,8 b | 3,66 c | 6,39 b | 4,86 c | 4,91 b | 7,77 b  | 24,73 b |
| Vagem Roxa        | 23,95 a | 48,73 b | 45,4 a | 5,11 a | 6,74 a | 6,25 a | 5,94 a | 10,78 a | 48,01 a |
| Inhoque           | 14,10 a | 23,90 d | 28,0 b | 3,68 c | 5,98 b | 4,93 c | 4,61 b | 7,30 b  | 25,03 b |
| Verde 208         | 17,55 a | 27,50 d | 25,3 b | 3,69 c | 4,60 c | 4,27 c | 4,24 b | 5,70 b  | 18,85 b |
| Rajado 319        | 23,90 a | 52,90 a | 36,2 a | 3,48 c | 4,57 c | 4,32 c | 3,96 b | 10,24 a | 39,94 a |
| Guabiju Roxo      | 21,37 a | 41,76 c | 32,3 b | 4,08 c | 5,50 c | 4,59 c | 4,51 b | 5,78 b  | 16,43 b |
| Rio Tibagi        | 22,50 a | 48,85 b | 39,5 a | 4,67 b | 6,39 b | 5,18 b | 5,34 a | 11,38 a | 48,00 a |
| Preguiçoso        | 20,23 a | 43,98 b | 29,4 b | 4,09 c | 6,08 b | 5,25 b | 5,09 a | 7,64 b  | 24,74 b |
| Carioca Ibarama   | 20,60 a | 39,10 c | 41,3 a | 4,12 c | 4,70 c | 4,74 c | 4,70 b | 10,87 a | 39,80 a |
| Azulão            | 16,45 a | 35,95 c | 32,8 b | 3,83 c | 5,50 c | 4,92 c | 4,72 b | 7,60 b  | 25,62 b |
| BRS Estilo        | 22,90 a | 45,05 b | 39,7 a | 4,90 a | 5,46 c | 5,53 b | 5,32 a | 10,68 a | 36,97 a |
| Argentino         | 21,03 a | 57,44 a | 44,8 a | 4,38 b | 5,94 b | 5,34 b | 5,01 b | 10,92 a | 43,42 a |
| Trindade          | 26,35 a | 65,47 a | 41,4 a | 4,57 b | 5,42 c | 5,44 b | 5,26 a | 10,28 a | 37,78 a |
| Vermelho Rajado   | 17,70 a | 30,45 d | 26,7 b | 3,61 c | 5,69 b | 5,08 c | 4,56 b | 7,72 b  | 24,07 b |
| Carioca Rosa      | 22,70 a | 57,35 a | 46,3 a | 3,89 c | 5,24 c | 4,81 c | 4,59 b | 11,38 a | 48,34 a |
| BRSMG Realce      | 18,34 a | 33,63 d | 37,3 a | 4,37 b | 6,38 b | 5,55 b | 5,42 a | 8,90 b  | 26,87 b |
| Paraná            | 23,30 a | 56,73 a | 41,6 a | 5,08 a | 5,76 b | 5,72 b | 5,44 a | 12,81 a | 49,30 a |
| Milico            | 19,99 a | 27,55 d | 27,2 b | 3,40 c | 5,03 c | 4,40 c | 4,41 b | 6,57 b  | 22,15 b |
| Cavalo Claro Iraí | 14,90 a | 26,74 d | 25,2 b | 3,81 c | 5,57 c | 4,55 c | 4,63 b | 8,44 b  | 22,48 b |
| Guapo Brilhante   | 23,30 a | 42,00 c | 34,6 b | 5,79 a | 5,97 b | 5,15 b | 5,69 a | 12,91 a | 51,29 a |
| Turrialba         | 26,35 a | 53,74 a | 42,3 a | 5,05 a | 5,98 b | 4,87 c | 5,33 a | 12,00 a | 51,16 a |
| IPR Uirapurú      | 23,19 a | 57,55 a | 40,1 a | 5,46 a | 6,35 b | 5,50 b | 5,55 a | 10,41 a | 43,96 a |
| Folgado           | 23,60 a | 54,90 a | 46,9 a | 4,33 b | 5,94 b | 5,32 b | 5,08 a | 10,40 a | 40,02 a |
| Carioca           | 22,25 a | 60,69 a | 41,1 a | 4,51 b | 5,47 c | 4,99 c | 5,07 a | 11,83 a | 46,37 a |
| BRS Campeiro      | 26,65 a | 48,89 b | 43,1 a | 4,44 b | 5,78 b | 5,37 b | 4,98 b | 10,84 a | 42,52 a |
| Fogo da Serra 322 | 14,32 a | 36,22 c | 27,4 b | 3,41 c | 6,20 b | 4,77 c | 4,65 b | 7,04 b  | 22,07 b |
| Chumbinho         | 26,50 a | 56,85 a | 40,0 a | 4,68 b | 5,91 b | 5,59 b | 5,27 a | 10,72 a | 43,08 a |
| Mourinho Claro    | 23,25 a | 43,20 c | 45,7 a | 4,53 b | 4,90 c | 5,43 b | 4,94 b | 9,68 a  | 37,85 a |

Tabela 9 - Comparação de médias para os caracteres: altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

| Cultivares         | (conclusão) |         |        |        |        |        |        |         |         |
|--------------------|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|                    | AUV         |         |        | DHIPOC |        |        | DEPIC  | NVP     | NGP     |
|                    | Ano 1       | Ano 2   | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |        |         |         |
| Manteigão          | 30,84 a     | 32,30 d | 39,4 a | 3,29 c | 4,93 c | 4,82 c | 4,41 b | 7,77 b  | 26,56 b |
| Irai               | 16,85 a     | 29,41 d | 22,9 b | 3,63 c | 5,35 c | 4,04 c | 4,39 b | 8,14 b  | 20,83 b |
| Vagem Larga        | 30,75 a     | 56,41 a | 44,1 a | 4,96 a | 6,52 b | 5,41 b | 5,45 a | 8,96 b  | 38,17 a |
| Mouro              | 23,50 a     | 31,70 d | 28,1 b | 3,75 c | 4,87 c | 4,49 c | 4,46 b | 7,55 b  | 26,67 b |
| Vermelho Graúdo    | 16,00 a     | 32,65 d | 26,4 b | 4,15 c | 6,20 b | 6,56 a | 5,66 a | 9,10 b  | 21,93 b |
| Pintadinho 114     | 23,41 a     | 45,50 b | 40,1 a | 4,55 b | 6,20 b | 4,72 c | 5,24 a | 10,32 a | 43,82 a |
| Quero Quero        | 28,85 a     | 55,11 a | 47,8 a | 4,07 c | 4,97 c | 5,03 c | 4,78 b | 11,63 a | 40,86 a |
| Predominante 140   | 23,07 a     | 41,59 c | 45,0 a | 4,45 b | 5,24 c | 5,44 b | 5,26 a | 10,52 a | 37,96 a |
| SCS205 Riqueza     | 25,06 a     | 53,42 a | 42,0 a | 5,37 a | 5,85 b | 5,24 b | 5,36 a | 10,24 a | 41,62 a |
| Rosinha            | 23,28 a     | 45,07 b | 40,8 a | 3,99 c | 5,49 c | 4,40 c | 4,72 b | 10,66 a | 41,13 a |
| IPR Juriti         | 21,67 a     | 54,65 a | 44,3 a | 4,66 b | 7,33 a | 6,27 a | 6,04 a | 15,18 a | 55,60 a |
| Carioca (VNS)      | 30,15 a     | 62,14 a | 39,4 a | 4,18 c | 5,56 c | 4,78 c | 4,90 b | 8,71 b  | 36,03 a |
| Mouro 128          | 14,95 a     | 32,20 d | 30,6 b | 3,30 c | 4,20 c | 4,64 c | 4,03 b | 7,43 b  | 24,60 b |
| Fepagro Triunfo    | 25,35 a     | 44,46 b | 45,8 a | 5,21 a | 7,63 a | 7,07 a | 6,37 a | 13,53 a | 53,85 a |
| Bege Ibarama       | 25,80 a     | 46,77 b | 30,3 b | 4,36 b | 5,04 c | 4,19 c | 4,55 b | 11,16 a | 39,13 a |
| Tubiano            | 20,90 a     | 35,25 c | 26,6 b | 3,78 c | 6,20 b | 4,91 c | 4,98 b | 6,70 b  | 18,34 b |
| Macanudo           | 24,55 a     | 46,30 b | 41,7 a | 5,03 a | 6,11 b | 5,71 b | 5,60 a | 15,47 a | 61,33 a |
| Mouro Graúdo Cinza | 21,25 a     | 38,90 c | 37,6 a | 4,03 c | 4,93 c | 4,46 c | 4,40 b | 5,72 b  | 19,18 b |
| Capixaba           | 22,32 a     | 48,45 b | 36,1 a | 5,75 a | 6,33 b | 5,64 b | 5,92 a | 14,28 a | 56,92 a |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

O diâmetro do hipocótilo variou de 3,30 mm (Mouro 128, segunda safra 2017) a 7,63 mm (Fepagro Triunfo, primeira safra 2017/2018), sendo que os únicos genótipos que apresentaram maior diâmetro de hipocótilo nos três ambientes avaliados foram Vagem Roxa e Fepagro Triunfo. Já, o diâmetro do epicótilo não apresentou interação G x A significativa, cabendo destaque para os genótipos Fepagro Triunfo (6,37 mm), IPR Juriti (6,04 mm) e Vagem Roxa (5,94 mm). Segundo Moura (2011) o diâmetro do hipocótilo é indicador efetivo da arquitetura de plantas de feijão podendo subsidiar, ou até mesmo substituir, a avaliação por notas. Segundo Silva, Abreu, Ramalho (2011) o diâmetro do hipocótilo apresenta elevada associação de causa e efeito com a arquitetura de planta. Neste sentido, Moura (2011) avaliaram o diâmetro do hipocótilo e do epicótilo e observaram significativa correlação genotípica e fenotípica (>0,65) com notas de arquitetura de planta, demonstrando potencial de previsão de arquitetura ereta com base nos caracteres correlacionados.

O teste de Skott-Knott realizou a estratificação em dois grupos para o caractere número de vagens por planta, sendo os maiores valores encontrados nos genótipos Macanudo (15,47), IPR Juriti (15,18), Capixaba (14,28), Fepagro Triunfo (13,53) e Guapo Brilhante (12,91). Já, os maiores números de grãos por planta foram observados para os genótipos: Macanudo (61,33), Capixaba (56,92), IPR Juriti (55,60), Fepagro Triunfo (53,85) e Guapo Brilhante (51,29). Para o caractere número de grãos por planta (Tabela 10), o teste de Skott-Knott estratificou o germoplasma em três grupos em todos os ambientes avaliados, sendo os genótipos que apresentaram os valores mais altos: Rajado 319, Argentino, Carioca Rosa, Paraná, Guapo Brilhante, BRS Campeiro, Chumbinho, Mourinho Claro, Carioca (Vila Nova do Sul) e Fepagro Triunfo. Os resultados demonstraram o sucesso dos programas de melhoramento genético no desenvolvimento de cultivares e também expressam o potencial do uso de germoplasma local pelos melhoristas.

Tabela 10 - Comparação de médias para os caracteres: número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | NGV    |        |        | M100G   |         |         | PROD     |          |          |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
|                   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Pérola            | 3,77 b | 2,82 c | 3,90 a | 23,70 c | 29,48 c | 34,15 d | 1387,9 a | 1413,2 d | 1719,1 a |
| Amendoim          | 3,11 c | 2,86 c | 3,01 c | 37,80 b | 32,65 b | 35,15 d | 917,38 b | 1220,6 d | 983,00 b |
| Banana            | 2,61 c | 3,27 b | 3,28 b | 34,15 b | 33,00 b | 37,45 c | 480,40 b | 1654,6 c | 589,84 b |
| Vagem Roxa        | 4,41 a | 4,62 a | 4,35 a | 21,25 d | 23,65 d | 26,60 g | 1331,1 a | 2217,3 b | 1460,1 a |
| Inhoque           | 2,81 c | 3,42 b | 3,91 a | 36,10 b | 32,75 b | 29,25 f | 691,81 b | 1193,1 d | 657,17 b |
| Verde 208         | 2,75 c | 3,54 b | 3,43 b | 34,50 b | 27,93 c | 29,05 f | 565,91 b | 1222,3 d | 641,50 b |
| Rajado319         | 4,10 a | 3,75 a | 3,96 a | 16,70 e | 25,35 d | 24,80 g | 998,90 b | 2304,0 b | 1062,1 b |
| Guabiju Roxo      | 3,19 c | 2,58 c | 2,85 c | 35,45 b | 24,43 d | 38,85 c | 1058,2 a | 757,25 d | 746,33 b |
| Rio Tibagi        | 4,40 a | 4,54 a | 3,54 b | 22,15 c | 22,60 d | 29,50 f | 1388,2 a | 2544,6 b | 1438,3 a |
| Preguiçoso        | 2,46 c | 3,53 b | 3,20 b | 40,75 a | 39,08 a | 48,75 a | 460,78 b | 1551,2 c | 1077,1 b |
| Carioca Ibarama   | 3,82 b | 3,30 b | 4,05 a | 22,10 c | 25,38 d | 25,45 g | 1082,5 a | 2025,7 b | 1402,0 a |
| Azulão            | 2,89 c | 3,55 b | 3,32 b | 41,10 a | 35,83 b | 45,30 b | 671,73 b | 2118,4 b | 1100,1 b |
| BRS Estilo        | 3,46 b | 3,28 b | 3,72 a | 21,90 c | 29,33 c | 31,70 e | 1073,8 a | 2051,9 b | 1192,0 a |
| Argentino         | 4,50 a | 3,76 a | 3,75 a | 20,60 d | 26,00 d | 29,35 f | 1176,2 a | 1952,3 b | 1376,0 a |
| Trindade          | 4,01 a | 3,46 b | 3,63 a | 25,90 c | 28,15 c | 30,50 e | 1057,5 a | 2329,0 b | 1254,5 a |
| Vermelho Rajado   | 2,73 c | 2,88 c | 3,66 a | 42,15 a | 35,50 b | 35,20 d | 572,71 b | 890,34 d | 618,67 b |
| Carioca Rosa      | 4,79 a | 4,16 a | 3,98 a | 19,00 d | 25,18 d | 27,25 f | 1099,9 a | 2186,9 b | 1403,5 a |
| BRSMG Realce      | 2,84 c | 2,48 c | 3,47 b | 33,24 b | 35,55 b | 38,50 c | 680,80 b | 783,34 d | 770,34 b |
| Paraná            | 4,24 a | 3,71 a | 3,77 a | 22,90 c | 29,38 c | 29,80 f | 1343,0 a | 2266,0 b | 1453,3 a |
| Milico            | 2,67 c | 3,53 b | 3,52 b | 33,85 b | 28,70 c | 34,40 d | 643,47 b | 1722,3 c | 788,00 b |
| Cavalo Claro Iraí | 2,47 c | 2,64 c | 2,86 c | 41,25 a | 36,98 a | 34,50 d | 620,58 b | 1228,5 d | 954,50 b |
| Guapo Brilhante   | 3,43 b | 4,50 a | 3,84 a | 21,40 d | 23,30 d | 29,30 f | 1692,6 a | 2688,3 a | 1890,6 a |
| Turrialba         | 4,09 a | 4,36 a | 4,25 a | 20,20 d | 25,85 d | 24,35 g | 1112,1 a | 2763,6 a | 1452,0 a |
| IPR Uirapurú      | 3,73 b | 4,41 a | 4,45 a | 22,60 c | 24,25 d | 29,80 f | 1248,9 a | 1748,6 c | 1447,1 a |

Tabela 10 - Comparação de médias para os caracteres: número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

| Cultivares        | (conclusão) |        |        |         |         |         |          |          |          |
|-------------------|-------------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
|                   | NGV         |        |        | M100G   |         |         | PROD     |          |          |
|                   | Ano 1       | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Folgado           | 4,07 a      | 3,46 b | 4,38 a | 19,90 d | 26,15 d | 30,70 e | 984,96 b | 2830,0 a | 1585,0 a |
| Carioca           | 4,13 a      | 3,61 b | 4,19 a | 21,00 d | 28,08 c | 28,55 f | 858,03 b | 2305,4 b | 1717,0 a |
| BRS Campeiro      | 4,18 a      | 4,00 a | 3,65 a | 22,70 c | 28,60 c | 29,55 f | 1296,6 a | 3093,6 a | 1205,8 a |
| Fogo da Serra 322 | 2,62 c      | 3,05 c | 3,60 a | 40,05 a | 37,40 a | 37,55 c | 611,39 b | 1324,5 d | 635,83 b |
| Chumbinho         | 4,15 a      | 4,03 a | 3,95 a | 20,05 d | 23,95 d | 24,60 g | 1503,0 a | 2098,6 b | 1398,1 a |
| Mourinho Claro    | 4,04 a      | 3,97 a | 3,77 a | 22,50 c | 26,95 c | 30,85 e | 1307,4 a | 2909,5 a | 1754,1 a |
| Manteigão         | 2,52 c      | 3,60 b | 3,51 b | 37,40 b | 34,00 b | 34,80 d | 917,69 b | 2036,8 b | 926,67 b |
| Irai              | 2,12 c      | 2,63 c | 2,83 c | 43,55 a | 38,43 a | 34,70 d | 907,84 b | 2077,2 b | 828,00 b |
| Vagem Larga       | 4,16 a      | 4,51 a | 4,08 a | 23,95 c | 28,35 c | 29,25 f | 1286,0 a | 2381,1 b | 1451,1 a |
| Mouro             | 3,19 c      | 3,62 b | 3,72 a | 37,20 b | 34,15 b | 32,70 e | 936,08 b | 1802,8 c | 930,50 b |
| Vermelho Graúdo   | 2,51 c      | 2,41 c | 2,33 c | 47,05 f | 40,20 a | 49,75 a | 1063,5 a | 1266,0 d | 1222,8 a |
| Pintadinho 114    | 3,64 b      | 4,52 a | 4,39 a | 21,10 d | 28,23 c | 27,00 f | 875,46 b | 2596,7 a | 1509,1 a |
| Quero Quero       | 3,51 b      | 3,49 b | 3,59 a | 24,60 c | 26,78 c | 27,30 f | 1309,4 a | 3171,0 a | 1416,6 a |
| Predominante 140  | 3,84 b      | 3,09 c | 3,89 a | 23,90 c | 32,65 b | 31,05 e | 1342,0 a | 2219,0 b | 1590,3 a |
| SCS205 Riqueza    | 4,37 a      | 4,29 a | 3,39 b | 22,90 c | 31,35 b | 30,75 e | 1482,9 a | 3250,8 a | 1504,1 a |
| Rosinha           | 3,46 b      | 3,97 a | 4,03 a | 15,25 e | 23,05 d | 22,35 g | 813,34 b | 2304,3 b | 1366,3 a |
| IPR Juriti        | 3,31 c      | 3,59 b | 3,85 a | 24,30 c | 28,28 c | 30,70 e | 1341,8 a | 3298,7 a | 1927,1 a |
| Carioca (VNS)     | 4,36 a      | 3,92 a | 4,23 a | 20,75 d | 27,03 c | 29,30 f | 1278,7 a | 1806,2 c | 1117,3 b |
| Mouro128          | 2,80 c      | 3,47 b | 3,39 b | 28,90 c | 29,10 c | 32,80 e | 1000,0 b | 2008,0 b | 1356,8 a |
| Fepagro Triunfo   | 4,15 a      | 3,90 a | 3,99 a | 23,65 c | 25,40 d | 28,30 f | 1736,0 a | 2770,6 a | 1249,1 a |
| Bege Ibarama      | 3,69 b      | 3,35 b | 3,64 a | 19,15 d | 23,75 d | 24,50 g | 1544,6 a | 1795,3 c | 850,50 b |
| Tubiano           | 2,62 c      | 2,72 c | 2,79 c | 43,50 a | 40,55 a | 43,90 b | 606,80 b | 1294,0 d | 608,50 b |
| Macanudo          | 3,81 b      | 4,19 a | 3,86 a | 21,15 d | 24,70 d | 27,80 f | 1263,1 a | 2072,6 b | 1393,1 a |
| Mouro Graúdo      | 2,52 c      | 3,87 a | 2,96 c | 46,55 f | 41,33 a | 43,00 b | 928,12 b | 2320,9 b | 1261,1 a |
| Capixaba          | 4,17 a      | 4,15 a | 3,40 b | 21,10 d | 19,90 d | 38,15 c | 1223,9 a | 2106,1 b | 1732,0 a |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

Em relação a massa de 100 grãos, seguindo a classificação de Blair et al. (2010), os genótipos foram classificados nos seguintes tamanhos: pequeno (<25 g), médio (massa de 100 grãos entre 25 e 40 g) e grande (> 40 g). Neste sentido, foram classificados com grãos pequenos as variedades locais Turrialba, Chumbinho, Rosinha e Bege Ibarama e com grãos grandes as variedades locais Preguiçoso, Azulão, Vermelho Graúdo, Tubiano e Mouro Graúdo Cinza, os demais genótipos foram classificados como médios.

O teste de médias de Skott-Knott estratificou o germoplasma para produtividade de grãos em quatro grupos na segunda safra 2017 e na primeira safra 2017/2018 e em dois grupos na segunda safra 2018. Na segunda safra 2017, a maior produtividade de grãos foi observada na cultivar Fepagro Triunfo (1736,0 kg ha<sup>-1</sup>) e a menor na variedade local Banana (480,4 kg ha<sup>-1</sup>); na primeira safra 2017/2018, destacou-se a cultivar IPR Juriti (3298,7 kg ha<sup>-1</sup>) e a menor

produtividade de grãos foi constatada na variedade local Guabijú ( $757,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ); na segunda safra 2018 a maior produtividade de grãos foi expressada na cultivar IPR Juriti ( $1927,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a menor na variedade local Banana ( $599,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Os genótipos que se destacaram com os maiores valores de produtividade de grãos nos três ambientes foram IPR Juriti, Fepagro Triunfo, Guapo Brilhante, Turrialba, BRS Campeiro, Mourinho Claro, Quero Quero e SCS205 Riqueza. Cabe destacar que as cultivares Fepagro Triunfo e Guapo Brilhante proporcionaram altos valores para número de vagens por planta, número de grãos por planta e produtividade de grãos, além disso, essas cultivares apresentaram bons resultados quanto a nota geral de adaptação, sendo possível o seu cultivo visando alta produtividade de grãos e arquitetura de planta ereta.

No intuito de potencializar o conhecimento sobre o germoplasma avaliado, foram utilizadas as análises complementares. Para tanto, a análise de multicolinearidade foi executada e demonstrou presença de correlação entre os caracteres avaliados. Para a realização das análises complementares foram excluídos os caracteres mais correlacionados, analisando-os de acordo com a relevância à pesquisa, até que fosse obtida multicolinearidade considerada fraca. Isso porque na presença de multicolinearidade alta os valores dos coeficientes de correlação podem atingir valores elevados, reduzindo a confiabilidade da análise. Sendo assim, foram excluídos os caracteres diâmetro de epicótilo, número de grãos por planta e número de grãos por vagem. Com a retirada destes caracteres a colinearidade foi considerada fraca ( $NC = 79$ ). Isso possibilitou a realização das análises complementares sem a presença de valores superestimados, o que aumentou a confiabilidade dos resultados obtidos.

Os valores das correlações de Pearson (Tabela 11) possibilitam verificar as relações entre o ciclo e a altura da inserção da primeira vagem, que apresentaram correlação positiva ( $r = 0,68$ ). Correlações positivas entre estes caracteres ( $r = 0,49$ ) foram observados em variedades locais de feijão por Moraes et al. (2016). Além disso, observou-se correlação positiva e de alta magnitude ( $r = 0,81$ ) entre o ciclo e a inserção da última vagem, resultados semelhantes foram obtidos por Ribeiro et al. (2018) os quais observaram que quanto maior a duração do período reprodutivo e/ou mais alta for a inserção da última vagem, mais longo foi o ciclo das cultivares de feijão.

Tabela 11 - Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre os caracteres: ciclo, acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V), altura da inserção da última vagem (AUV), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

|        | ACA                | STG               | NG                  | PORTE               | A1V                 | AUV                 | DHIPOC             | NVP                 | M100G               | PROD               |
|--------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| CICLO  | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,42 <sup>*</sup> | -0,28 <sup>*</sup>  | -0,01 <sup>ns</sup> | 0,68 <sup>*</sup>   | 0,81 <sup>*</sup>   | 0,58 <sup>*</sup>  | 0,55 <sup>*</sup>   | -0,55 <sup>*</sup>  | 0,55 <sup>*</sup>  |
| ACA    |                    | 0,32 <sup>*</sup> | 0,68 <sup>*</sup>   | 0,81 <sup>*</sup>   | 0,35 <sup>*</sup>   | 0,29 <sup>*</sup>   | -0,30 <sup>*</sup> | 0,06 <sup>ns</sup>  | -0,22 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> |
| STG    |                    |                   | -0,12 <sup>ns</sup> | 0,27 <sup>ns</sup>  | 0,43 <sup>*</sup>   | 0,52 <sup>*</sup>   | 0,22 <sup>ns</sup> | 0,50 <sup>*</sup>   | -0,53 <sup>*</sup>  | 0,45 <sup>*</sup>  |
| NG     |                    |                   |                     | 0,65 <sup>*</sup>   | -0,03 <sup>ns</sup> | -0,27 <sup>ns</sup> | -0,61 <sup>*</sup> | -0,49 <sup>*</sup>  | 0,24 <sup>ns</sup>  | -0,56 <sup>*</sup> |
| PORTE  |                    |                   |                     |                     | 0,37 <sup>*</sup>   | 0,27 <sup>ns</sup>  | -0,40 <sup>*</sup> | -0,09 <sup>ns</sup> | -0,18 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> |
| A1V    |                    |                   |                     |                     |                     | 0,82 <sup>*</sup>   | 0,23 <sup>ns</sup> | 0,29 <sup>*</sup>   | -0,52 <sup>*</sup>  | 0,44 <sup>*</sup>  |
| AUV    |                    |                   |                     |                     |                     |                     | 0,45 <sup>*</sup>  | 0,61 <sup>*</sup>   | -0,70 <sup>*</sup>  | 0,74 <sup>*</sup>  |
| DHIPOC |                    |                   |                     |                     |                     |                     |                    | 0,64 <sup>*</sup>   | -0,25 <sup>ns</sup> | 0,48 <sup>*</sup>  |
| NVP    |                    |                   |                     |                     |                     |                     |                    |                     | -0,67 <sup>*</sup>  | 0,74 <sup>*</sup>  |
| M100G  |                    |                   |                     |                     |                     |                     |                    |                     |                     | -0,64 <sup>*</sup> |

\*: Significativo a 5% pelo teste t. <sup>ns</sup>: Não significativo.

A presença de associações entre estes caracteres permite avanços genéticos através da seleção indireta com base no caractere correlacionado. Sendo assim, é possível selecionar plantas com maior altura de inserção da primeira e da última vagem ao selecionar genótipos com maior número de dias da emergência até a maturação (R9) (ciclo). Este fato é reforçado pela presença de correlação fenotípica de alta magnitude entre a altura de inserção da primeira vagem e altura da inserção da última vagem ( $r = 0,82$ ).

As correlações entre os caracteres da arquitetura de plantas foram positivas e de alta magnitude para acamamento e porte ( $r = 0,81$ ) e positiva de intermediária magnitude entre acamamento e nota geral de adaptação ( $r = 0,68$ ), entre nota geral de adaptação e porte ( $r = 0,65$ ) e negativa de intermediária magnitude entre nota geral de adaptação e diâmetro do hipocótilo ( $r = -0,61$ ). O fato destes caracteres estarem correlacionados ampliam as chances de êxito na seleção de plantas com melhor arquitetura que facilitem a colheita mecanizada e reduzam a incidência de doenças por evitar o contato das vagens ao solo.

A produtividade de grãos apresentou correlação positiva e de média magnitude com o ciclo ( $r = 0,55$ ), resultado semelhante foi obtido por Moura et al. (2013), contudo, os resultados diferem dos encontrados por Cabral et al. (2011) e Morais et al. (2016) os quais observaram correlação negativa entre ciclo e produtividade de grãos ( $r = -0,38$  e  $-0,22$ , respectivamente).

As divergências entre os valores provavelmente são oriundos dos efeitos de ambiente sobre os caracteres vinculados a produtividade de grãos. Correlações positivas foram observadas entre o número de vagens por planta e a produtividade de grãos ( $r = 0,74$ ) e entre a produtividade de grãos e altura de inserção da última vagem ( $r = 0,74$ ), resultados semelhantes ( $r = 0,75$ ) foram identificados por Cabral et al. (2011) entre o número de vagens por planta e a produtividade de grãos. As correlações entre a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos mostraram-se negativas ( $r = -0,64$ ), os resultados diferem dos obtidos por outras pesquisas que encontraram valores positivos para esta correlação (SANTOS; RIBEIRO; MAZIERO, 2016; RIBEIRO et al., 2018). Correlações entre caracteres quantitativos, e influenciados pelo efeito de ambiente, como a produtividade de grãos, facilitam a seleção e a obtenção de genótipos mais produtivos (TORGA et al., 2010).

As correlações observadas permitem inferir que é possível aumentar a produtividade de grãos através da seleção de plantas com maior ciclo, maior altura inserção de última vagem e maior número de vagens por planta. Plantas com maior ciclo podem ser uma opção de cultivo para agricultores que utilizem baixa tecnologia, uma vez que seu período reprodutivo apresenta maior número de dias e por consequência ficam menos vulneráveis as intempéries climáticas, como por exemplo excesso de chuva no período de floração. Contudo, a tendência de desenvolvimento de plantas de ciclo precoce, proporciona uma melhor otimização do uso da terra e possibilita dentre outros manejos, a rotação de culturas. Já, a correlação com a massa de 100 grãos foi negativa e de média magnitude, provavelmente resultado do efeito compensatório dos componentes principais da produtividade de grãos. A massa de 100 grãos esta associada ao rendimento de panela, e a tendência do mercado consumidor é a preferência por cultivares com massa de 100 grãos entre 25 e 30 gramas (CARBONELL et al., 2010).

A contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética foi avaliada (Tabela 12). O caractere massa de 100 grãos foi o que mais contribuiu para a dissimilaridade genética (53,84%), seguido pelos caracteres ciclo (12,35%), diâmetro do hipocótilo (8,19%) e produtividade de grãos (7,14%). Correa e Gonçalves (2012) encontraram resultados semelhantes na participação da massa de 100 grãos (65,83%) pelo método de Singh (1981), mostrando a importância da seleção com base na massa de 100 grãos. Carvalho et al. (2016) encontraram efeitos similares em feijão para o caractere ciclo (16,52%) pela metodologia de Singh (1981). Já, os caracteres produtividade de grãos e número de vagens por planta mesmo não sendo os que mais contribuíram para a divergência genética, não devem ser descartados pelo fato de serem importantes para o desempenho agrônômico esperado pelos melhoristas.

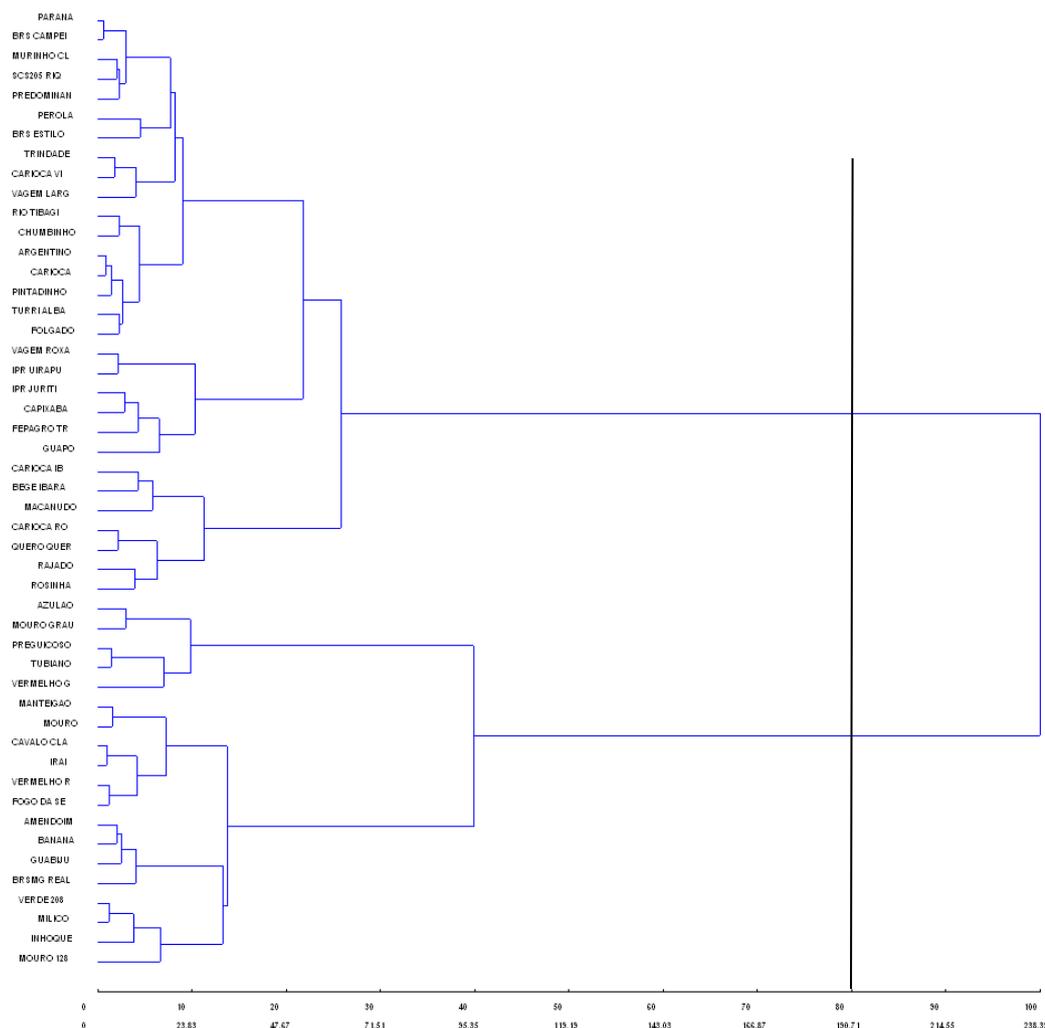
Tabela 12. Contribuição relativa dos caracteres: ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>), para a divergência – SINGH (1981) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

| VARIÁVEL | S.j      | VALOR em % |
|----------|----------|------------|
| CICLO    | 7137,17  | 12,35      |
| ACA      | 1046,59  | 1,81       |
| STG      | 592,70   | 1,03       |
| NG       | 1661,44  | 2,88       |
| PORTE    | 960,13   | 1,66       |
| A1V      | 1688,71  | 2,92       |
| AUV      | 3090,96  | 5,35       |
| DHIPOC   | 4729,84  | 8,19       |
| NVP      | 1633,90  | 2,83       |
| M100G    | 31104,18 | 53,84      |
| PROD     | 4127,26  | 7,14       |

S.j.: contribuição relativa.

No melhoramento genético, o uso de estratégias que auxiliem o melhorista na determinação das hibridizações dirigidas são fundamentais. Neste sentido, o uso de métodos de agrupamento permite a redução do tempo necessário às hibridizações e a mão-de-obra dedicada a execução. Sendo assim, foi utilizado o método de agrupamento do vizinho mais distante o qual realizou a estratificação em dois grupos com 80% de proximidade (Figura 14).

Figura 14 - Dendograma representativo da dissimilaridade genética de 49 genótipos de feijão semeados em três épocas de cultivo em Santa Maria – RS, obtidos pela técnica de agrupamento da ligação completo – vizinho mais distante.



O coeficiente de correlação cofenética foi de 0,77, o que segundo Cruz, Carneiro (2003) é adequado por ser próximo à unidade, indicando consistência do padrão de agrupamento. A escolha deste método foi realizada por este ter apresentado o maior valor de coeficiente de correlação cofenética entre os métodos hierárquicos analisados. O grupo 1 foi composto pelos genótipos de maior massa de 100 grãos: Azulão, Mouro Graúdo Cinza, Preguiçoso, Tubiano, Vermelho Graúdo, Manteigão, Mouro, Cavalito Claro Iraí, Iraí, Vermelho Rajado, Fogo da Serra 322, Amendoim Comprido, Banana, Guabiju Roxo, BRS MG Realce, Verde 208, Milico, Inhoque e Mouro 128. Os demais genótipos foram agrupados no grupo 2, principalmente por apresentarem massa de 100 grãos inferior aos do grupo 1. Neste sentido, recomenda-se hibridizações entre os diferentes grupos com o objetivo de maximizar a heterose e ampliar as possibilidades de ocorrência de segregantes promissores em gerações avançadas.

A principal característica que originou a formação dos grupos 1 e 2 pelo método do vizinho mais distante foi a massa de 100 grãos (tabela 11). Neste sentido, o grupo 1 foi formado pelos genótipos com maior massa de 100 grãos, enquanto que o grupo 2 demonstrou a presença

dos genótipos com menores valores de massa de 100 grãos. A presença de apenas duas cultivares comerciais no grupo 1 (BRS MG Realce e Iraí), mostra uma intenção dos programas de melhoramento genético em desenvolver cultivares com maior número de grãos por vagem e menor massa de 100 grãos, seguindo uma tendência do mercado em preferencialmente consumir cultivares com massa de 100 grãos variando de 25 a 30 g (CARBONELL et al., 2010).

Resultados semelhantes foram observados para similaridade genética de caracteres agronômicos por Nemli, Kianoosh e Tanyolac (2015) os quais avaliaram 67 acessos na Turquia com base em marcadores de DNA, os resultados possibilitaram agrupar os genótipos avaliados em quatro grupos formados principalmente pela origem geográfica dos genótipos avaliados, com base na massa de 100 grãos. Khaidizar et al. (2012) avaliaram 38 variedades locais e cultivares de feijão com o uso de marcadores de DNA e com o uso do agrupamento pelo método UPGMA observaram a formação de um grupo com a maioria das cultivares, semelhante ao observado nesta pesquisa, com base na massa de 100 grãos, os autores acreditam que o resultado seja devido a estreita base genética presente nas cultivares comerciais e aos centros de origem.

O uso de variáveis canônicas ou componentes principais não foi possível, pois não se atingiu 80% de variação nas duas primeiras variáveis canônicas e nos dois primeiros componentes principais. Sendo assim, procedeu-se com a análise de agrupamento com base na distância generalizada de Mahalanobis pelo método de Tocher, proporcionou a divisão do germoplasma em 12 grupos diferentes (Tabela 13). O grupo 1 formado pelos genótipos Paraná, BRS Campeiro, SCS 205 Riqueza, Mourinho Claro, Predominante 140, Folgado, Argentino, Pintadinho 114, Carioca, Rio Tibagi, Turrialba, Chumbinho, BRS Estilo, IPR Uirapurú, Trindade, Vagem Larga e Capixaba, caracterizou-se por apresentar alta produtividade de grãos (1707,23 kg ha<sup>-1</sup>).

Tabela 13 - Agrupamento de 49 genótipos de feijão avaliados em três épocas de cultivo no município de Santa Maria, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis considerando as médias obtidas para os caracteres em cada grupo formado.

(continua)

| Grupo | Cultivares   |
|-------|--|
| 1     | Paraná, BRS Campeiro, SCS 205 Riqueza, Mourinho Claro, Predominante 140, Folgado, Argentino, Pintadinho 114, Carioca, Rio Tibagi, Turrialba, Chumbinho, BRS Estilo, IPR Uirapurú, Trindade, Vagem Larga e Capixaba |
| 2     | Cavalo Claro Iraí, Iraí, Vermelho Rajado, Fogo da Serra 322, Azulão, Mouro, Banana, Amendoim Comprido e Manteigão  |
| 3     | Verde 208, Milico, Inhoque e Mouro 128   |
| 4     | Preguiçoso e Tubiano   |
| 5     | Carioca Rosa, Quero Quero e Carioca (Vila Nova do Sul)   |

Tabela 13 - Agrupamento de 49 genótipos de feijão avaliados em três épocas de cultivo no município de Santa Maria, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis considerando as médias obtidas para os caracteres em cada grupo formado.

(conclusão)

| Grupo | Cultivares  |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
|-------|---|------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|
| 6     | Rajado 319, Rosinha, Carioca Ibarama e Bege Ibarama |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
| 7     | Vagem Roxa, Fepagro Triunfo e Guapo Brilhante       |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
| 8     | Guabiju Roxo e BRSMG Realce                         |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
| 9     | IPR Juriti e Macanudo                               |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
| 10    | Pérola  |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
| 11    | Mouro Graúdo Cinza                                  |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
| 12    | Vermelho Graúdo                                     |      |      |      |       |       |       |        |       |       |         |
| Grupo | CICLO   | ACA  | STG  | NG   | PORTE | A1V   | AUV   | DHIPOC | NVP   | M100G | PROD    |
| 1     | 98,10   | 6,31 | 3,59 | 6,29 | 5,81  | 16,73 | 39,63 | 5,33   | 10,96 | 26,29 | 1707,23 |
| 2     | 84,09   | 5,93 | 3,06 | 6,91 | 5,80  | 13,27 | 27,26 | 4,61   | 7,74  | 37,03 | 1057,67 |
| 3     | 81,75   | 6,25 | 3,00 | 7,33 | 5,75  | 11,46 | 24,08 | 4,34   | 6,75  | 31,44 | 1040,88 |
| 4     | 94,42   | 6,25 | 3,00 | 7,08 | 5,42  | 13,10 | 29,41 | 5,05   | 7,17  | 42,75 | 933,08  |
| 5     | 99,89   | 7,33 | 3,89 | 7,39 | 6,50  | 19,51 | 43,33 | 4,72   | 10,57 | 25,24 | 1643,31 |
| 6     | 90,46   | 6,71 | 3,63 | 6,71 | 6,13  | 16,43 | 35,50 | 4,45   | 10,73 | 22,32 | 1462,49 |
| 7     | 97,11   | 4,39 | 3,56 | 5,11 | 4,56  | 14,14 | 37,08 | 6,10   | 12,41 | 24,76 | 1892,91 |
| 8     | 92,50   | 6,42 | 3,42 | 7,33 | 5,92  | 15,49 | 30,78 | 5,07   | 7,34  | 34,34 | 799,38  |
| 9     | 93,25   | 6,92 | 3,50 | 6,42 | 6,17  | 13,85 | 38,87 | 5,85   | 15,32 | 26,15 | 1882,78 |
| 10    | 103,00  | 6,00 | 2,83 | 6,50 | 6,00  | 17,36 | 43,10 | 5,25   | 8,50  | 29,11 | 1506,79 |
| 11    | 83,33   | 6,00 | 3,33 | 6,17 | 6,00  | 15,34 | 32,60 | 4,47   | 5,72  | 43,63 | 1503,40 |
| 12    | 89,83   | 5,00 | 2,50 | 5,83 | 4,67  | 12,54 | 25,02 | 5,64   | 9,10  | 45,67 | 1184,14 |

O grupo 2 caracterizou-se por apresentar os maiores valores para a massa de 100 grãos tendo em média 37,03 g. Resultados semelhantes foram encontrados por Correa e Gonçalves (2012), que observaram que a massa de 100 grãos foi o caractere que apresentou maior contribuição para a dissimilaridade genética no germoplasma de feijão avaliado. Já no grupo 3, observou-se o agrupamento dos genótipos de feijão com menor ciclo (Apêndice 2). Cabe destacar a formação do grupo 7, com a presença dos genótipos: Vagem Roxa, Fepagro Triunfo e Guapo Brilhante e do grupo 9 composto por IPR Juriti e Macanudo os quais apresentaram as maiores produtividades médias (Apêndice 2), além disso o grupo 7 apresentou as melhores notas para os caracteres vinculados a arquitetura de planta (NG = 5,11; ACA = 4,39 e PORTE = 4,56), demonstrando potencial para uso nos programas de melhoramento genético que visem plantas de elevada produtividade de grãos e arquitetura ereta.

No sentido de avaliar possíveis genitores para a utilização nos programas de melhoramento genético, a dissimilaridade genética existente entre os grupos deve ser considerada visando a obtenção de maior heterose. Contudo, caracteres de interesse agrônomico como arquitetura de planta e a produtividade de grãos devem ser considerados. Na avaliação dos agrupamentos propostos, as características de arquitetura de planta (nota geral de adaptação,

acamamento e porte) e os maiores valores de produtividades de grãos observadas no grupo 7, demonstram potencial uso em hibridizações dos genótipos Vagem Roxa, Fepagro Triunfo e Guapo Brilhante. Além destes, destaca-se por apresentarem alta produtividades de grãos, os genótipos do grupo 9: IPR Juriti e Macanudo. Com base nos métodos de agrupamento, recomenda-se as seguintes hibridizações para compor blocos de cruzamento: Vagem Roxa x IPR Juriti, Vagem Roxa x Macanudo, Fepagro Triunfo x IPR Juriti, Fepagro Triunfo x Macanudo, Guapo Brilhante x IPR Juriti e Guapo Brilhante x Macanudo.

Os métodos de agrupamento formaram grupos distintos, sendo dois grupos no método do vizinho mais distante e 12 grupos no método de Tocher. Além disso, o método de Tocher apresentou maior número de informações, facilitando visualmente a definição das possíveis hibridizações dirigidas com base nos caracteres estudados.

No intuito de compreender a herdabilidade existente para os caracteres, e as possibilidades de ganho de seleção, realizou-se a análise do índice de seleção. Neste sentido, foram observadas as maiores estimativas de herdabilidade para os caracteres: massa de 100 grãos ( $h^2 = 98,60$ ) ciclo ( $h^2 = 93,78\%$ ), altura da inserção da última vagem ( $h^2 = 91,61\%$ ) e produtividade de grãos ( $h^2 = 89,52\%$ ) (Tabela 14). Estimativas altas de herdabilidade estão associadas a predominância da variância genética (RIBEIRO, MEZZOMO, SANTOS, 2019).

Tabela 14 - Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original ( $X_o$ ), média da população selecionada ( $X_s$ ), herdabilidade ( $h^2$ , %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para os caracteres ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, inserção da primeira vagem (A1V, cm), inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD,  $kg\ ha^{-1}$ ) e as cultivares selecionadas com base no índice de soma de *ranks*.

(continua)

| Caractere | Sentido da seleção | $X_o$ | $X_s$ | $h^2$ % | GS    | GS %   |
|-----------|--------------------|-------|-------|---------|-------|--------|
| CICLO     | Superior           | 92,67 | 95,73 | 93,78   | 2,87  | 3,10   |
| ACA       | Inferior           | 6,20  | 5,00  | 76,19   | -0,91 | -14,75 |
| STG       | Inferior           | 3,38  | 3,43  | 31,85   | 0,02  | 0,46   |
| NG        | Inferior           | 6,59  | 5,40  | 78,21   | -0,93 | -14,14 |
| PORTE     | Inferior           | 5,78  | 4,97  | 62,74   | -0,51 | -8,85  |
| A1V       | Superior           | 15,19 | 14,61 | 87,47   | -0,50 | -3,32  |
| AUV       | Superior           | 34,64 | 38,21 | 91,61   | 3,27  | 9,43   |
| DHIPOC    | Superior           | 5,04  | 5,91  | 88,26   | 0,77  | 15,33  |
| NVP       | Superior           | 9,75  | 12,65 | 85,04   | 2,46  | 25,27  |
| M100G     | Superior           | 30,00 | 25,80 | 98,60   | -4,14 | -13,82 |

Tabela 14 - Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original ( $X_o$ ), média da população selecionada ( $X_s$ ), herdabilidade ( $h^2$ , %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para os caracteres ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, inserção da primeira vagem (A1V, cm), inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) e as cultivares selecionadas com base no índice de soma de *ranks*.

(conclusão)

| Caractere | Sentido da seleção | $X_o$   | $X_s$   | $h^2$ % | GS     | GS %  |
|-----------|--------------------|---------|---------|---------|--------|-------|
| PROD      | Superior           | 1440,59 | 1946,67 | 89,52   | 453,05 | 31,45 |
| GANHO     |                    |         |         |         | 445,43 | 30,16 |

| Cultivares selecionadas |       |      |      |      |       |       |
|-------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|
| Cultivar                | CICLO | ACA  | STG  | NG   | PORTE | A1V   |
| Fepagro Triunfo         | 95,50 | 5,50 | 3,50 | 5,05 | 5,17  | 14,72 |
| IPR Juriti              | 93,50 | 6,30 | 3,17 | 6,17 | 6,00  | 13,62 |
| Guapo Brilhante         | 97,17 | 4,00 | 3,67 | 4,67 | 3,83  | 12,89 |
| BRS Campeiro            | 93,83 | 5,50 | 3,33 | 5,50 | 5,17  | 17,04 |
| Vagem Roxa              | 98,67 | 3,67 | 3,50 | 5,17 | 4,67  | 14,82 |

|                 | AUV   | DHIPOC | NVP   | M100G | PROD    |
|-----------------|-------|--------|-------|-------|---------|
| Fepagro Triunfo | 38,55 | 6,63   | 13,53 | 25,78 | 1918,62 |
| IPR Juriti      | 40,22 | 6,09   | 15,18 | 27,76 | 2189,25 |
| Guapo Brilhante | 33,33 | 5,64   | 12,91 | 24,67 | 2090,54 |
| BRS Campeiro    | 39,56 | 5,20   | 10,84 | 26,95 | 1865,38 |
| Vagem Roxa      | 39,38 | 6,03   | 10,78 | 28,83 | 1669,57 |

Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro et al. (2018) para massa de 100 grãos ( $h^2 = 88,49$ ), ciclo ( $h^2 = 88,90\%$ ) e produtividade de grãos ( $h^2 = 94,93\%$ ), já para altura da inserção da primeira vagem, os valores encontrados foram baixos ( $h^2 = 12,38\%$ ). A herdabilidade apresentou estimativas diferentes para produtividade de grãos nos diferentes grupos comerciais (carioca e preto) estudados por Santos et al. (2018), o qual observaram alta herdabilidade para feijão preto e baixa herdabilidade para feijão carioca. A presença de valores de herdabilidade altos indica significativa contribuição genética na expressão do fenótipo dos genótipos avaliados. Neste sentido, quanto maior a herdabilidade amplia-se a possibilidade de sucesso na seleção de determinado caractere.

O ganho total de seleção no presente estudo foi de 32,34%. Em relação aos caracteres de arquitetura de planta: acamamento, porte e nota geral de adaptação, observaram-se ganhos de seleção negativos (-12,68%, -8,86% e -13,33%, respectivamente). Resultados negativos para

estes caracteres são benéficos, pois demonstram que a média dos genótipos selecionados tiveram menores notas para os caracteres de arquitetura de planta. Neste sentido, a seleção para estas características dentro do germoplasma avaliado, demonstra-se promissora.

Em relação a massa de 100 grãos, foram estimados ganhos negativos (-13,81%), mostrando que as variedades selecionadas apresentaram grãos menores do que a média das variedades avaliadas. Os resultados diferem da pesquisa realizada por Ribeiro et al. (2018) no qual observaram ganhos de seleção positivos (6,11%) para a massa de 100 grãos. As diferenças observadas podem estar relacionadas a diversidade genética presente no germoplasma local que apresentou um significativo número de genótipos com maior massa de 100 grãos. Na pesquisa realizada por Ribeiro et al. (2018), foram utilizados genótipos já em processo de melhoramento genético, sendo todos de origem mesoamericana.

O ciclo (3,10%), a altura de inserção da última vagem (9,43%), o diâmetro de hipocótilo (15,33%), o número de vagens por planta (25,27%) e a produtividade de grãos apresentaram ganhos de seleção positivos (31,45%), demonstrando uma oportunidade para a seleção de genitores com base no banco de germoplasma avaliado. Resultados semelhantes em feijão foram observados por Sharma et al. (2019), que obtiveram ganhos de seleção para número de vagens por planta e produtividade de grãos de 40,84% e 65,02%, respectivamente. Ribeiro et al. (2018) apresentaram resultados positivos em ganho de seleção para número de vagens por planta (7,36%) e produtividade de grãos (4,93%) em feijão. Ganho de seleção positivo obtido pelo índice de seleção clássico para produtividade de grãos (6,41%) também foram observados por Maziero, Ribeiro e Storck (2015) em 160 linhagens de feijão  $F_{6,8}$  e nove parentais.

O uso do índice de soma de *ranks* possibilitou a seleção simultânea para os caracteres avaliados, das cinco cultivares de feijão superiores para os caracteres agronômicos: Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro e Vagem Roxa (Tabela 14).

A estratégia de utilização de índices de seleção tem possibilitado êxito para a seleção simultânea de genótipos de feijão com arquitetura, produtividade de grãos e qualidade nutricional interessantes aos programas de melhoramento genético (MAZIERO, RIBEIRO, STORCK (2015). Jost et al. (2013) realizaram a seleção simultânea com o uso dos índices de seleção clássico, básico e multiplicativo com o intuito de identificar linhagens de feijão de arquitetura ereta, alta produtividade de grãos e qualidade nutricional; como resultado observaram alta coincidência nos genótipos selecionados pelos métodos. Neste sentido, Bertoldo, et al. (2010) com o uso de índice de seleção clássico conseguiram selecionar variedades locais para os caracteres ciclo, diâmetro do caule, altura de planta, altura de inserção

de primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e comprimento da vagem.

O uso da seleção simultânea pode proporcionar ganhos genéticos consideráveis aos programas de melhoramento genético. Os genótipos selecionados permitem mostrar a eficácia dos programas de melhoramento genético no desenvolvimento de cultivares de feijão, uma vez que, 80% das variedades selecionadas (Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante e BRS Campeiro) são oriundas dos programas de melhoramento genético. Entretanto, a presença da variedade local Vagem Roxa entre as selecionadas, possibilita afirmar que o germoplasma local apresenta potencial para uso nos programas de melhoramento genético.

No intuito de promover a indicação de possíveis combinações para compor blocos de cruzamento, e para tanto, considerando a análise do método de agrupamento de Tocher considerando os grupos 7 e 9 que são compostos pelos genótipos com maior produtividade de grãos (grupos 7 e 9) e pelos genótipos com melhores notas para arquitetura de planta (grupo 7) e considerando o resultado dos índices de seleção, observa-se concordância na maioria dos genótipos selecionados. A única divergência foi a seleção da cultivar Macanudo no método de Tocher e da cultivar BRS Campeiro no índice de seleção multiplicativo. Neste sentido, ambos os métodos são convergentes para os genótipos: Vagem Roxa, Fepagro Triunfo, Guapo Brilhante e IPR Juriti. Sendo assim, são recomendadas hibridizações dirigidas entre os genótipos Fepagro Triunfo x IPR Juriti, Guapo Brilhante x IPR Juriti e Vagem Roxa x IPR Juriti.

### 3.4 Conclusões

Variabilidade genética é observada para todos os caracteres agronômicos avaliados em variedades locais e cultivares de feijão.

A seleção indireta para produtividade de grãos pode ser realizada pela seleção de plantas com maior altura de inserção de última vagem e maior número de vagens por planta.

O método de agrupamento do vizinho mais próximo realiza a formação de dois grupos com 80% de proximidade genética, enquanto que o método de Tocher forma 12 grupos, mostrando divergência entre os métodos utilizados.

O índice de soma de *ranks* seleciona as cultivares comerciais Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro e a variedade local Vagem Roxa, mostrando serem promissoras para uso nos programas de melhoramento genético que visem maior ciclo, plantas eretas e maior produtividade de grãos.

Com base nos métodos de agrupamento e no índice de soma de *ranks*, são recomendadas hibridizações dirigidas entre os genótipos Fepagro Triunfo x IPR Juriti, Guapo Brilhante x IPR Juriti e Vagem Roxa x IPR Juriti.

### 3.5 Referências

- ANTUNES, I. F.; SILVEIRA, E. P. Feijão: **manual de campo**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 1993, 7 p.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.
- BERTOLDO, J. G. et al. Genetic gain in agronomic traits of common bean in the region of Planalto Catarinense. **Euphytica**, Wageningen, v. 171, 381–388, 2010.
- BARETTA, D. et al. Dissimilaridade genética de oito genitores de trigo estimados em dois ambientes. **V Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Dourados, p. 1-4, 2011.
- BARILI, L. D. et al. Componentes do rendimento em acessos de feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 9, n. 2, p. 125-133, 2010.
- BARILI, L. D. et al. Adaptabilidade e estabilidade e a produtividade de grãos em cultivares de feijão preto recomendadas no Brasil nas últimas cinco décadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n. 11, p.1980-1986, 2015.
- BLAIR, M. W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical and Applied Genetic**, v. 121, n.2, p. 237-248, 2010.
- CABRAL, P. D. S. et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 132-138, 2011.
- CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.
- CARMO, S. L. M. et al. Avaliação do *stay green* em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31 n. 4, p. 953-957, 2007.
- CARVALHO, I. R. et al. Multivariate analysis applied to genotype distinction in common bean. **Internacional Journal of Current Research**, v. 8, n. 9, p. 38352–38358, 2016.
- CIAT. Centro Internacional De Agricultura Tropical. **Standard system for the evaluation of bean germplasm**. Cali, 1987, 54p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

COCHRAN, W. G. Methods for strengthening the common  $\chi^2$  tests. **Biometrics**, v. 10, p. 417-451, 1954.

COELHO, C. M. M. et al. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Lages, v. 32, n. 3, p. 097-105, 2010a.

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

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

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária**. v. 6, safra 2018/2019. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>>. Acesso em: 03 dez. 2019.

CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Genetic divergence in common bean genotypes grown in the State of Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, 206-212. 2012.

CRUZ C. D., REGAZZI A. J., CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, Editora UFV. 585p. 2004.

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

CTSBF. Comissão Técnica Sul Brasileira de Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira 2012**. 157 p. EPAGRI, Florianópolis, Brasil, 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **O que é agricultura familiar**. 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/454156/>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

GONÇALVES, D. L. et al. Divergência genética de acessos tradicionais de feijoeiros através de características da semente. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, n. 6, p. 1671-1681, 2014.

JOST, E. et al. Comparison among direct, indirect and index selections on agronomic traits and nutritional quality traits in common bean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 5, p. 1097-1104, 2013.

LIMA, M. S. D. et al. Characterization of genetic variability among common bean genotypes by morphological descriptors. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, 12, v. 1, 76-84. 2012.

KHAIDIZAR, M. I. et al. Genetic diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces grown in northeast Anatolia of Turkey assessed with simple sequence repeat markers. **Turkish Journal of Field Crops**, v. 17, n. 2, p. 145-150, 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano nacional para o desenvolvimento da cadeia produtiva do feijão e Pulses**. Brasília-DF, 2018. 20 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/feijao/2018/4a-re/minuta-pndcpfp-indicacao-contribuicoes-versao-02-02-2018.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

MAMBRIN, R. B. **Seleção de linhagens de feijão de alto desempenho agrônomo, nutricional, tecnológico e com qualidade de sementes**. 2013, 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MAZIERO, S. M.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L. Simultaneous selection in beans for architecture, grain yield and minerals concentration. **Euphytica**, Wageningen, v. 205, n. 2, p. 369-380, 2015.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1312-1318, 2009.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504p.

MORAIS, N. M. et al. Selection of common bean land cultivars based on agronomic performance, cooking time, and mineral concentration. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1255-1266, 2016.

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

NEMLI, S; KIANOOSH, S; TANYOLAC, M. B. Genetic diversity and population structure of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) accessions through retrotransposon-based interprimer binding sites (iPBSs) markers. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, n. 6, p. 940-948, 2015.

PEREIRA, H. S. et al. Interação entre genótipos de feijoeiro e ambientes no Estado de Pernambuco: estabilidade, estratificação ambiental e decomposição da interação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2603-2614, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 2000. 479p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. Experimentação em genética e melhoramento de plantas. Lavras: UFLA, p. 87-134, 2000.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. (2015) **Obtenção de Cultivares**. In: CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BOREM, A. (ed.). Feijão: do plantio a colheita. UFV, Viçosa, 384p.

RIBEIRO, N. D. et al. Critério de seleção indireta para a produtividade de grãos em feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 986-989, 2010.

RIBEIRO, N. D. et al. Combined selection for grain yield, cooking quality and minerals in the common bean. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 869-877, 2013.

RIBEIRO, N. D. et al. Desempenho agronômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão do grupo especiais. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 92-100, 2014a.

RIBEIRO N. D. et al. Evaluation of special grains bean lines for grain yield, cooking time and mineral concentration. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, p. 15-22. 2014b.

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

RIBEIRO, N. D.; MEZZOMO, H. C.; SANTOS, G. G. dos. Genetic parameters and combined selection for seed coat color and macrominerals in Mesoamerican common bean lines. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. 1-14, 2019.

SANTOS, G. G. D., RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M. Evaluation of common bean morphological traits identifies grain thickness directly correlated with cooking time. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 35-42, 2016.

SANTOS, P. R. D., et al. Simultaneous selection for yield, stability, and adaptability of carioca and black beans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 6, p. 736-745, 2018.

SILVA, G. A. P.; et al. Análise da adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, p. 59-65, 2013.

SILVA, C. A.; ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.

SHARMA, S. et al. Variability, correlation and association studies for seed yield and component traits in common bean genotypes under North Western Himalayas. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 4, p. 1647-1651, 2019.

STECKLING, S. D. M. et al. Genetic diversity and selection of common bean lines based on technological quality and biofortification. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, 2017.

TORGA, P. P. et al. Seleção de famílias de feijoeiro baseada na produtividade, no tipo de grãos e informações de QTLs. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 95-100, 2010.

VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: UFV, 1967.

ZILIO, M. et al. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 429-438, 2011.

ZILIO, M. et al. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 21-30, 2013.

## 4 CAPÍTULO 3

### **Divergência genética e seleção para caracteres tecnológicos e concentração de minerais em variedades locais e cultivares de feijão e potencial de utilização nos programas de melhoramento genético**

**Resumo** - O conhecimento do germoplasma disponível e das características que conferem qualidade tecnológica e nutricional é importante para a comercialização dos grãos e benefícios à saúde do consumidor. O objetivo desta pesquisa foi analisar a variabilidade genética de variedades locais e cultivares de feijão para os caracteres: massa de 100 grãos, comprimento, largura e espessura de grãos, cor “L”,  $a^*$  e  $b^*$ , número de grãos normais, absorção de água, tempo de cozimento e concentração de fósforo, magnésio, ferro, zinco e cobre; estudar as correlações entre os caracteres; analisar a divergência genética; e selecionar genótipos superiores para esses caracteres. Para tanto, foram avaliados 49 genótipos de feijão, sendo 37 variedades locais e 12 cultivares desenvolvidas pela pesquisa, durante o período de primeira safra (2017/18) e de segunda safra (2017 e 2018) em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Interação genótipo x ambiente significativa foi observada para todos os caracteres, indicando que existe variabilidade genética. Correlação fenotípica positiva de alta magnitude foi observada entre os caracteres massa de 100 grãos e comprimento dos grãos. Os métodos de agrupamento das variáveis canônicas e do vizinho mais próximo formaram grupos semelhantes com base na cor “L” e cor  $a^*$ . O índice multiplicativo selecionou os genótipos de tegumento claro: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Trindade e Pérola; e os genótipos de tegumento escuro: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa e Paraná para os caracteres avaliados.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Interação genótipo x ambiente. Análise de correlação. Análise de agrupamento. Índice de seleção.

## **Genetic divergence and selection for technological traits and mineral concentration in common bean local varieties and cultivars and potential use in breeding programs**

**Abstract** - Knowledge of the germplasm available and the characteristics that provide technological and nutritional quality is important for the commercialization of grains and benefits to the consumer's health. The objective of this research was to analyze the genetic variability of common bean local varieties and cultivars for the characters: mass of 100 grains, length, width and thickness of grains, color "L", a \* and b \*, number of normal grains, absorption of water, cooking time and concentration of phosphorus, magnesium, iron, zinc and copper; study the correlations between the characters; analyze genetic divergence; and select superior genotypes for those characters. To this end, 49 bean genotypes were evaluated, 37 local varieties and 12 cultivars developed by the research, during the first harvest (2017/18) and second harvest (2017 and 2018) in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. Significant genotype x environment interaction was observed for all characters, indicating that there is genetic variability. Positive phenotypic correlation of high magnitude was observed between the characters mass of 100 grains and length of grains. The methods of grouping the canonical variables and the nearest neighbor formed similar groups based on the color "L" and color a \*. The multiplicative index selected the light coat genotypes: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Trindade and Pérola; and the dark tegument genotypes: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa and Paraná for the evaluated characters.

**Keywords:** Phaseolus vulgaris. Genotype x environment interaction. Correlation analysis. Cluster analysis. Selection index.

## 4.1 Introdução

O conhecimento da variabilidade genética presente no germoplasma de feijão é uma estratégia promissora para os programas de melhoramento genético. A disponibilidade de genótipos com características de interesse, pode auxiliar na busca por novos alelos (BARILI et al., 2010), auxiliando na definição de cruzamentos artificiais e na incorporação de genes de germoplasma exótico (BARETTA et al., 2011).

A agricultura familiar é responsável por 70% da produção do feijão, demonstrando importante papel no abastecimento do mercado interno brasileiro (FAO, 2016). O conhecimento das variedades locais de feijão disponíveis quanto as características tecnológicas, nutricionais e sensoriais, ampliará as possibilidades de sucesso aos programas de melhoramento genético, além de estimular a conservação dos recursos genéticos, aumentando as possibilidades de que o banco de germoplasma mantenha-se renovado com frequência, reduzindo de forma significativa a erosão genética. A variabilidade genética do feijão presente em comunidades familiares de produção agrícola é uma importante ferramenta para os programas de melhoramento genético pois permite incorporar a diversidade genética nas cultivares comerciais (COELHO et al., 2010).

Além das características que conferem desempenho agrônômico ao feijão, a qualidade tecnológica é relevante para a comercialização dos grãos e benefícios à saúde do consumidor. Diversas características, são importantes para a qualidade tecnológica, dentre elas: coloração, forma dos grãos e tempo de cozimento dos grãos (EMBRAPA, 2012), podendo definir com base nestas características a escolha do consumidor.

Segundo Oliveira et al. (2013), cultivares de feijão com tempo de cozimento reduzido atendem as necessidades do mercado consumidor, que disponibiliza de tempo reduzido para o preparo da refeição. Para tanto, são desejáveis cultivares de feijão com tempo de cozimento inferior a 30 minutos (SANTOS, RIBEIRO, MAZIERO, 2016). Neste sentido, foi observado variabilidade genética para tempo de cozimento de grãos em linhagens de feijão (RIBEIRO et al., 2013a, RIBEIRO et al., 2013b).

Em relação a qualidade nutricional, o feijão tem sido uma importante fonte de nutrientes para mais de 300 milhões de pessoas (PETRY et al., 2015). Os minerais possuem papéis essenciais para regulação da atividade e manutenção celular, facilitam o transporte de diversas substâncias, mantêm a atividade muscular e nervosa e promovem a constituição de ossos e dentes (PEDRAZA, ROCHA, SALES, 2013). Não há reprodução dessas substâncias inorgânicas no organismo, pois o corpo humano é incapaz de produzir, então são obtidas por

fontes externas, como a alimentação que é a principal fonte de minerais tanto de origem animal como vegetal, onde o mineral se expõe na forma de um complexo orgânico natural que já pode ser manuseado pelo organismo (MARQUES et al., 2020).

Demonstrando a importância de estudos que possam obter avanços genéticos para a concentração de minerais como fósforo, magnésio, ferro, zinco e cobre. Neste sentido a qualidade nutricional do feijão tem sido estudada por diversos pesquisadores (ROSA et al., 2010; SILVA et al., 2012; POERSH et al., 2013; JOST et al., 2014) o qual observaram a possibilidade de avanços genéticos para aumento das concentrações de fósforo, cobre e zinco.

Segundo Blair (2013) o foco dos programas de melhoramento tem sido o aumento na concentração de ferro e de zinco. A qualidade nutricional em linhagens de feijão foi avaliada por Ribeiro et al. (2013a), os quais observaram linhagens com alta concentração de cálcio e outras com alta concentração de ferro, permitindo o uso nos programas de melhoramento genético. Outro estudo possibilitou a seleção combinada da linhagem Gen Pr 14-2-3 por apresentar superioridade na produtividade de grãos, tempo de cozimento e concentração dos minerais: potássio, ferro, zinco e cobre mostrando potencial para uso em hibridações dirigidas com objetivo de biofortificação (RIBEIRO et al., 2013b).

Penna-Valdivia et al. (2011), avaliaram variedades locais mexicanas e cultivares comerciais de feijão e observaram presença de variabilidade genética para tempo de cozimento, minerais (fósforo, potássio, magnésio, cálcio, cobre e zinco) e observaram potencial ganho genéticos com o uso de variedades locais pelos programas de melhoramento genético. Ao pesquisarem linhagens, cultivares e variedades locais, Bevilaqua e Antunes (2015) observaram que as variedades locais apresentaram teores de macro e microminerais semelhante às cultivares provenientes dos programas de melhoramento.

A identificação de genótipos promissores para uso nos programas de melhoramento genético com base na concentração de minerais tem sido avaliada por diversos pesquisadores (RIBEIRO; KLASENER, 2020; ZANOTTI et al., 2020; BULYABA et al., 2020; DI PRADO et al., 2019; CHÁVEZ-MENDOZA; HERNÁNDEZ-FIGUEROA; SÁNCHEZ, 2019; STECKLING et al., 2017; RIBEIRO et al., 2013a; RIBEIRO et al., 2013b). O conhecimento destas características possibilita o uso de genótipos em hibridizações dirigidas e amplia as possibilidades de ganhos genéticos relacionados a presença de minerais nos programas de melhoramento genético.

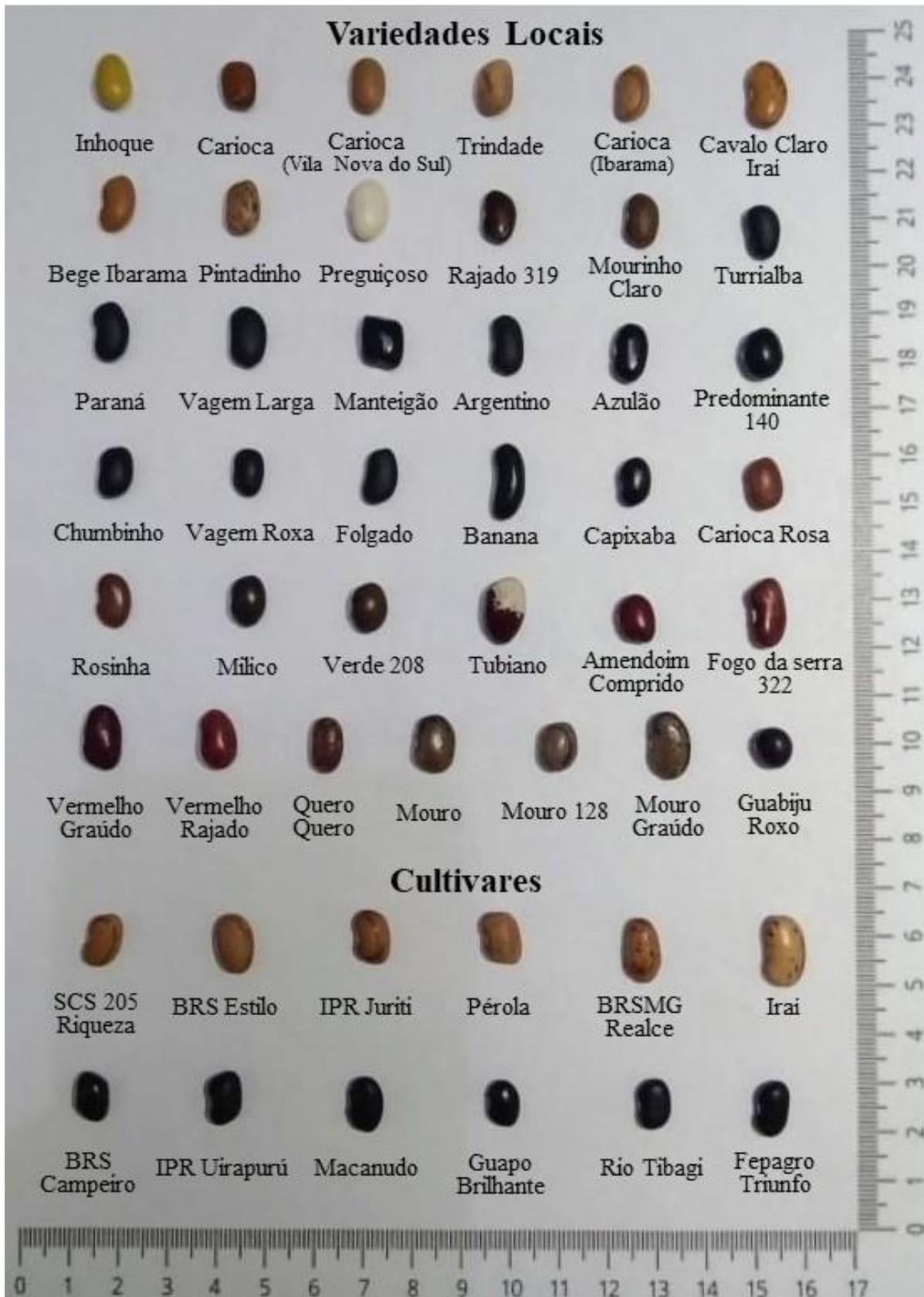
Dentre as estratégias de identificação e seleção de genótipos promissores, estão as possibilidades de seleção indireta com base nos caracteres correlacionados e o uso de métodos de agrupamento que permitam identificar semelhanças e diferenças entre as cultivares, além de

possibilitar a identificação de genótipos redundantes no germoplasma estudado. Neste sentido, conhecer a divergência genética presente no germoplasma local e em cultivares para os caracteres tecnológicos e de minerais pode contribuir para os programas de melhoramento genético. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade genética em variedades locais e cultivares de feijão para caracteres tecnológicos e minerais, estudar as correlações entre esses caracteres, verificar a dissimilaridade genética entre os genótipos para os caracteres avaliados e selecionar genótipos superiores com base em caracteres tecnológicos e alta concentração de minerais.

#### **4.2 Material e métodos**

A condução do experimento foi realizada pela implementação à campo de três experimentos: segunda safra 2017 e 2018 e primeira safra 2017/2018 no Departamento de Fitotecnia da UFSM, no município de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (latitude 29°42S, longitude 53°49W e 95 m de altitude). Os tratamentos avaliados foram 49 genótipos de feijão (Apêndice 1 e Figura 15), sendo 37 variedades locais obtidas nas cidades de: Cacequi, Candelária, Canguçu, Dilermando de Aguiar, Estrela Velha, Ibarama, Novo Cabrais, Pelotas, Santa Maria, Santana da Boa Vista, Segredo, Sobradinho e Vila Nova do Sul; e 12 cultivares registradas para o cultivo no Rio Grande do Sul.

Figura 15 – Genótipos de feijão avaliados. Santa Maria, RS



A semeadura foi realizada manualmente e seguindo o delineamento látice 7x7, utilizando o espaçamento de 0,5 m entre fileiras e 3 m de comprimento para cada parcela

experimental, totalizando quatro fileiras por parcela experimental e considerando as duas fileiras das extremidades como bordadura. A condução do experimento seguiu as orientações de manejo recomendadas para a cultura do feijão no Estado do Rio Grande do Sul, de acordo com CTSBF (2012). Por ocasião do estágio de maturação (R9), foi realizada a colheita dos experimentos, a umidade dos grãos foi ajustada a 13% e os caracteres tecnológicos e nutricionais foram avaliados.

A massa de 100 grãos em gramas (g) foi determinada com o auxílio de balança de precisão. A média da parcela experimental foi determinada após a pesagem de duas amostras com 100 gramas cada, coletadas aleatoriamente. Com o auxílio de um paquímetro digital foram auferidas as medidas do comprimento, da largura e da espessura dos grãos, em milímetros (mm) em 10 grãos coletados aleatoriamente em cada parcela experimental.

A coloração do tegumento dos grãos foi determinada com o uso de colorímetro, modelo CR 410. Seguindo a metodologia de Brackmann et al. (2002), as leituras foram realizadas durante o período diurno, em sala iluminada com lâmpadas fluorescentes, no qual foram avaliadas três amostras de 200 g de grãos colocadas em placa de Petri com 22 cm de diâmetro e 3 cm de profundidade de maneira que os grãos cobrissem todo o fundo do recipiente. No sistema tridimensional, foram determinadas as cores: “L” que se refere à cor da amostra do preto (L=0) ao branco (L=100), fornecendo a claridade dos grãos, que é de grande importância para a comercialização dos grãos do tipo carioca e preto. O valor da cromacidade  $a^*$  (cor  $a^*$ ) caracteriza a coloração em tons de vermelho (+60) ao verde (-60), enquanto que a cromacidade  $b^*$  (cor  $b^*$ ) indica a coloração no espectro do amarelo (+60) ao azul (-60).

No intuito de identificar a qualidade tecnológica, foram separadas amostras de 25 grãos de cada uma das três repetições de cada tratamento. Cada amostra de grãos foi pesada e a cada 30 minutos, uma amostra foi embebida em água destilada, pelo período de 8 h, à temperatura ambiente ( $15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ). Após os grãos foram pesados e foi determinada a porcentagem de absorção de água e calculado a porcentagem de grãos normais (com absorção normal de água), na sequência foram determinados o número de grãos normais. Os valores da porcentagem de absorção de água pelos grãos e a porcentagem de grãos normais foram transformados utilizando a expressão matemática  $\sqrt{x+0,5}$ .

Na sequência foi determinado o tempo de cozimento com o uso do cozedor de Mattson, de 25 hastes. Os 25 grãos foram alocados dentro das células do cozedor de Mattson e as hastes colocadas na devida posição. Em uma panela de pressão sem a tampa, foram colocados 3 L de água destilada e após a fervura, colocou-se o cozedor de Mattson dentro da panela de pressão e

iniciou a contabilidade do tempo com auxílio de um cronômetro digital, sendo considerado o tempo médio de queda das 13 primeiras hastes de cada amostra.

A determinação dos minerais foi realizada após moagem em micromoinho de aproximadamente 50 g de grãos de cada parcela experimental. Os grãos foram moídos até a obtenção de uma farinha de feijão cru com partículas menores que 1 mm, o qual foram pesadas amostras de 0,5 g da farinha em balança de precisão. Após a pesagem foi realizada a digestão nítrica-perclórica ( $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$  na proporção volumétrica 3:1), conforme recomendado por Miyazawa et al. (1999). Após a digestão, as amostras foram armazenadas em tubos Falcon e colocadas em câmara fria, até a leitura da concentração de potássio, magnésio, ferro, zinco e cobre. Para tanto foram determinadas com o uso de espectrofotômetro de absorção atômica, já a leitura do fósforo foi realizada em espectrofotômetro UV-VIS, com comprimento de onda de 600 nm, as leituras foram executadas no Laboratório de Solos da UFSM.

Os dados foram tabelados utilizando planilhas do Excel, as análises estatísticas foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 2016), sendo utilizado o programa SISVAR para os testes de médias (FERREIRA, 2008). A análise da variância individual foi realizada de acordo com o delineamento látice simples  $7 \times 7$  e foi observada a eficiência deste delineamento em relação ao blocos ao acaso (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2000). A homogeneidade das variâncias residuais foi testada pelo teste F máximo de Hartley, considerando não ultrapassar a relação 7:1, como recomendado por Cruz, Regazzi (1997) e Cruz (2016). Na análise de variância conjunta, o teste F a 5% de probabilidade foi utilizado para testar as hipóteses dos efeitos principais, considerando o efeito fixo para genótipo, ambiente e interação genótipo x ambiente e aleatório para a o erro. O teste de médias de Scott-Knott foi realizado a 5% de probabilidade.

No intuito de tornar as análises complementares confiáveis, foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade, seguindo a metodologia proposta por Montgomery, Peck (1981). A correlação linear de Pearson foi estimada, com base na matriz de correlação fenotípica, considerando a média dos três experimentos. A significância dos coeficientes de correlação foi determinada pelo teste *t* de Student, a 5% de probabilidade.

A importância relativa dos caracteres foi avaliada com base nas variáveis canônicas. Os métodos de agrupamento analisados foram variáveis canônicas e do vizinho mais próximo, com base na distância generalizada de Mahalanobis. Foram estimadas as herdabilidades e selecionados os melhores genótipos para os caracteres avaliados com base no índice de seleção multiplicativo (SUBANDI; COMPTON; EMPIG, 1973) no qual identificaram os cinco genótipos superiores para grãos claros e os cinco geótipos superiores para grãos escuros. Para

tanto, os grupos de genótipos foram subdivididos de acordo com a coloração presente dos grãos, sendo o grupo 1 formado pelos genótipos de grãos com tegumento claro (amarelo, branco, carioca, mulatinho, pintadinho e rajado), neste grupo foi considerado o sentido da seleção direta para os caracteres: massa de 100 grãos, comprimento dos grãos, valor de L\*, fósforo, magnésio, ferro, zinco e cobre e seleção inversa para o valor de a\* e o tempo de cozimento de grãos. Já, o grupo 2 foi composto pelos genótipos de grãos com tegumento escuro (marrom, preto, rosinha, verde, vermelho, violeta e roxo), o qual foi considerado o sentido da seleção como direta para os caracteres: massa de 100 grãos, comprimento dos grãos, fósforo, magnésio, ferro, zinco e cobre e inversa: valor de L\*, valor de a\* e tempo de cozimento de grãos.

### 4.3 Resultados e discussão

A análise de variância individual dos ambientes possibilitou observar a eficiência do delineamento látice que variou de 85,39 (porte, segunda safra 2017) a 110,38 (porte, segunda safra 2018), conforme apêndice 4. Essa eficiência pode ser considerada baixa, pois dentre as 45 combinações testadas entre caracteres e ambiente em apenas 23 combinações a eficiência foi menor que 100% demonstrando que o delineamento utilizado foi pouco eficiente para a maioria dos caracteres. A análise das variâncias residuais foram analisadas nas três épocas de cultivo pelo teste F de Hartley e apresentaram homogeneidade para todos os caracteres, exceto para grãos normais. Sendo assim, os graus de liberdade do erro e da interação genótipo x ambiente (G x A) obtidos para grãos normais foram definidos pelo método de Cochran (1954), permitindo a realização da análise conjunta para todos os caracteres avaliados. Para tanto, optou-se por fazer a análise da variância conjunta utilizando o delineamento de blocos ao acaso (Apêndice 5) (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2000).

Na análise de variância conjunta foi observada interação GxA significativa para todos os caracteres avaliados (Apêndice 5). Resultados semelhantes foram encontrados para massa de 100 grãos, porcentagem de absorção de água pelos grãos e comprimento, largura e espessura dos grãos (SANTOS; RIBEIRO; MAZZIERO, 2016), para massa de 100 grãos (RIBEIRO et al., 2014), para porcentagem de absorção de água pelos grãos (PERINA et al., 2014), para a porcentagem de absorção de água pelos grãos e tempo de cozimento dos grãos (ZILIO et al., 2014) e tamanho de grãos de feijão (DONÇA, 2012).

Variabilidade genética foi identificada para todos os caracteres avaliados. Resultados semelhantes foram observados para tempo de cozimento de grãos, cálcio e ferro (RIBEIRO et al., 2013a); cálcio, ferro, zinco, potássio, magnésio, manganês e fósforo (ZANOTTI et al.,

2020); potássio, cálcio e magnésio (RIBEIRO; MEZZOMO; SANTOS, 2019). Além destes, diversos estudos exploraram a variabilidade genética de minerais em germoplasma de feijão (STOILOVA; PEREIRA; De SOUSA, 2013; BOROS L.; WAWER, A.; BORUCKA, 2014; CELMELI et al., 2018; YEKEN et al., 2018a; YEKEN et al., 2018b; YEKEN et al., 2019), demonstrando a importância de avaliar estes caracteres para possíveis utilizações em programas de melhoramento genético que visem o desenvolvimento de genótipos com menor tempo de cozimento de grãos e maior concentração de minerais.

Para avaliar a precisão experimental foram utilizados o coeficiente de variação e a acurácia seletiva (AS). Os coeficientes de variação variaram de 3,00% (cor “L”) a 19,05% (fósforo), sendo assim, foram classificados como baixos e médios para todos os caracteres avaliados (PIMENTEL-GOMES, 2000). Já, a acurácia seletiva, que considera o nível de variação genotípica e o número de repetições, variou entre 0,556 (magnésio) e 0,947 (cor “L”). Valores semelhantes foram observados para coloração de grãos e minerais por Ribeiro, Mezzomo, Santos (2019) e para coloração dos grãos por Arns et al. (2018), a semelhança nos resultados é explicada pela pouca contribuição ambiental na coloração dos grãos de feijão. Valores próximo de 1 são almejados nos experimentos de avaliações de cultivares por demonstrarem maior precisão experimental, neste sentido, apenas os caracteres magnésio e cobre, foram classificados com acurácia seletiva moderada ( $0,70 \geq AS \geq 0,50$ ), todos os demais foram classificados entre alta ( $0,90 \geq AS \geq 0,70$ ) e muito alta ( $AS \geq 0,90$ ), demonstrando precisão experimental alta (RESENDE; DUARTE 2007).

A aplicação do teste Skott-Knott possibilitou a estratificação das linhagens de feijão com base nas diferenças observadas para o caractere massa de 100 grãos em seis grupos na segunda safra 2017, em quatro grupos na safra 2017/2018 e em seis grupos na segunda safra 2018 (Tabela 15). Os genótipos Turrialba, Chumbinho, Rosinha e Bege Ibarama foram classificados como de grãos pequenos (massa de 100 grãos menor que 25 g); os genótipos Preguiçoso, Azulão, Vermelho Graúdo, Tubiano e Mouro Graúdo Cinza foram considerados como de grãos grandes (massa acima de 40 g) e os demais genótipos, como grãos médios (massa entre 25 e 40 g) (BLAIR et al., 2010). Segundo Carbonell et al. (2010) a preferência do consumidor é por grãos do grupo comercial carioca e preto de tamanho médio com massa de 100 grãos entre 25 e 30 g, neste sentido grande parte dos genótipos avaliados deverão ter boa aceitação comercial.

Tabela 15 - Comparação de médias para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm) e largura dos grãos (LargG, mm), avaliados em 49

genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | M100G   |         |         | CompG   |         |         | LargG  |        |        |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
|                   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Pérola            | 23,70 d | 29,48 c | 34,15 d | 10,69 c | 11,73 c | 11,13 c | 7,12 c | 7,11 c | 7,23 b |
| Amendoim comprido | 37,80 c | 32,65 b | 35,15 d | 11,18 c | 10,49 d | 10,77 c | 8,71 a | 7,69 b | 7,89 a |
| Banana            | 34,15 c | 33,00 b | 37,45 c | 14,95 a | 14,31 a | 12,57 b | 7,02 c | 6,24 e | 6,49 d |
| Vagem Roxa        | 21,25 e | 23,65 d | 26,60 g | 10,30 d | 10,60 d | 10,00 c | 6,95 c | 6,90 d | 6,59 c |
| Inhoque           | 36,10 c | 32,75 b | 29,25 f | 11,12 c | 10,98 c | 10,38 c | 8,16 b | 7,64 b | 7,23 b |
| Verde 208         | 34,50 c | 27,93 c | 29,05 f | 11,67 c | 10,19 d | 10,05 c | 8,24 b | 7,17 c | 7,08 c |
| Rajado319         | 16,70 f | 25,35 d | 24,80 g | 9,99 d  | 10,80 c | 10,36 c | 6,72 c | 6,68 d | 6,28 d |
| Guabiju Roxo      | 35,45 c | 24,43 d | 38,85 c | 9,74 d  | 8,79 d  | 9,88 c  | 8,24 b | 7,09 c | 8,12 a |
| Rio Tibagi        | 22,15 d | 22,60 d | 29,50 f | 10,25 d | 11,01 c | 10,26 c | 6,98 c | 6,61 d | 6,44 d |
| Preguiçoso        | 40,75 b | 39,08 a | 48,75 a | 12,75 b | 12,18 b | 12,97 b | 8,27 b | 7,50 b | 8,07 a |
| Carioca Ibarama   | 22,10 d | 25,38 d | 25,45 g | 10,30 d | 10,82 c | 10,11 c | 6,75 c | 6,61 d | 6,24 d |
| Azulão            | 41,10 b | 35,83 b | 45,30 b | 13,44 b | 12,11 b | 13,03 b | 8,81 a | 7,38 c | 7,50 b |
| BRS Estilo        | 21,90 d | 29,33 c | 31,70 e | 10,58 c | 11,59 c | 11,36 c | 7,05 c | 7,14 c | 7,05 c |
| Argentino         | 20,60 e | 26,00 d | 29,35 f | 11,04 c | 11,87 c | 10,96 c | 7,23 c | 6,75 d | 6,74 c |
| Trindade          | 25,90 d | 28,15 c | 30,50 e | 10,51 d | 10,84 c | 10,77 c | 7,15 c | 6,81 d | 6,97 c |
| Vermelho Rajado   | 42,15 b | 35,50 b | 35,20 d | 14,98 a | 12,69 b | 11,91 b | 8,21 b | 7,32 c | 7,27 b |
| Carioca Rosa      | 19,00 e | 25,18 d | 27,25 f | 9,97 d  | 11,33 c | 10,44 c | 7,04 c | 6,77 d | 6,76 c |
| BRSMG Realce      | 33,24 c | 35,55 b | 38,50 c | 14,13 a | 13,87 a | 12,10 b | 8,04 b | 7,05 c | 6,71 c |
| Paraná            | 22,90 d | 29,38 c | 29,80 f | 10,67 c | 11,13 c | 10,91 c | 7,04 c | 6,86 d | 6,57 c |
| Milico            | 33,85 c | 28,70 c | 34,40 d | 11,93 c | 10,50 d | 10,71 c | 8,25 b | 7,28 c | 7,37 b |
| Cavalo Claro Iraí | 41,25 b | 36,98 a | 34,50 d | 15,34 a | 13,98 a | 13,76 a | 8,13 b | 7,14 c | 6,58 c |
| Guapo Brilhante   | 21,40 e | 23,30 d | 29,30 f | 8,99 d  | 10,23 d | 10,36 c | 6,79 c | 6,27 e | 6,24 d |
| Turrialba         | 20,20 e | 25,85 d | 24,35 g | 10,96 c | 11,18 c | 11,13 c | 6,89 c | 6,74 d | 6,35 d |
| IPR Uirapurú      | 22,60 d | 24,25 d | 29,80 f | 10,13 d | 10,36 d | 10,59 c | 6,94 c | 6,75 d | 6,57 c |
| Folgado           | 19,90 e | 26,15 d | 30,70 e | 10,93 c | 11,73 c | 14,13 a | 6,93 c | 6,77 d | 6,36 d |
| Carioca           | 21,00 e | 28,08 c | 28,55 f | 10,30 d | 11,08 c | 10,57 c | 6,69 c | 6,54 d | 6,54 c |
| BRS Campeiro      | 22,70 d | 28,60 c | 29,55 f | 10,53 d | 11,01 c | 11,13 c | 7,06 c | 6,72 d | 6,78 c |
| Fogo da Serra 322 | 40,05 b | 37,40 a | 37,55 c | 14,44 a | 12,80 b | 12,70 b | 8,08 b | 7,41 c | 7,19 b |
| Chumbinho         | 20,05 e | 23,95 d | 24,60 g | 9,67 d  | 10,43 d | 9,91 c  | 6,63 c | 6,27 e | 6,23 d |
| Mourinho Claro    | 22,50 d | 26,95 c | 30,85 e | 11,21 c | 11,90 c | 11,14 c | 7,29 c | 7,20 c | 6,86 c |
| Manteigão         | 37,40 c | 34,00 b | 34,80 d | 12,98 b | 11,35 c | 11,53 c | 8,88 a | 7,68 b | 7,74 a |
| Iraí              | 43,55 b | 38,43 a | 34,70 d | 15,45 a | 15,03 a | 13,74 a | 8,29 b | 7,46 c | 6,77 c |
| Vagem Larga       | 23,95 d | 28,35 c | 29,25 f | 11,47 c | 12,50 b | 12,81 b | 7,16 c | 6,95 d | 6,92 c |
| Mouro             | 37,20 c | 34,15 b | 32,70 e | 13,58 b | 11,31 c | 10,76 c | 8,88 a | 8,08 a | 7,72 a |
| Vermelho Graúdo   | 47,05 a | 40,20 a | 49,75 a | 15,56 a | 13,20 b | 14,75 a | 8,88 a | 7,55 b | 7,96 a |
| Pintadinho 114    | 21,10 e | 28,23 c | 27,00 f | 9,84 d  | 10,78 c | 10,39 c | 6,83 c | 6,76 d | 6,72 c |
| Quero Quero       | 24,60 d | 26,78 c | 27,30 f | 10,01 d | 10,26 d | 9,86 c  | 6,69 c | 6,46 e | 6,30 d |
| Predominante 140  | 23,90 d | 32,65 b | 31,05 e | 10,95 c | 9,72 d  | 10,69 c | 7,30 c | 7,06 c | 6,94 c |
| SCS205 Riqueza    | 22,90 d | 31,35 b | 30,75 e | 10,41 d | 11,45 c | 11,39 c | 7,03 c | 6,95 d | 6,67 c |
| Rosinha           | 15,25 f | 23,05 d | 22,35 g | 10,12 d | 10,66 d | 10,39 c | 6,48 c | 6,48 e | 6,03 d |
| IPR Juriti        | 24,30 d | 28,28 c | 30,70 e | 11,04 c | 11,59 c | 11,18 c | 6,99 c | 6,57 d | 6,70 c |
| Carioca (VNS)     | 20,75 e | 27,03 c | 29,30 f | 9,98 d  | 11,30 c | 10,66 c | 6,85 c | 6,67 d | 6,84 c |
| Mouro128          | 28,90 d | 29,10 c | 32,80 e | 10,15 d | 9,78 d  | 10,28 c | 7,74 b | 7,03 c | 7,46 b |

Tabela 15 - Comparação de médias para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm) e largura dos grãos (LargG, mm), avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares         | M100G   |         |         | CompG   |         |         | LargG  |        |        |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
|                    | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Fepagro Triunfo    | 23,65 d | 25,40 d | 28,30 f | 10,75 c | 10,38 d | 10,54 c | 7,07 c | 6,24 e | 6,69 c |
| Bege Ibarama       | 19,15 e | 23,75 d | 24,50 g | 10,88 c | 11,24 c | 10,84 c | 6,88 c | 6,47 e | 6,01 d |
| Tubiano            | 43,50 b | 40,55 a | 43,90 b | 12,70 b | 13,16 b | 12,80 b | 8,08 b | 7,39 c | 7,62 a |
| Macanudo           | 21,15 e | 24,70 d | 27,80 f | 10,87 c | 10,18 d | 10,63 c | 7,00 c | 6,18 e | 6,32 d |
| Mouro Graúdo Cinza | 46,55 a | 41,33 a | 43,00 b | 14,48 a | 13,24 b | 13,27 b | 8,85 a | 8,14 a | 7,68 a |
| Capixaba           | 21,10 e | 19,90 d | 38,15 c | 10,00 d | 9,16 d  | 12,05 b | 6,86 c | 5,83 e | 6,98 c |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

O comprimento de grãos variou entre 15,56 mm (Iraí, segunda safra 2017) a 9,67 mm (Chumbinho, segunda safra 2017). Os genótipos Cavalo Claro Iraí e Iraí foram os únicos genótipos presentes dentro do grupo com os maiores comprimentos de grãos nos três ambientes testados pelo teste Skott-Knott, já os genótipos Vagem Roxa, Guabijú Roxo, IPR Uirapurú, Chumbinho, Quero-Quero, Rosinha e Mouro 128 permaneceram no grupo de menores valores de comprimento de grãos nos três ambientes avaliados. Para o caractere largura dos grãos os maiores valores observados foram na segunda safra 2017 para os genótipos Manteigão, Mouro, Vermelho Graúdo (ambos com 8,88 mm) e os genótipos Mouro e Mouro Graúdo Cinza foram os únicos presentes no grupo de maiores valores nos três ambientes avaliados, enquanto que os genótipos Banana, Guapo Brilhante, Quero-Quero, Rosinha, Bege Ibarama e Macanudo foram agrupados no grupo de menores valores nos três ambientes.

Em relação a espessura dos grãos (Tabela 16), o teste Skott-Knott extratificou a segunda safra 2017 em seis grupos, a primeira safra 2017/2018 foi extratificada em cinco grupos e a segunda safra 2017/2018 em seis grupos, a variedade local Rosinha apresentou os menores valores de espessura de grãos nas três safras avaliadas (3,58 mm, 4,26 mm e 4,06 mm, respectivamente). A maior espessura de grãos foi observada na variedade local Guabijú Roxo (6,55 mm, segunda safra 2017), sendo este o único genótipo presente no grupo de maiores valores pelo teste Skott-Knott nos três ambientes avaliados.

Tabela 16 - Comparação de médias para os caracteres: espessura dos grãos (EspeG, mm), cor “L” e cor a\*, avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | EspeG  |        |        | Cor "L" |         |         | Cor a*  |         |         |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   |
| Pérola            | 4,54 d | 5,30 c | 5,44 d | 54,75 c | 50,63 d | 54,40 c | 4,31 h  | 7,90 f  | 6,59 f  |
| Amendoim comprido | 5,63 c | 5,51 b | 5,73 c | 31,57 i | 27,20 j | 28,95 i | 21,83 b | 21,94 b | 27,91 a |
| Banana            | 5,32 c | 5,22 c | 5,06 d | 22,34 k | 22,14 k | 20,70 k | 1,38 i  | 0,91 i  | 1,27 i  |
| Vagem Roxa        | 4,47 d | 4,70 d | 5,03 d | 22,19 k | 21,58 k | 21,73 k | 0,88 i  | 1,02 i  | 1,31 i  |
| Inhoque           | 6,55 a | 5,86 a | 5,88 c | 53,88 c | 59,15 b | 57,90 b | 5,54 h  | 1,25 i  | -1,45 j |
| Verde 208         | 5,56 c | 5,61 b | 5,70 c | 32,69 i | 28,50 j | 25,05 j | 4,29 h  | 2,30 i  | 3,19 h  |
| Rajado319         | 4,40 e | 4,74 d | 4,63 e | 33,82 i | 35,36 g | 30,43 i | 4,39 h  | 5,96 g  | 4,27 g  |
| Guabiju Roxo      | 6,58 a | 6,12 a | 6,95 a | 33,71 i | 33,25 h | 22,73 k | 12,31 e | 7,97 f  | 10,92 d |
| Rio Tibagi        | 4,66 d | 4,80 d | 5,27 d | 22,69 k | 23,71 k | 21,81 k | 1,72 i  | 1,72 i  | 1,63 i  |
| Preguiçoso        | 5,72 c | 5,54 b | 6,18 c | 72,36 a | 74,43 a | 77,11 a | 0,55 i  | -0,09 i | 0,44 i  |
| Carioca Ibarama   | 4,69 d | 4,72 d | 4,95 e | 55,23 c | 51,09 d | 51,87 d | 4,90 h  | 8,19 f  | 6,64 f  |
| Azulão            | 5,38 c | 5,31 c | 5,86 c | 22,66 k | 20,62 k | 20,77 k | 3,79 h  | 1,10 i  | 1,17 i  |
| BRS Estilo        | 4,81 d | 5,31 c | 5,36 d | 57,42 b | 51,51 d | 53,02 d | 4,11 h  | 6,75 g  | 7,14 f  |
| Argentino         | 4,36 e | 4,71 d | 5,02 d | 22,86 k | 22,20 k | 21,52 k | 1,06 i  | 1,02 i  | 1,08 i  |
| Trindade          | 4,80 d | 5,22 c | 5,31 d | 55,19 c | 53,75 c | 54,07 c | 4,87 h  | 7,06 g  | 5,78 f  |
| Vermelho Rajado   | 5,77 c | 5,60 b | 5,74 c | 35,64 h | 30,24 i | 29,92 i | 24,05 a | 22,72 b | 25,51 b |
| Carioca Rosa      | 4,57 d | 4,78 d | 5,46 d | 43,38 f | 37,59 g | 43,45 f | 14,57 c | 15,51 c | 14,03 c |
| BRSMG Realce      | 5,56 c | 5,59 b | 5,53 d | 57,14 b | 50,88 d | 53,32 d | 7,37 g  | 9,80 e  | 9,74 e  |
| Paraná            | 4,58 d | 5,09 d | 4,91 e | 22,43 k | 22,11 k | 21,53 k | 1,27 i  | 1,23 i  | 1,27 i  |
| Milico            | 5,73 c | 5,61 b | 5,88 c | 33,40 i | 29,89 i | 25,77 j | 4,52 h  | 2,45 i  | 2,95 h  |
| Cavalo Claro Iraí | 5,33 c | 5,31 c | 5,33 d | 56,32 b | 53,40 c | 55,21 c | 8,55 f  | 10,11 e | 8,89 e  |
| Guapo Brilhante   | 4,54 d | 4,72 d | 5,05 d | 21,69 k | 22,83 k | 21,34 k | 1,24 i  | 1,08 i  | 1,25 i  |
| Turrialba         | 4,30 e | 4,73 d | 4,67 e | 21,65 k | 21,89 k | 22,21 k | 1,22 i  | 1,11 i  | 1,25 i  |
| IPR Uirapurú      | 4,57 d | 4,83 d | 5,10 d | 22,39 k | 22,11 k | 21,24 k | 1,05 i  | 1,49 i  | 1,20 i  |
| Folgado           | 4,23 e | 4,52 e | 5,28 d | 22,42 k | 22,37 k | 22,02 k | 1,08 i  | 1,18 i  | 1,25 i  |
| Carioca           | 4,93 d | 4,84 d | 5,41 d | 57,04 b | 52,00 d | 53,21 d | 4,05 h  | 6,61 g  | 6,37 f  |
| BRS Campeiro      | 4,35 e | 5,00 d | 5,07 d | 22,88 k | 22,55 k | 20,93 k | 1,39 i  | 1,48 i  | 1,40 i  |
| Fogo da Serra 322 | 5,71 c | 5,72 b | 5,50 d | 35,99 h | 30,15 i | 28,60 i | 25,16 a | 22,33 b | 23,83 b |
| Chumbinho         | 4,60 d | 4,72 d | 4,93 e | 22,23 k | 22,30 k | 21,51 k | 1,19 i  | 1,01 i  | 1,29 i  |
| Mourinho Claro    | 4,30 e | 4,90 d | 5,18 d | 39,19 g | 38,31 f | 37,04 g | 3,78 h  | 4,26 h  | 4,67 g  |
| Manteigão         | 5,57 c | 5,01 d | 5,34 d | 24,03 k | 21,83 k | 20,50 k | 6,71 g  | 2,30 i  | 1,99 i  |
| Iraí              | 5,42 c | 5,72 b | 5,24 d | 58,49 b | 53,46 c | 54,01 c | 8,94 f  | 9,79 e  | 9,86 e  |
| Vagem Larga       | 4,20 e | 4,61 e | 4,90 e | 22,07 k | 21,86 k | 21,35 k | 1,04 i  | 1,11 i  | 1,11 i  |
| Mouro             | 5,51 c | 5,54 b | 5,53 d | 38,49 g | 38,55 f | 32,75 h | 6,61 g  | 4,43 h  | 6,33 f  |
| Vermelho Graúdo   | 6,06 b | 5,56 b | 6,16 c | 29,30 j | 26,22 j | 29,16 i | 23,14 b | 23,81 a | 24,45 b |
| Pintadinho114     | 4,66 d | 5,12 d | 5,17 d | 51,16 d | 49,45 d | 51,18 e | 5,22 h  | 6,45 g  | 6,17 f  |
| Quero Quero       | 4,91 d | 5,16 c | 5,12 d | 33,03 i | 39,90 f | 29,87 i | 11,52 e | 11,22 d | 12,22 d |
| Predominante 140  | 4,53 d | 5,75 b | 5,25 d | 22,59 k | 23,31 k | 21,92 k | 1,70 i  | 2,44 i  | 1,56 i  |
| SCS205 Riqueza    | 4,88 d | 4,99 d | 4,96 e | 55,32 c | 48,68 d | 49,84 e | 4,99 h  | 7,30 f  | 7,92 f  |
| Rosinha           | 3,58 f | 4,26 e | 4,06 f | 42,80 f | 37,57 g | 43,07 f | 14,91 c | 16,15 c | 15,00 c |
| IPR Juriti        | 4,66 d | 5,01 d | 4,96 e | 55,08 c | 50,68 d | 53,07 d | 4,64 h  | 7,48 f  | 6,74 f  |
| Carioca (VNS)     | 4,73 d | 5,00 d | 5,29 d | 55,32 c | 50,31 d | 52,19 d | 4,36 h  | 6,94 g  | 7,14 f  |
| Mouro128          | 5,61 c | 5,32 c | 5,79 c | 47,84 e | 37,33 g | 35,83 g | 8,15 f  | 9,43 e  | 11,19 d |
| Fepagro Triunfo   | 4,60 d | 4,54 e | 4,75 e | 21,84 k | 21,77 k | 21,19 k | 1,42 i  | 1,96 i  | 1,54 i  |
| Bege Ibarama      | 3,79 f | 4,48 e | 4,34 f | 58,16 b | 50,48 d | 55,19 c | 7,26 g  | 8,99 e  | 7,80 f  |
| Tubiano           | 6,40 a | 6,11 a | 6,38 b | 39,54 g | 45,86 e | 44,93 f | 13,33 d | 8,37 f  | 11,40 d |
| Macanudo          | 4,23 e | 4,46 e | 4,82 e | 22,29 k | 23,71 k | 21,34 k | 1,62 i  | 1,87 i  | 1,50 i  |

Tabela 16 - Comparação de médias para os caracteres: espessura dos grãos (EspeG, mm), cor “L” e cor a\*, avaliadas em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares         | EspeG  |        |        | Cor “L” |         |         | Cor a* |        |        |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
|                    | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Mouro Graúdo Cinza | 5,39 c | 5,47 c | 5,28 d | 38,10 g | 38,97 f | 35,21 g | 5,42 h | 4,12 h | 4,90 g |
| Capixaba           | 4,74 d | 4,36 e | 5,36 d | 21,08 k | 24,47 k | 20,36 k | 1,05 i | 1,12 i | 1,32 i |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

Os valores de cor “L” observados nos três ambientes para os genótipos do grupo comercial carioca: Pérola, Carioca Ibarama, BRS Estilo, Trindade, BRSMG Realce, Carioca, IPR Juriti e Carioca (Vila Nova do Sul) demonstram potencial aceitação ao mercado consumidor por apresentarem valores de cor “L” superiores a 55,00 e terem maior claridade e pelo fato do consumidor associar a um menor tempo de cozimento de grãos (RIBEIRO et al., 2008).

Em relação aos genótipos de grãos pretos, o mercado consumidor tem preferência por grãos que apresentem valores de cor “L” (menores que 22,00) e valores de cor a\* e b\* (Tabela 17) próximo a zero são interessantes por indicarem a ausência de cor secundária (POSSOBOM et al., 2015). Neste sentido, os seguintes genótipos destacaram-se Banana, Vagem Roxa, Azulão, Argentino, Paraná, Guapo Brilhante, Turrialba, IPR Uirapurú, Folgado, BRS Campeiro, Chumbinho, Vagem Larga, Predominante 140, Fepagro Triunfo, Macanudo e Capixaba (Tabela 16). O maior consumo de feijão é por grãos dos grupos comerciais carioca e preto, contudo outros tipos comerciais de grãos apresentam boa aceitação do mercado consumidor, dentre elas estão os grãos do grupo comercial jalo, branco e roxo (SOARES et al., 2012). Neste sentido é esperado que as diferentes colorações presentes nos grãos do germoplasma avaliado sejam capazes de surtir um nicho específico de mercado com interesse em grãos de feijão de diferentes grupos comerciais.

Tabela 17 - Comparação de médias para os caracteres: cor b\*, grãos normais (GN, %) e porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | Cor b*  |         |         | GN       |          |          | Abs     |         |         |
|-------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|
|                   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   |
| Pérola            | 15,31 c | 19,19 b | 15,91 c | 100,00 a | 96,00 a  | 100,00 a | 98,38 a | 86,28 a | 92,31 a |
| Amendoim comprido | 11,99 e | 7,99 f  | 11,73 e | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 81,69 a | 84,36 a | 88,54 a |

Tabela 17 - Comparação de médias para os caracteres: cor b\*, grãos normais (GN, %) e porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares         | Cor b*  |         |         | GN       |          |          | Abs      |          |          |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                    | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Banana             | -0,20 j | -0,06 h | 0,12 h  | 82,00 b  | 100,00 a | 94,00 a  | 64,40 a  | 99,19 a  | 84,12 a  |
| Vagem Roxa         | 0,24 j  | 0,23 h  | 0,06 h  | 100,00 a | 92,00 a  | 100,00 a | 87,36 a  | 75,53 a  | 85,80 a  |
| Inhoque            | 21,55 a | 26,02 a | 23,15 a | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 91,04 a  | 97,04 a  | 87,44 a  |
| Verde 208          | 4,71 h  | 5,11 g  | 2,27 g  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 99,40 a  | 87,73 a  | 94,28 a  |
| Rajado319          | 6,35 g  | 10,86 d | 4,54 g  | 98,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 88,20 a  | 103,23 a | 108,10 a |
| Guabiju Roxo       | 2,86 i  | -0,82 h | -1,16 h | 94,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 74,00 a  | 118,54 a | 86,48 a  |
| Rio Tibagi         | 0,10 j  | -0,25 h | 0,12 h  | 98,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 81,15 a  | 82,01 a  | 81,93 a  |
| Preguiçoso         | 12,04 e | 10,39 d | 10,75 e | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 89,61 a  | 90,29 a  |
| Carioca Ibarama    | 15,24 c | 17,47 c | 14,00 d | 96,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 86,10 a  | 88,27 a  | 108,10 a |
| Azulão             | -0,19 j | 0,10 h  | 0,05 h  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 85,79 a  | 98,74 a  | 78,87 a  |
| BRS Estilo         | 16,34 c | 16,23 c | 16,43 c | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 91,54 a  | 99,34 a  | 93,08 a  |
| Argentino          | 0,25 j  | 0,23 h  | 0,33 h  | 100,00 a | 96,00 a  | 100,00 a | 85,59 a  | 92,82 a  | 91,83 a  |
| Trindade           | 15,66 c | 17,84 c | 16,61 c | 98,00 a  | 98,00 a  | 100,00 a | 94,21 a  | 99,91 a  | 88,44 a  |
| Vermelho Rajado    | 14,08 d | 9,34 e  | 8,39 f  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 82,46 a  | 91,59 a  | 72,04 b  |
| Carioca Rosa       | 13,14 d | 10,89 d | 12,81 e | 96,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 71,82 a  | 99,47 a  | 90,50 a  |
| BRSMG Realce       | 15,26 c | 17,03 c | 14,71 d | 86,00 b  | 100,00 a | 100,00 a | 78,22 a  | 95,07 a  | 80,88 a  |
| Paraná             | 0,32 j  | 0,23 h  | 0,26 h  | 94,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 84,35 a  | 84,51 a  | 90,94 a  |
| Milico             | 5,24 h  | 6,52 f  | 3,39 g  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 77,32 a  | 88,45 a  | 94,80 a  |
| Cavalo Claro Iraf  | 18,60 b | 19,89 b | 15,13 d | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 83,68 a  | 92,81 a  | 55,87 b  |
| Guapo Brillhante   | 0,49 j  | 0,00 h  | 0,56 h  | 68,00 c  | 82,00 b  | 96,00 a  | 40,84 b  | 74,36 a  | 75,34 b  |
| Turrialba          | 0,32 j  | 0,16 h  | 0,06 h  | 98,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 91,80 a  | 112,89 a | 101,11 a |
| IPR Uirapurú       | 0,23 j  | 0,01 h  | 0,15 h  | 90,00 b  | 100,00 a | 100,00 a | 82,48 a  | 88,08 a  | 87,73 a  |
| Folgado            | 0,06 j  | 0,29 h  | 0,22 h  | 100,00 a | 96,00 a  | 100,00 a | 86,21 a  | 88,44 a  | 69,15 b  |
| Carioca            | 15,36 c | 16,29 c | 14,91 d | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 81,49 a  | 97,21 a  | 79,89 a  |
| BRS Campeiro       | 0,18 j  | 0,07 h  | 0,30 h  | 96,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 88,16 a  | 99,14 a  | 87,32 a  |
| Fogo da Serra 322  | 13,94 d | 9,10 e  | 7,93 f  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 75,71 a  | 98,15 a  | 90,57 a  |
| Chumbinho          | 0,08 j  | 0,07 h  | -0,05 h | 98,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 84,30 a  | 90,26 a  | 89,89 a  |
| Mourinho Claro     | 6,75 g  | 8,14 f  | 7,66 f  | 90,00 b  | 100,00 a | 98,00 a  | 83,60 a  | 92,52 a  | 86,08 a  |
| Manteigão          | -1,19 j | -0,66 h | 0,03 h  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 84,93 a  | 85,59 a  | 93,90 a  |
| Irai               | 18,39 b | 18,94 b | 16,34 c | 98,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 90,35 a  | 99,35 a  | 86,88 a  |
| Vagem Larga        | 0,32 j  | 0,38 h  | 0,47 h  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 88,34 a  | 98,05 a  | 88,39 a  |
| Mouro              | 3,54 i  | 4,08 g  | 0,23 h  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 97,12 a  | 89,19 a  | 83,84 a  |
| Vermelho Graúdo    | 10,21 f | 8,89 e  | 11,23 e | 0,00 e   | 10,00 d  | 20,00 c  | 7,38 c   | 3,06 b   | 8,70 c   |
| Pintadinho114      | 14,93 c | 15,62 c | 15,33 d | 98,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 89,97 a  | 84,27 a  | 81,62 a  |
| Quero Quero        | 1,96 j  | 6,42 f  | 1,61 h  | 84,00 b  | 94,00 a  | 96,00 a  | 63,07 a  | 87,26 a  | 78,29 a  |
| Predominante 140   | -0,30 j | -0,65 h | 0,12 h  | 98,00 a  | 94,00 a  | 100,00 a | 90,81 a  | 64,86 a  | 88,34 a  |
| SCS205 Riqueza     | 16,67 c | 16,57 c | 16,66 c | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 92,71 a  | 93,84 a  | 83,54 a  |
| Rosinha            | 13,64 d | 10,13 d | 12,51 e | 54,00 d  | 92,00 a  | 68,00 b  | 27,96 b  | 85,81 a  | 62,59 b  |
| IPR Juriti         | 16,29 c | 18,39 b | 15,79 c | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 70,79 a  | 97,06 a  | 88,52 a  |
| Carioca (VNS)      | 15,48 c | 16,88 c | 15,47 d | 100,00 a | 96,00 a  | 100,00 a | 100,00 a | 86,37 a  | 85,17 a  |
| Mouro128           | 10,04 f | 1,53 h  | -0,15 h | 94,00 a  | 72,00 c  | 100,00 a | 78,30 a  | 87,81 a  | 83,81 a  |
| Fepagro Triunfo    | 0,23 j  | 0,12 h  | 0,36 h  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 88,21 a  | 87,00 a  | 61,19 b  |
| Bege Ibarama       | 21,86 a | 20,27 b | 18,89 b | 92,00 b  | 88,00 b  | 100,00 a | 84,02 a  | 82,99 a  | 96,83 a  |
| Tubiano            | 9,61 f  | 6,99 f  | 8,57 f  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 81,41 a  | 93,34 a  |
| Macanudo           | 0,27 j  | -0,14 h | 0,41 h  | 98,00 a  | 94,00 a  | 100,00 a | 94,31 a  | 95,58 a  | 97,87 a  |
| Mouro Graúdo Cinza | 2,47 j  | 4,40 g  | 1,45 h  | 100,00 a | 100,00 a | 100,00 a | 96,77 a  | 89,92 a  | 84,50 a  |
| Capixaba           | 0,69 j  | -0,21 h | 0,63 h  | 68,00 c  | 84,00 b  | 96,00 a  | 44,32 b  | 61,29 a  | 89,20 a  |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

O número de grãos normais exibiu maior divergência para a variedade local Vermelho Graúdo, sendo a que teve os menores valores nos três ambientes avaliados e consequentemente os menores valores de porcentagem de absorção de água pelos grãos e maior tempo de cozimento dos grãos (Tabela 18). A porcentagem de absorção de água pelos grãos variou de 112,89% (Turrialba, primeira safra 2017/2018) a 3,06% (Vermelho Graúdo, primeira safra 2017/2018). Segundo Rodrigues et al. (2005) grãos com maior capacidade de absorção de água tendem a apresentarem menor tempo de cozimento de grãos.

Tabela 18 - Comparação de médias para os caracteres: tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg<sup>-1</sup> de matéria seca - MS) e de magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup> MS) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | Tempo   |         |         | P      |        |        | Mg     |        |        |
|-------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Pérola            | 15:42 c | 20:11 c | 13:52 c | 3,31 c | 4,41 a | 5,50 b | 2,82 a | 3,81 a | 3,49 a |
| Amendoim comprido | 22:19 b | 25:01 b | 18:09 b | 3,42 c | 4,68 a | 3,34 c | 2,46 b | 2,59 b | 3,24 a |
| Banana            | 14:49 c | 16:00 d | 14:37 c | 4,79 b | 2,30 b | 2,64 d | 2,38 b | 2,98 b | 2,90 a |
| Inhoque           | 21:24 b | 21:57 c | 22:13 b | 4,18 c | 3,22 b | 4,54 c | 2,48 b | 2,99 b | 2,93 a |
| Verde 208         | 16:19 b | 20:47 c | 15:02 c | 3,06 c | 6,81 a | 6,14 b | 2,37 b | 3,25 b | 3,08 a |
| Rajado319         | 11:55 c | 12:38 e | 12:04 c | 4,67 b | 2,56 b | 4,52 c | 2,82 a | 3,39 a | 3,25 a |
| Guabiju Roxo      | 13:02 c | 14:22 e | 16:25 c | 4,49 b | 2,26 b | 3,49 c | 2,53 b | 3,14 b | 2,97 a |
| Rio Tibagi        | 13:31 c | 20:20 c | 14:44 c | 3,09 c | 3,81 b | 2,02 d | 2,71 a | 3,92 a | 3,17 a |
| Preguiçoso        | 20:51 b | 27:26 b | 19:11 b | 6,10 a | 4,59 a | 5,56 b | 2,99 a | 3,30 a | 2,90 a |
| Carioca Ibarama   | 14:02 c | 19:36 c | 14:13 c | 4,65 b | 5,67 a | 2,65 d | 2,58 b | 3,44 a | 3,38 a |
| Azulão            | 16:47 b | 21:25 c | 18:33 b | 2,92 c | 6,66 a | 6,72 a | 2,39 b | 3,11 b | 2,78 a |
| BRS Estilo        | 11:12 c | 17:37 d | 13:34 c | 4,55 b | 1,94 b | 4,54 c | 2,51 b | 3,31 a | 3,41 a |
| Argentino         | 14:41 c | 17:38 d | 13:27 c | 7,25 a | 3,06 b | 1,44 d | 2,87 a | 3,69 a | 3,13 a |
| Trindade          | 13:30 c | 14:14 e | 14:23 c | 5,16 b | 2,93 b | 4,69 c | 2,85 a | 3,76 a | 3,14 a |
| Vermelho Rajado   | 19:24 b | 21:24 c | 19:48 b | 7,25 a | 3,52 b | 6,16 b | 2,60 b | 3,36 a | 2,97 a |
| Carioca Rosa      | 13:10 c | 12:45 e | 12:16 c | 6,72 a | 2,42 b | 3,84 c | 3,39 a | 3,42 a | 3,13 a |
| BRSMG Realce      | 16:26 b | 19:38 c | 13:36 c | 2,71 c | 3,29 b | 2,05 d | 2,51 b | 2,89 b | 3,09 a |
| Paraná            | 11:57 c | 12:31 e | 14:08 c | 3,68 c | 5,59 a | 3,80 c | 2,72 a | 3,10 b | 3,24 a |
| Milico            | 20:10 b | 21:01 c | 16:27 c | 5,16 b | 5,57 a | 5,20 b | 2,44 b | 2,97 b | 3,11 a |
| Cavalo Claro Iraí | 17:00 b | 25:07 b | 19:12 b | 2,45 c | 2,09 b | 2,52 d | 2,55 b | 2,77 b | 3,19 a |
| Guapo Brilhante   | 16:48 b | 21:15 c | 13:09 c | 5,59 b | 4,27 a | 3,79 c | 2,57 b | 3,30 a | 3,16 a |
| Turrialba         | 14:07 c | 19:13 c | 11:46 c | 2,33 c | 4,67 a | 7,11 a | 2,71 a | 3,59 a | 3,14 a |
| IPR Uirapurú      | 12:46 c | 21:44 c | 14:35 c | 3,04 c | 2,44 b | 7,05 a | 2,92 a | 3,38 a | 3,32 a |
| Folgado           | 13:31 c | 12:30 e | 13:22 c | 2,88 c | 2,37 b | 3,92 c | 2,78 a | 3,24 b | 3,48 a |
| Carioca           | 12:58 c | 17:37 d | 12:44 c | 2,59 c | 5,07 a | 2,56 d | 2,82 a | 3,49 a | 3,36 a |
| BRS Campeiro      | 13:24 c | 20:21 c | 13:58 c | 2,10 c | 5,33 a | 3,74 c | 3,34 a | 3,59 a | 3,06 a |
| Fogo da Serra 322 | 18:43 b | 17:34 d | 17:34 b | 3,12 c | 2,13 b | 6,39 a | 2,61 b | 3,05 b | 2,86 a |
| Chumbinho         | 11:07 c | 19:12 c | 15:01 c | 3,04 c | 2,95 b | 3,77 c | 2,49 b | 3,52 a | 3,30 a |
| Mourinho Claro    | 12:58 c | 18:44 c | 13:57 c | 2,24 c | 5,68 a | 3,97 c | 2,72 a | 3,63 a | 3,21 a |
| Manteigão         | 20:03 b | 22:07 c | 12:05 c | 2,67 c | 6,56 a | 2,94 d | 2,37 b | 3,39 a | 2,99 a |

Tabela 18 - Comparação de médias para os caracteres: tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg<sup>-1</sup> de matéria seca - MS) e de magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup> MS) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares         | Tempo   |         |         | P      |        |        | Mg     |        |        |
|--------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Irai               | 19:09 b | 22:40 c | 19:45 b | 3,19 c | 2,52 b | 5,07 b | 2,51 b | 2,89 b | 2,66 a |
| Vagem Larga        | 14:00 c | 20:52 c | 13:41 c | 4,11 c | 2,70 b | 3,92 c | 2,81 a | 2,50 b | 3,40 a |
| Mouro              | 20:12 b | 20:33 c | 21:06 b | 3,56 c | 5,14 a | 4,94 b | 2,49 b | 2,99 b | 3,24 a |
| Vermelho Graúdo    | 57:40 a | 64:48 a | 46:25 a | 2,01 c | 5,39 a | 3,93 c | 2,54 b | 3,57 a | 3,16 a |
| Pintadinho114      | 10:56 c | 12:48 e | 16:03 c | 3,49 c | 1,89 b | 5,99 b | 2,64 b | 3,19 b | 3,35 a |
| Quero Quero        | 11:23 c | 14:57 e | 10:40 c | 3,83 c | 2,23 b | 7,08 a | 2,64 b | 3,28 a | 3,20 a |
| Predominante 140   | 12:08 c | 26:14 b | 14:55 c | 3,77 c | 2,97 b | 4,06 c | 2,76 a | 3,12 b | 3,28 a |
| SCS205 Riqueza     | 12:28 c | 19:18 c | 13:38 c | 3,95 c | 2,28 b | 7,11 a | 2,87 a | 3,46 a | 3,40 a |
| Rosinha            | 18:41 b | 16:45 d | 12:47 c | 2,10 c | 2,60 b | 6,44 a | 2,47 b | 3,39 a | 3,13 a |
| IPR Juriti         | 12:21 c | 22:22 c | 14:23 c | 2,48 c | 5,14 a | 2,25 d | 2,86 a | 3,54 a | 3,36 a |
| Carioca (VNS)      | 13:00 c | 14:45 e | 13:02 c | 5,04 b | 5,77 a | 4,53 c | 2,77 a | 3,50 a | 3,41 a |
| Mouro128           | 18:41 b | 27:30 b | 19:28 b | 5,21 b | 2,62 b | 6,00 b | 2,49 b | 3,47 a | 3,20 a |
| Fepagro Triunfo    | 11:50 c | 17:44 d | 21:00 b | 5,35 b | 2,37 b | 2,21 d | 2,89 a | 3,48 a | 3,31 a |
| Bege Ibarama       | 13:50 c | 22:39 c | 14:08 c | 4,34 b | 2,61 b | 6,53 a | 2,93 a | 4,05 a | 3,53 a |
| Tubiano            | 15:05 c | 23:47 b | 16:10 c | 4,51 b | 4,61 a | 5,82 b | 2,48 b | 3,22 b | 2,88 a |
| Macanudo           | 12:13 c | 19:08 c | 13:00 c | 2,73 c | 4,53 a | 4,08 c | 2,63 b | 3,51 a | 3,34 a |
| Mouro Graúdo Cinza | 17:21 b | 19:00 c | 19:08 b | 7,61 a | 2,38 b | 7,19 a | 2,41 b | 3,15 b | 2,96 a |
| Capixaba           | 14:48 c | 21:57 c | 13:01 c | 2,27 c | 5,29 a | 4,44 c | 2,69 b | 3,52 a | 3,02 a |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

Em relação ao tempo de cozimento dos grãos todos os genótipos avaliados apresentaram valores menores que 30 minutos, exceto a variedade local Vermelho Graúdo. Neste sentido, os genótipos tendem a ter boa aceitação comercial devido ao cozimento rápido. O menor tempo de cozimento de grãos foi observado no genótipo Quero-Quero (10 min e 40 s, na segunda safra 2018) e os genótipos que estiveram presentes nos grupos de menores valores proposto pelo teste de Skott-Knott nos três ambientes foram: Rajado 319, Guabijú Roxo, Trindade, Carioca Rosa, Paraná, Folgado, Pintadinho 114 e Carioca (Vila Nova do Sul). Este resultado demonstra o potencial de uso do germoplasma local pelos programas de melhoramento genético que tenham por objetivo a redução no tempo de cozimento de grãos de feijão. Além disso, os resultados podem indicar que a seleção de variedades locais pelos agricultores familiares considera além da produtividade de grãos, características tecnológicas como o reduzido tempo de cozimento de grãos. Resultados semelhantes foram observados em variedades locais de feijão por Moraes et al. (2016).

A concentração de fósforo variou de 7,61 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) na variedade local Mouro Graúdo Cinza (segunda safra 2017) a 1,89 g kg<sup>-1</sup> de MS na variedade local Pintadinho 114 (primeira safra 2017/2018). Em relação ao magnésio, a concentração variou de 4,05 g kg<sup>-1</sup> de MS no genótipo Bege Ibarama (primeira safra 2017/2018) a 2,37 g kg<sup>-1</sup> de MS no genótipo Manteigão (segunda safra 2017). Segundo Casanãs et al. (2013) a concentração de magnésio pode apresentar variação entre os genótipos possibilitando a seleção de genótipos de feijão com maior concentração deste mineral.

Para a concentração de ferro (Tabela 19) observou-se o maior valor na variedade local Carioca Rosa (110,33 mg kg<sup>-1</sup> de MS na segunda safra 2018) e o menor valor no genótipo Turrialba (39,18 mg kg<sup>-1</sup> de MS na segunda safra 2018). Esses valores foram superiores aos encontrados na pesquisa de Morais et al. (2016) e semelhantes aos observados por Ribeiro et al. (2013a) os quais classificaram como altas concentrações de ferro entre 95,00 e 108,00 mg kg<sup>-1</sup> de MS. Valores superiores a 95,00 mg kg<sup>-1</sup> de MS demonstram potencial para uso na biofortificação de genótipos de feijão.

Tabela 19 - Comparação de médias para os caracteres: concentração de ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca - MS), de zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup> de MS) e de cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup> de MS) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Cultivares        | Fe      |         |          | Zn      |         |         | Cu     |         |         |
|-------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
|                   | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3    | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2   | Ano 3   |
| Pérola            | 59,60 a | 84,05 a | 39,78 c  | 30,93 a | 40,30 a | 28,60 a | 7,13 a | 13,18 b | 8,80 a  |
| Amendoim comprido | 58,65 a | 66,80 b | 86,38 a  | 28,13 b | 30,60 c | 24,45 b | 8,53 a | 12,08 c | 9,20 a  |
| Banana            | 64,05 a | 83,10 a | 37,03 c  | 33,13 a | 36,40 b | 27,40 b | 8,38 a | 12,93 b | 11,65 b |
| Vagem Roxa        | 60,00 a | 78,80 b | 92,83 a  | 34,63 a | 35,80 b | 26,05 b | 9,43 a | 11,93 c | 9,70 a  |
| Inhoque           | 80,60 a | 59,70 b | 44,48 c  | 26,93 b | 26,55 c | 24,10 b | 7,23 a | 8,78 d  | 8,10 a  |
| Verde 208         | 61,75 a | 78,50 b | 59,68 b  | 38,08 a | 49,25 a | 30,80 a | 8,68 a | 14,73 a | 11,50 b |
| Rajado319         | 65,80 a | 74,80 b | 47,48 c  | 28,38 b | 37,40 b | 25,65 b | 6,08 a | 12,68 b | 9,25 a  |
| Guabiju Roxo      | 59,30 a | 58,35 b | 49,78 c  | 29,88 b | 36,90 b | 22,50 b | 7,28 a | 11,33 c | 7,50 a  |
| Rio Tibagi        | 69,70 a | 90,65 a | 63,88 b  | 36,33 a | 34,30 c | 26,90 b | 8,48 a | 15,03 a | 10,35 b |
| Preguiçoso        | 58,20 a | 74,75 b | 64,88 b  | 23,88 b | 36,55 b | 24,95 b | 8,03 a | 11,13 c | 8,55 a  |
| Carioca Ibarama   | 62,95 a | 60,75 b | 73,13 a  | 25,08 b | 28,85 c | 26,40 b | 6,83 a | 9,68 d  | 10,80 b |
| Azulão            | 94,25 a | 67,65 b | 47,08 c  | 22,38 b | 32,00 c | 20,45 b | 8,23 a | 11,93 c | 10,65 b |
| BRS Estilo        | 42,90 a | 65,05 b | 46,23 c  | 27,58 b | 32,85 c | 25,35 b | 7,73 a | 11,88 c | 8,80 a  |
| Argentino         | 59,35 a | 91,10 a | 68,48 b  | 31,08 a | 41,95 a | 23,50 b | 8,33 a | 15,18 a | 9,45 a  |
| Trindade          | 54,75 a | 73,30 b | 60,18 b  | 26,88 b | 33,75 c | 21,45 b | 7,58 a | 12,33 b | 8,55 a  |
| Vermelho Rajado   | 65,90 a | 81,75 a | 102,13 a | 27,38 b | 37,75 b | 24,85 b | 7,31 a | 11,93 c | 9,10 a  |
| Carioca Rosa      | 50,20 a | 67,25 b | 110,33 a | 27,53 b | 30,25 c | 23,40 b | 6,93 a | 11,38 c | 8,05 a  |
| BRSMG Realce      | 63,40 a | 81,85 a | 84,90 a  | 26,93 b | 37,20 b | 24,90 b | 7,13 a | 14,08 a | 9,20 a  |
| Paraná            | 71,80 a | 77,05 b | 58,63 b  | 25,13 b | 28,15 c | 21,15 b | 8,53 a | 12,23 b | 9,65 a  |

Tabela 19 - Comparação de médias para os caracteres: concentração de ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca - MS), de zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup> de MS) e de cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup> de MS) avaliados em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares         | Fe      |          |          | Zn      |         |         | Cu     |         |         |
|--------------------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
|                    | Ano 1   | Ano 2    | Ano 3    | Ano 1   | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2   | Ano 3   |
| Milico             | 76,25 a | 63,55 b  | 85,33 a  | 24,58 b | 42,40 a | 30,30 a | 8,93 a | 12,98 b | 10,35 b |
| Cavalo Claro Iraí  | 63,05 a | 65,55 b  | 89,28 a  | 29,58 b | 31,65 c | 24,70 b | 7,23 a | 11,38 c | 9,05 a  |
| Guapo Brilhante    | 56,20 a | 67,50 b  | 39,48 c  | 26,83 b | 33,05 c | 27,25 b | 7,63 a | 11,93 c | 9,30 a  |
| Turrialba          | 59,00 a | 100,95 a | 39,18 c  | 35,88 a | 40,90 a | 35,70 a | 8,18 a | 13,08 b | 9,50 a  |
| IPR Uirapurú       | 54,40 a | 79,55 b  | 65,93 b  | 26,33 b | 31,70 c | 32,85 a | 8,03 a | 13,93 a | 8,55 a  |
| Folgado            | 56,00 a | 81,65 a  | 64,78 b  | 24,33 b | 28,40 c | 27,90 b | 7,98 a | 12,78 b | 10,75 b |
| Carioca            | 53,70 a | 77,90 b  | 50,48 c  | 35,53 a | 39,00 b | 20,90 b | 7,53 a | 13,18 b | 8,35 a  |
| BRS Campeiro       | 55,75 a | 83,30 a  | 39,68 c  | 28,38 b | 30,15 c | 22,75 b | 8,18 a | 12,18 b | 9,35 a  |
| Fogo da Serra 322  | 74,25 a | 51,85 b  | 62,03 b  | 29,93 b | 33,30 c | 21,95 b | 7,68 a | 11,03 c | 12,25 b |
| Chumbinho          | 62,70 a | 97,45 a  | 52,70 c  | 38,03 a | 39,85 a | 34,05 a | 9,18 a | 11,98 c | 11,35 b |
| Mourinho Claro     | 59,80 a | 92,77 a  | 74,13 a  | 28,88 b | 33,05 c | 35,25 a | 7,23 a | 14,03 a | 13,70 b |
| Manteigão          | 47,05 a | 78,80 b  | 66,83 b  | 24,73 b | 27,45 c | 25,50 b | 7,28 a | 11,28 c | 9,10 a  |
| Iraí               | 66,25 a | 49,45 b  | 41,38 c  | 26,93 b | 35,55 b | 21,40 b | 7,73 a | 11,68 c | 7,50 a  |
| Vagem Larga        | 56,55 a | 97,65 a  | 54,80 b  | 35,13 a | 29,20 c | 26,25 b | 8,58 a | 11,78 c | 9,15 a  |
| Mouro              | 65,55 a | 75,85 b  | 47,28 c  | 32,28 a | 32,95 c | 25,15 b | 9,03 a | 11,13 c | 9,55 a  |
| Vermelho Graúdo    | 58,00 a | 66,55 b  | 86,03 a  | 23,83 b | 33,25 c | 28,90 a | 7,08 a | 10,83 c | 7,95 a  |
| Pintadinho114      | 55,50 a | 64,70 b  | 91,13 a  | 21,33 b | 29,20 c | 32,50 a | 6,08 a | 7,98 d  | 7,10 a  |
| Quero Quero        | 55,40 a | 95,65 a  | 76,93 a  | 31,93 a | 39,35 b | 25,35 b | 6,88 a | 12,53 b | 9,55 a  |
| Predominante 140   | 72,85 a | 77,85 b  | 67,23 b  | 35,33 a | 35,40 b | 29,00 a | 8,38 a | 11,68 c | 9,85 a  |
| SCS205 Riqueza     | 60,80 a | 66,15 b  | 57,80 b  | 34,23 a | 30,80 c | 26,25 b | 8,48 a | 12,43 b | 10,30 b |
| Rosinha            | 53,45 a | 98,80 a  | 75,03 a  | 23,68 b | 26,30 c | 23,15 b | 7,43 a | 12,88 b | 8,20 a  |
| IPR Juriti         | 61,55 a | 103,05 a | 47,63 c  | 27,03 b | 33,60 c | 22,95 b | 8,73 a | 12,38 b | 8,80 a  |
| Carioca (VNS)      | 60,85 a | 77,70 b  | 68,38 b  | 34,48 a | 35,85 b | 24,30 b | 8,68 a | 12,98 b | 9,20 a  |
| Mouro128           | 70,90 a | 70,80 b  | 56,20 b  | 19,13 b | 36,90 b | 23,45 b | 6,68 a | 10,23 d | 7,95 a  |
| Fepagro Triunfo    | 60,55 a | 98,55 a  | 95,68 a  | 32,28 a | 32,15 c | 22,75 b | 8,78 a | 11,23 c | 9,25 a  |
| Bege Ibarama       | 66,70 a | 64,10 b  | 91,88 a  | 26,43 b | 33,60 c | 23,95 b | 7,68 a | 11,93 c | 7,75 a  |
| Tubiano            | 72,75 a | 76,03 b  | 107,68 a | 26,13 b | 32,80 c | 23,20 b | 6,58 a | 9,68 d  | 7,10 a  |
| Macanudo           | 55,65 a | 69,00 b  | 57,43 b  | 32,98 a | 35,30 b | 21,50 b | 7,53 a | 11,88 c | 9,10 a  |
| Mouro Graúdo Cinza | 68,70 a | 70,15 b  | 65,13 b  | 31,83 a | 42,20 a | 25,45 b | 8,78 a | 12,63 b | 8,55 a  |
| Capixaba           | 60,00 a | 74,65 b  | 43,63 c  | 35,68 a | 33,05 c | 25,85 b | 8,68 a | 12,23 b | 9,35 a  |

\*Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

A concentração de zinco variou de 19,23 mg kg<sup>-1</sup> de MS (Mouro 128 na segunda safra 2017/2018) a 49,50 mg kg<sup>-1</sup> de MS (Verde 208 na primeira safra 2017/2018), valores de zinco acima de 29,00 mg kg<sup>-1</sup> de MS são considerados altos e podem ser utilizados em programas de melhoramento genético que visem a obtenção de genótipos biofortificados (TRYPHONE, NCHIMBI-MSOLLA, 2010). Os genótipos presentes no grupo de maior valor de zinco, estratificado pelo teste de Skott-Knott, nas três safras avaliadas foram: Pérola, Verde 208,



\*: Significativo a 5% pelo teste t. <sup>ns</sup>: Não significativo.

Sendo assim, a correlação entre estes caracteres pode ser promissora por interessar ao consumidor que associa grãos maiores a um melhor rendimento de panela, devido a maior expansão dos grãos após o cozimento (CARBONELL et al., 2010). Além disso, a seleção de genótipos com maior massa de 100 grãos é promissora para os programas de melhoramento genético, uma vez que alta herdabilidade para este caractere foi observada por Singh, Deka e Ramakrishna (2014), possibilitando avanços genéticos a partir de hibridizações e subsequente seleção para este caractere.

Contudo, não é apenas a massa de 100 grãos, que determina a preferência pelo consumidor. Dentre outras características para esta escolha estão a cor dos grãos, o brilho e o tempo de cozimento. No presente estudo, a massa de 100 grãos mostrou correlação significativa, positiva e de média magnitude com o tempo de cozimento dos grãos ( $r = 0,59$ ), evidenciando que grãos com maior massa de 100 grãos apresentaram maior tempo de cozimento, fato que dificulta a seleção de genótipos com maior massa de 100 grãos e menor tempo de cozimento de grãos.

As correlações presentes neste estudo foram em sua maioria classificadas como baixas e médias. Em relação aos minerais, obtiveram significância as correlações entre a massa de 100 grãos e magnésio ( $r = -0,63$ ) e entre comprimento dos grãos e magnésio ( $r = -0,48$ ). As correlações negativas observadas, mostraram que grãos com menor massa de 100 grãos e menor comprimento tendem a expressarem maior concentração de magnésio. A única correlação significativa entre minerais foi observada entre zinco e cobre ( $r = 0,57$ ), possibilitando a seleção indireta destes caracteres com base na correlação existente. Resultados semelhantes de correlação entre zinco e cobre já haviam sido relatados em feijão (MORAIS et al., 2016; Da SILVEIRA et al., 2016; YEKEN et al., 2019). Neste estudo, as correlações entre minerais foram caracterizadas como baixas e médias e em sua maioria não foram significativas (exceto entre ferro e zinco), demonstrando dificuldade de seleção com base no caractere correlacionado.

A presença ou a ausência de correlação mostraram variar de acordo com o germoplasma avaliado. Resultados diferentes foram observados em feijão para correlações entre fósforo e ferro e entre fósforo e zinco (RIBEIRO, MEZZOMO, SANTOS 2019), para ferro e zinco (RIBEIRO et al., 2008; YEKEN et al., 2019) e entre massa de 100 grãos e tempo de cozimento de grãos (RIBEIRO, KLÄSENER 2020). Ribeiro e Kläsener (2020) encontraram correlações positivas e de alta magnitude entre a massa de 100 grãos e o tempo de cozimento de grãos e correlações positivas de média e de alta magnitudes entre o tempo de cozimento de

grãos e todos os minerais avaliados (potássio, fósforo, cobre, magnésio e ferro), mostrando a possibilidade de seleção indireta para estes caracteres e significativas chances de obtenção de linhagens biofortificadas, devido a correlação entre os caracteres. As diferenças observadas podem ser justificadas pela diversidade entre o germoplasma avaliado.

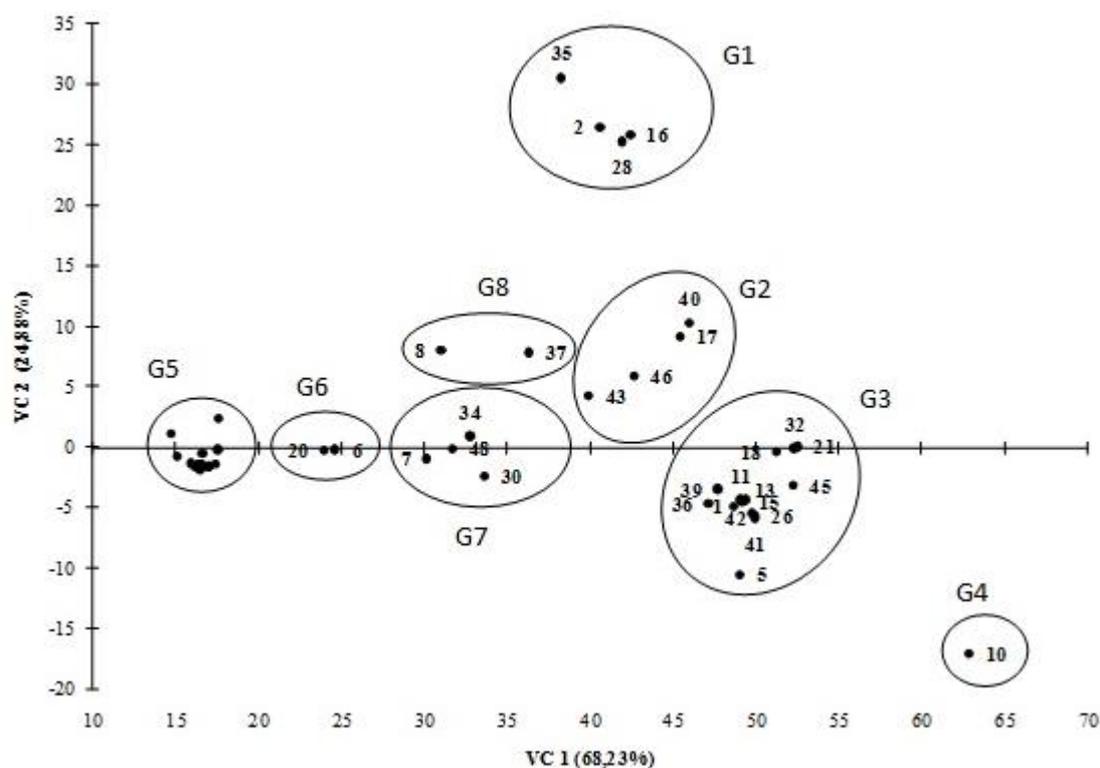
No intuito de compreender a formação de grupos de genótipos similares, a importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas (Tabela 21) foi avaliada. Sendo assim, os caracteres que mais contribuíram para a formação dos grupos foram os valores de  $L^*$  e  $a^*$ . Já os minerais mostram a menor importância na contribuição dos caracteres por apresentarem coeficientes de ponderação com maior magnitude, nas últimas variáveis canônicas.

Tabela 21 - Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas entre os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG,mm), valor de  $L^*$ ,  $a^*$ , tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg<sup>-1</sup>), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup>), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup>), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup>) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup>) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

| Caracteres | M100G  | CompG  | CORL   | CORA   | TEMPO  | P      | Mg     | Fe     | Zn     | Cu     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| M100G      | -0,138 | -0,114 | 1,007  | 0,547  | 0,001  | -0,122 | -0,045 | 0,040  | 0,074  | -0,087 |
| CompG      | 0,128  | -0,009 | -0,331 | 0,872  | 0,236  | -0,039 | -0,090 | 0,152  | 0,046  | 0,066  |
| CORL       | 0,855  | 0,142  | 0,002  | -0,218 | 0,512  | 0,096  | -0,102 | -0,014 | 0,094  | -0,067 |
| CORA       | -0,350 | -0,147 | 0,017  | -0,055 | 0,816  | -0,158 | 0,266  | -0,054 | -0,176 | -0,149 |
| TEMPO      | -0,446 | 0,963  | 0,004  | 0,005  | 0,029  | -0,284 | 0,067  | -0,124 | -0,021 | 0,274  |
| P          | -0,040 | -0,153 | 0,034  | 0,026  | 0,131  | -0,011 | -0,393 | -0,302 | 0,835  | 0,604  |
| Mg         | -0,189 | 0,318  | -0,006 | 0,006  | 0,038  | 0,925  | 0,371  | -0,135 | -0,160 | 0,145  |
| Fe         | -0,095 | 0,043  | 0,012  | -0,021 | 0,057  | 0,005  | -0,343 | 0,989  | 0,204  | -0,178 |
| Zn         | -0,097 | -0,113 | 0,022  | -0,006 | 0,124  | 0,009  | -0,620 | 0,118  | -0,550 | 0,733  |
| Cu         | 0,225  | -0,163 | 0,000  | 0,002  | -0,059 | -0,222 | 0,632  | 0,202  | -0,148 | 0,385  |

As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 93,11% da variação total, (VC 1 = 68,23% e VC 2 = 24,88%) (Figura 16). Segundo Cruz et al. (2014), a análise por variáveis canônicas só pode ser utilizada quando as duas ou três primeiras variáveis canônicas forem capazes de explicar mais de 80% da variação total. Neste caso, é possível a representação gráfica do agrupamento, possibilitando uma boa interpretação da variabilidade genética entre os genótipos.

Figura 16 – Dispersão gráfica dos escores e agrupamento dos 49 genótipos de feijão avaliados em três épocas de cultivo no município de Santa Maria - RS, realizado a partir das variáveis canônicas.



Legenda:

| Grupo   | Genótipos   |
|---------|---|
| Grupo 1 | 2 - Amendoim Comprido, 18 - Vermelho Rajado, 28 - Fogo da Serra e 35 – Vermelho Graúdo.   |
| Grupo 2 | 17 - Carioca Rosa, 40 - Rosinha, 43 - Mouro 128 e 46 - Tubiano.   |
| Grupo 3 | 1 - Pérola, 5 - Inhoque, 11 - Carioca Ibarama, 13 - BRS Estilo, 15 - Trindade, 18 - BRSMG Realce, 21 - Cavalo Claro Iraí, 26 - Carioca, 32 - Iraí, 36 - Pintadinho 114, 39 - SCS 205 Riqueza, 41 - IPR Juriti, 42 - Carioca Vila Nova do Sul, 45 - Bege Ibarma.   |
| Grupo 4 | 10 – Preguiçoso.  |
| Grupo 5 | 3 - Banana, 4 - Vagem Roxa, 9 - Rio Tibagi, 12 - Azulão, 14 - Argentino, 19 - Paraná, 22 - Guapo Brillhante, 23 - Turrialba, 24 - IPR Uirapurú, 25 - Folgado, 27 - BRS Campeiro, 29 - Chumbinho, 31 - Manteigão, 33 - Vagem Larga, 44 - Fepagro Triunfo, 47 - Macanudo, 48 - Mouro Graúdo Cinza, 49 – Capixaba. |
| Grupo 6 | 6 - Verde 208 e 20 - Milico.  |
| Grupo 7 | 7 - Rajado 319, 30 - Mourinho Claro, 34 - Mouro e 38 - Predominante 144.  |
| Grupo 8 | 8 - Guabijú Roxo e 37 - Quero-quero.  |

Os grupos foram formados principalmente pelos caracteres cor “L” e cor a\* (Tabela 16). Neste sentido, a formação do grupo 1 foi determinada pela presença de grãos de coloração vermelha com os genótipos: 2 - Amendoim Comprido, 18 - Vermelho Rajado, 28 - Fogo da Serra e 35 – Vermelho Graúdo. Já o grupo 2, foram agrupados os genótipos com grãos rosa: 17 - Carioca Rosa, 40 - Rosinha, 43 - Mouro 128 e 46 - Tubiano.

O grupo 3 foi formado pelos genótipos de grãos carioca, mulatinho, pintadinho, rajado e amarelo, com valores cor “L” (valores de “L” acima de 50,00). Neste sentido, foram

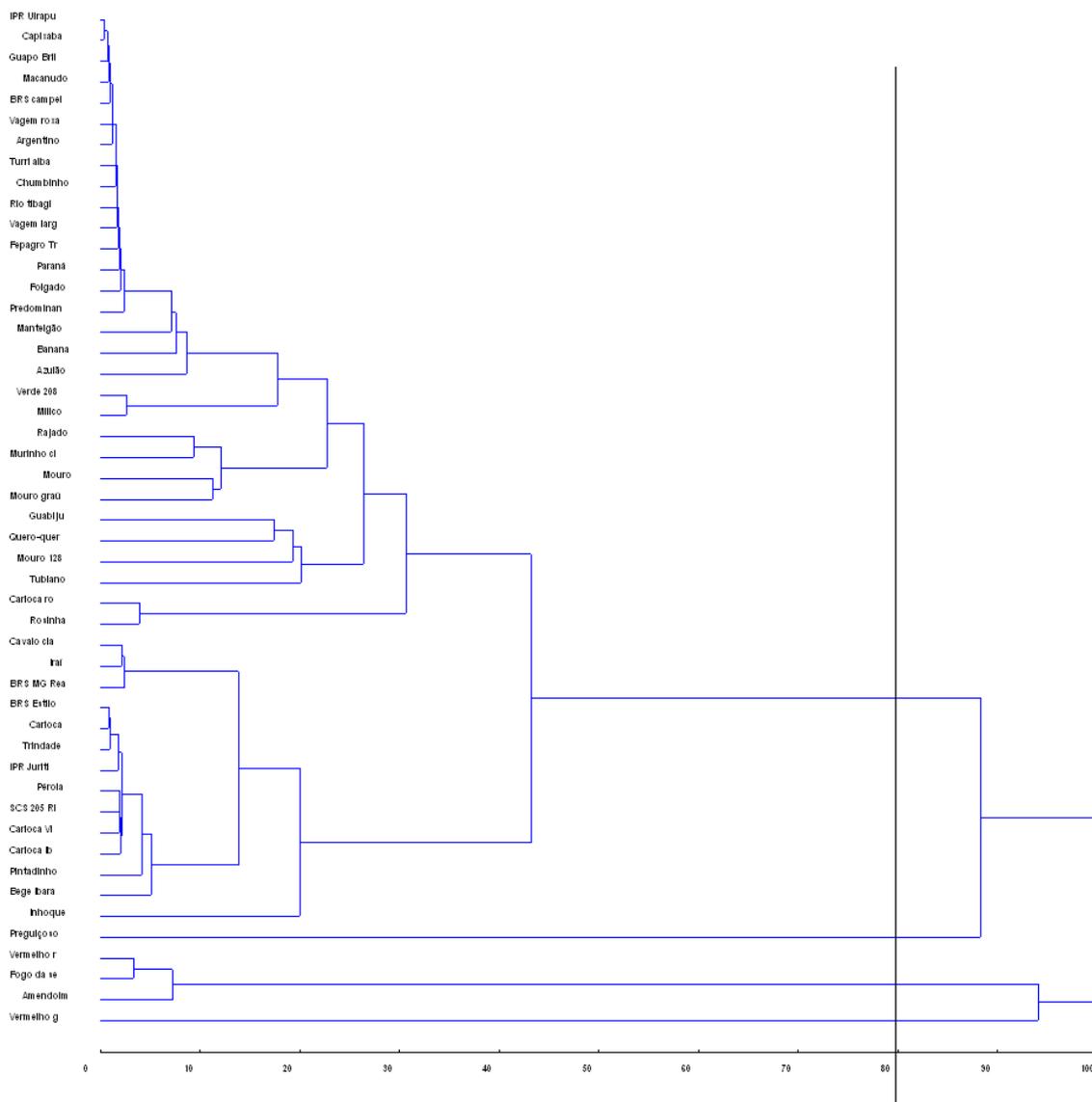
agrupados os genótipos: 1 - Pérola, 5 - Inhoque, 11 - Carioca Ibarama, 13 - BRS Estilo, 15 - Trindade, 18 - BRSMG Realce, 21 - Cavalito Claro Iraí, 26 - Carioca, 32 - Iraí, 36 - Pintadinho 114, 39 - SCS 205 Riqueza, 41 - IPR Juriti, 42 - Carioca (Vila Nova do Sul), 45 - Bege Ibarama. De acordo com Ribeiro et al. (2008), grãos de feijão do grupo carioca, que possuem valores de cor “L” superior a 55,00, tendem a ter maior aceitação e proporcionam maior valor de mercado, pois o consumidor associa a maior claridade a um menor tempo de cozimento dos grãos, fato que justifica a presença das cultivares comerciais cariocas neste grupo.

A formação do grupo 4 se diferenciou dos demais, tendo um único genótipo, a variedade local 10 - Preguiçoso, a qual se diferenciou do germoplasma avaliado com pela presença de cor unicamente branca, com os maiores valores de cor “L” nas três safras (74,43, 77,11 e 72,36, respectivamente). O grupo 5 foi formado pelos genótipos com baixos valores de cor “L” e cor  $a^*$ , predominantemente os genótipos de feijão de tegumento preto, sendo composto pelos genótipos: 3 - Banana, 4 - Vagem Roxa, 9 - Rio Tibagi, 12 - Azulão, 14 - Argentino, 19 - Paraná, 22 - Guapo Brilhante, 23 - Turrialba, 24 - IPR Uirapurú, 25 - Folgado, 27 - BRS Campeiro, 29 - Chumbinho, 31 - Manteigão, 33 - Vagem Larga, 44 - Fepagro Triunfo, 47 - Macanudo, 48 - Mouro Graúdo Cinza, 49 - Capixaba. Segundo Ribeiro et al. (2003), para grãos do grupo comercial preto deve-se priorizar a seleção de linhagens de feijão com valores de cor “L” inferiores a 22,00.

No grupo 6, as variedades locais 6 - Verde 208 e 20 - Milico foram vinculadas, devido a sua similaridade quanto aos valores de cor  $a^*$ , em tonalidades de verde. Já o grupo 7, foi caracterizado pela semelhança na cor “L” e cor  $a^*$ , em tons de cinza e foi formado pelos genótipos: 7 - Rajado 319, 30 - Mourinho Claro, 34 - Mouro e 38 - Predominante 144. Por fim, o grupo 8 congregou os genótipos 8 - Guabijú Roxo e 37 - Quero-quero, de grãos roxos.

O método de agrupamento do vizinho mais próximo foi utilizado para auxiliar na definição de possíveis hibridizações definidas. Para verificar a confiabilidade do agrupamento, o coeficiente de correlação cofenética (CCC) foi aferido e obteve-se o resultado de 0,70. Esse método foi utilizado pois apresentou o maior CCC entre os métodos hierárquicos analisados, valores próximos de 1 apresentam menores distorções nos agrupamentos (CRUZ; CARNEIRO, 2006). A partir do corte no dendrograma, utilizando 80%, foi observada a formação de quatro grupos (Figura 17).

Figura 17 - Dendrograma representativo da dissimilaridade genética de 49 genótipos de feijão avaliados em três épocas de cultivo no município de Santa Maria - RS, obtidos pela técnica de agrupamento do vizinho mais próximo.



A diferenciação dos grupos pelo método do vizinho mais próximo, à semelhança do agrupamento por variáveis canônicas, deu-se pela cor “L” e cor a\*, formando quatro grupos. O grupo 1 foi composto unicamente pela variedade local Vermelho Graúdo, o qual se diferenciou do grupo 2 composto pelos genótipos Amendoim Comprido, Fogo da Serra 322 e Vermelho Rajado, principalmente por apresentar valores de cor “L” (Apêndice 4) menores que os demais grãos de tegumento vermelho. O grupo 3 foi formado unicamente pela variedade local Preguiçoso, o qual foi a única que apresentou valores de cor “L” superiores a 70,00 nas três safras avaliadas, e por fim, o grupo 4 que composto pelos demais genótipos.

A maior similaridade dentro do germoplasma avaliado pelo método de agrupamento do vizinho mais próximo foi entre os genótipos Capixaba e IPR Uirapurú, contudo, não foram observados genótipos geneticamente idênticos, mas é notória a similaridade genética entre estes genótipos para as características avaliadas. No sentido, de maximizar a heterose e aumentar a

possibilidade de ocorrência de segregantes (CRUZ et al., 2004), deve-se evitar hibridizações entre genótipos de mesmo grupo.

O agrupamento do vizinho mais próximo, demonstrou similaridade na formação dos grupos com as variáveis canônicas, ambos realizaram os agrupamentos com base na cor “L” e cor a\*, agrupando os genótipos pela similaridade na coloração do tegumento. No método do vizinho mais distante a extratificação com 80% de similaridade formou quatro grupos, já no método de variáveis canônicas a extratificação foi maior, formando oito grupos, possibilitando melhor discriminação dos genótipos.

O índice multiplicativo foi estimado em duas etapas, com o objetivo de identificar os melhores genótipos para os caracteres avaliados. Para tanto, os genótipos de feijão foram separados em grupo de grãos claros e escuros. Para os grãos claros, as herdabilidades estimadas foram consideradas altas para todos os caracteres avaliados (Tabela 22), exceto para zinco (65,58%). Os maiores valores observados foram para cor “L” ( $h^2 = 99,23\%$ ), cor a\* ( $h^2 = 98,99\%$ ) e massa de 100 grãos ( $h^2 = 98,38\%$ ). Estimativas de herdabilidade altas indicam que a maior parte da variação genética é oriunda da variância aditiva em gerações com alta homozigose (RAMALHO et al., 2012), sendo promissoras aos programas de melhoramento genético.

Tabela 22 – Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original ( $X_o$ ), média da população selecionada ( $X_s$ ), herdabilidade ( $h^2$ , %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para cultivares de grãos claros considerando os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG,mm), valor de L\*, a\*, tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg<sup>-1</sup>), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup>), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup>), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup>) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup>) e os genótipos selecionados pelo índice de seleção multiplicativo.

(continua)

| Caracteres  | $X_o$   | $X_s$   | $h^2$ % | GS    | GS %   |
|-------------|---------|---------|---------|-------|--------|
| M100G       | 30,17   | 31,71   | 98,38   | 1,51  | 5,01   |
| CompG       | 11,62   | 11,20   | 96,65   | -0,41 | -3,54  |
| CORL        | 55,07   | 58,36   | 99,23   | 3,26  | 5,93   |
| CORA        | 6,22    | 4,08    | 98,99   | -2,12 | -34,10 |
| TEMPO       | 1008,96 | 1062,87 | 95,50   | 51,48 | 5,10   |
| P           | 3,95    | 4,63    | 86,73   | 0,59  | 15,09  |
| Mg          | 3,10    | 3,14    | 86,70   | 0,03  | 1,08   |
| Fe          | 65,12   | 64,08   | 71,31   | -0,74 | -1,14  |
| Zn          | 28,93   | 29,30   | 65,58   | 0,24  | 0,84   |
| Cu          | 9,33    | 9,35    | 84,42   | 0,02  | 0,22   |
| Ganho total |         |         |         | 53,88 | -5,51  |

Tabela 22 – Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original ( $X_o$ ), média da população selecionada ( $X_s$ ), herdabilidade ( $h^2$ , %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para cultivares de grãos claros considerando os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG,mm), valor de  $L^*$ ,  $a^*$ , tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g  $kg^{-1}$ ), magnésio (Mg, g  $kg^{-1}$ ), ferro (Fe, mg  $kg^{-1}$ ), zinco (Zn, mg  $kg^{-1}$ ) e cobre (Cu, g  $kg^{-1}$ ) e os genótipos selecionados pelo índice de seleção multiplicativo.

(conclusão)

| Cultivares selecionadas    |       |       |       |      |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| Cultivares                 | M100G | CompG | CORL  | CORA | TEMPO |
| Preguiçoso                 | 42,86 | 12,63 | 74,63 | 0,30 | 22:29 |
| Inhoque                    | 32,70 | 10,83 | 56,98 | 1,78 | 21:52 |
| Carioca (Vila Nova do Sul) | 25,69 | 10,65 | 52,61 | 6,14 | 13:26 |
| Pérola                     | 29,11 | 11,18 | 53,26 | 6,26 | 16:35 |
| Trindade                   | 28,18 | 10,70 | 54,34 | 5,90 | 14:03 |

| Cultivares                 | P    | Mg   | Fe    | Zn    | Cu    |
|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| Preguiçoso                 | 5,42 | 3,06 | 65,94 | 28,46 | 9,24  |
| Inhoque                    | 3,98 | 2,80 | 61,59 | 25,86 | 8,04  |
| Carioca (Vila Nova do Sul) | 5,11 | 3,22 | 68,98 | 31,54 | 10,29 |
| Pérola                     | 4,40 | 3,37 | 61,14 | 33,28 | 9,70  |
| Trindade                   | 4,26 | 3,25 | 62,74 | 27,36 | 9,49  |

Os valores de herdabilidades vinculados aos ganhos de seleção são mais eficientes quando analisados de forma conjunta. O germoplasma de cor clara avaliado permitiu a obtenção de ganhos de seleção superiores para os caracteres: massa de 100 grãos, cor “L”, cor  $a^*$ , tempo de cozimento dos grãos e fósforo. Sendo assim, observa-se a possibilidade de seleção de genótipos de grãos claros e de interesse do consumidor, com maior massa de 100 grãos ( $h^2 = 98,36\%$  e  $GS = 5,01\%$ ), grãos mais claros com base nos valores de cor “L” e cor  $a^*$  ( $h^2 = 99,23\%$ ,  $GS = 5,93\%$  e  $h^2 = 98,99\%$  e  $GS = -34,10\%$ , respectivamente) e com menor tempo de cozimento de grãos ( $h^2 = 95,50\%$  e  $GS = 5,10$ ), possibilidade de aumento na concentração de fósforo ( $h^2 = 86,73\%$  e  $GS = 15,09\%$ ), magnésio ( $h^2 = 86,70\%$  e  $GS = 1,08\%$ ), zinco ( $h^2 = 65,58\%$  e  $GS = 0,84\%$ ) e cobre ( $h^2 = 84,42\%$  e  $GS = 0,22\%$ ). Para concentração de ferro, Jost et al. (2009) obtiveram ganhos de seleção positivos de 11,14%, diferindo dos ganhos de seleção desta pesquisa tanto para grãos claros ( $GS = -1,14\%$ ), fato associado as diferenças entre o germoplasma avaliado pelas pesquisas.

No intuito de identificar genótipos promissores aos programas de melhoramento genético, o uso do índice multiplicativo foi utilizado e possibilitou a seleção de cinco genótipos de feijão de grãos claros: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Pérola e Trindade. A seleção desses genótipos foi baseada nos caracteres: massa de 100 grãos, comprimento dos

grãos, valores de cor “L” e cor a\*, tempo de cozimento dos grãos e nas concentrações de fósforo, magnésio, ferro, zinco e cobre. Dentre os cinco genótipos de grãos claros, quatro foram variedades locais (Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul) e Trindade) e uma cultivar (Pérola), demonstrando o potencial uso do germoplasma local nos programas de melhoramento genético para os caracteres avaliados.

Dentre as características que promoveram a seleção simultânea destes genótipos pelo índice multiplicativo, destacaram-se na variedade local Preguiçoso, os maiores valores de massa de 100 grãos e de comprimento dos grãos, característicos do centro de origem Andino. Este genótipo apresentou maior valor de cor “L”, pois foi o único que apresentou cor branca distribuída em todo o tegumento do grão, fato que por consequência impacta nos menores valores de cor a\* observados, destacou-se ainda pelo valor significativo de concentrações de fósforo apresentado por este genótipo. Já, o genótipo Inhoque, apresentou a segunda maior massa de 100 grãos e menor valor de cor a\* (devido a presença da cor amarela nos grãos).

Os genótipos do grupo carioca: Carioca (Vila Nova do Sul), Pérola e Trindade, destacaram-se por apresentar massa de 100 grãos de 25 a 33 g, valores de cor “L” acima de 50,00, além disso os genótipos Carioca (Vila Nova do Sul) e Trindade foram classificados pelo teste de Scott Knott nos grupos de menor tempo de cozimento de grãos nas três safras avaliadas, demonstrando boa aceitação comercial por apresentarem coloração adequada aos interesse do consumidor e reduzido tempo de cozimento de grãos (RIBEIRO et al., 2008). Cabe destacar a variedade local Carioca (Vila Nova do Sul), que teve o menor tempo de cozimento dentre o germoplasma de grãos claros selecionado (13 min e 26 s, em média), além de mostrar consideráveis concentrações de fósforo, cobre e a maior concentração de ferro observado dentre os genótipos selecionados.

Em relação as herdabilidades estimadas para os grãos escuros (Tabela 23), foram observadas os maiores valores para cor “L” ( $h^2 = 99,66\%$ ) cor a\* ( $h^2 = 99,85\%$ ), massa de 100 grãos ( $h^2 = 98,37\%$ ). Alta herdabilidade para valores de cor de grãos foi observada em outras pesquisas (RIBEIRO; MEZZOMO; SANTOS, 2019) e para massa de 100 grãos (SINGH; DEKA; RAMAKRISHNA, 2014). Uma alta herdabilidade para estas características indica que uma grande parte da variação fenotípica é contribuída por variação genotípica e, portanto, uma seleção confiável poderá ser feita para estes caracteres, enquanto que uma baixa herdabilidade expressa a influência do ambiente (SINGH; DEKA; RAMAKRISHNA, 2014).

Tabela 23 - Índice de seleção de 49 genótipos de feijão cultivados em três épocas no município de Santa Maria, com média da população original ( $X_o$ ), média da população selecionada ( $X_s$ ), herdabilidade ( $h^2$ , %), ganho de seleção (GS) e ganho de seleção (%) para cultivares de grãos

escuros considerando os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm), valor de L\*, a\*, tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg<sup>-1</sup>), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup>), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup>), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup>) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup>) e os genótipos selecionados pelo índice de seleção multiplicativo.

| Caracteres  | Xo      | Xs     | h <sup>2</sup> % | GS      | GS %    |
|-------------|---------|--------|------------------|---------|---------|
| M100G       | 29,93   | 26,97  | 98,73            | -2,92   | -9,76   |
| CompG       | 11,31   | 11,50  | 96,23            | 0,18    | 1,61    |
| CORL        | 28,00   | 21,94  | 99,66            | -6,04   | -21,57  |
| CORA        | 6,51    | 1,15   | 99,85            | -5,35   | -82,23  |
| TEMPO       | 1062,15 | 882,80 | 97,88            | -175,55 | -16,53  |
| P           | 4,15    | 4,04   | 80,27            | -0,09   | -2,10   |
| Mg          | 3,03    | 3,03   | 61,40            | 0,00    | 0,13    |
| Fe          | 69,26   | 69,42  | 54,96            | 0,09    | 0,13    |
| Zn          | 30,20   | 31,79  | 85,60            | 1,36    | 4,50    |
| Cu          | 9,94    | 10,54  | 74,05            | 0,45    | 4,49    |
| Ganho total |         |        |                  | -187,87 | -121,33 |

| Cultivares selecionadas |       |       |       |      |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| Cultivares              | M100G | CompG | CORL  | CORA | TEMPO |
| Argentino               | 25,32 | 11,29 | 22,19 | 1,05 | 15:16 |
| Turrialba               | 23,47 | 11,09 | 21,91 | 1,19 | 15:02 |
| Banana                  | 34,87 | 13,94 | 21,73 | 1,19 | 15:09 |
| Vagem Roxa              | 23,83 | 10,30 | 21,83 | 1,07 | 15:15 |
| Paraná                  | 27,36 | 10,90 | 22,02 | 1,26 | 12:52 |

| Cultivares | P    | Mg   | Fe    | Zn    | Cu    |
|------------|------|------|-------|-------|-------|
| Argentino  | 3,92 | 3,23 | 72,98 | 32,18 | 10,99 |
| Turrialba  | 4,70 | 3,14 | 66,38 | 37,49 | 10,25 |
| Banana     | 3,24 | 2,75 | 61,39 | 32,31 | 10,99 |
| Vagem Roxa | 3,97 | 3,03 | 77,21 | 32,16 | 10,35 |
| Paraná     | 4,35 | 3,02 | 69,16 | 24,81 | 10,14 |

A associação entre herdabilidade e ganhos de seleção no intuito de ampliar a eficiência na avaliação do germoplasma permite inferir que no grupo de genótipos de cor escura, destaca-se as possibilidade de ganho genético para os caracteres: cor “L” (h<sup>2</sup> = 99,66% e GS = -21,57%), cor a\* (h<sup>2</sup> = 99,85% e GS = -82,23%) e tempo de cozimento de grãos (h<sup>2</sup> = 97,88% e GS = -16,53%). Neste sentido, pode-se obter êxito na seleção de genótipos que apresentem coloração de grãos mais escura, com menos tons arroxeados e com reduzido tempo de cozimento de grãos, adequados ao interesse do mercado consumidor. Em relação aos minerais possibilidades de ganhos genéticos foram observadas para zinco no grupo de grãos escuros (h<sup>2</sup> = 85,60% e GS = 4,50) e cobre (h<sup>2</sup> = 74,05% e GS = 4,49). Estimativas de herdabilidade mais altas associadas ao ganho de seleção significam maiores chances de sucesso na seleção de linhagens,

contudo, a presença de herdabilidade intermediária associada ao ganho de seleção pode ser importante para determinados caracteres.

O índice de multiplicativo constitui-se num caráter adicional formado pela combinação dos vários caracteres avaliados, possibilitando ganhos favoráveis e simultâneos para vários caracteres de interesse. Neste sentido no grupo de grãos escuros, o índice multiplicativo possibilitou a identificação dos genótipos: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa e Paraná. O fato de todos os genótipos selecionados serem oriundos de germoplasma local, evidencia a necessidade de conhecimento e caracterização das variedades locais, no intuito de apoiar os programas de melhoramento genético.

Dentre os resultados observados pelo índice multiplicativo, destacou-se a variedade local Argentino que teve o menor valor de cor  $a^*$  nas três safras avaliadas, demonstrando presença intensa da coloração preta e ausência de tons roxos, características de interesse ao mercado consumidor, além disso dentre os genótipos selecionados foi o que apresentou as maiores concentrações de magnésio e cobre. A semelhança do genótipo Argentino, foi selecionado o genótipo Banana, que expressou maiores concentrações de cobre dentre os selecionados, mas com maior massa de 100 grãos e maior comprimento dos grãos. A variedade local Turrialba e Vagem Roxa proporcionaram as maiores concentrações de fósforo e zinco (Turrialba) e ferro (Vagem Roxa) dentre os genótipos selecionados. Por fim, o genótipo Paraná, apresentou vantagens principalmente em relação ao menor tempo de cozimento de grãos.

Diferentes metodologias que possibilitaram a seleção simultânea de genótipos de feijão para produtividade de grãos, desempenho agrônômico e concentração de minerais foram avaliadas por Maziero, Ribeiro, Storck (2015), os quais evidenciaram a superioridade do índice multiplicativo por apresentar ganho de seleção total superior e melhor distribuição para os caracteres avaliados, possibilitando a seleção de genótipos para caracteres agrônômicos e concentração de minerais. Pesquisas com objetivo de identificar possíveis genitores para os programas de melhoramento genético com base nas características tecnológicas e nutricionais de feijão, foram conduzidas por Ribeiro et al. (2013b), pelo índice de seleção Z, o que resultou na seleção da linhagem Gen Pr 14-2-3 com menor tempo de cozimento dos grãos, melhor produtividade de grãos e maiores concentrações de ferro, zinco, cobre, cálcio e potássio.

A identificação de linhagens com maiores produtividades de grãos e concentração de minerais foram conduzidas nas pesquisas de Ribeiro et al. (2014a) e Silva et al. (2012). Neste sentido Jost et al. (2013) avaliaram linhagens e cultivares de feijão para caracteres morfoagronômicos e concentração de minerais nos grãos (cálcio e ferro), como resultado observaram similaridade entre o índice multiplicativo e os índices base e clássico.

A utilização de índices de seleção é uma estratégia promissora aos programas de melhoramento genético, pois proporciona ao melhorista, eficiência na obtenção dos dados por considerar a melhor combinação das características desejadas em um único fator. Neste sentido, as cultivares selecionadas nos grupos de grãos claros (Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Pérola e Trindade) e grãos escuros (Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa e Paraná) demonstram potencial de uso nos programas de melhoramento genético que visem o desenvolvimento de genótipos de feijão com menor tempo de cozimento de grãos, maiores concentrações de minerais e com características de interesse ao mercado consumidor.

#### 4.4 Conclusões

Existe variabilidade genética para os caracteres de qualidade tecnológica e minerais avaliados nas variedades locais e cultivares de feijão.

A seleção indireta com base no comprimento dos grãos é eficiente para obtenção de genótipos de feijão com maior massa de 100 grãos.

Os métodos de agrupamento do vizinho mais próximo e de variáveis canônicas formam grupos similares com base nos valores de cor “L” e cor a\*, contudo, o método de agrupamento de variáveis canônicas é mais discriminante na formação dos grupos, permitindo a melhor caracterização dos grupos.

Os genótipos superiores para as características tecnológicas e de minerais, selecionados pelo índice multiplicativo são: de grãos claros: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Trindade e Pérola e de grãos escuros: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa e Paraná.

#### 4.5 Referências

ARNS F. D. et al. Combined selection in carioca beans for grain size, slow darkening and fast-cooking after storage times. **Euphytica**, Wageningen, v. 214, p. 1-12, 2018.

BARETTA, D. et al. Dissimilaridade genética de oito genitores de trigo estimados em dois ambientes. **V Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Dourados, MS, 2011.

BARILLI, L. D. et al. Componentes do rendimento em acessos de feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 9, n. 2, p. 125-133, 2010.

BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F. Chemical composition of whole grains in common beans landraces and breeding genotypes. **Holos**, v. 2, p. 81-91, 2015.

BLAIR, M. W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic**, v. 121, p. 237-248, 2010.

BLAIR, M. W. Mineral biofortification strategies for food staples: the example of common bean. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 35, p. 8287-8294, 2013.

BOROS L.; WAWER, A.; BORUCKA, K. Morphological, phenological and agronomical characterisation of variability among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) local populations from The National Centre for Plant Genetic Resources: Polish Genebank. **Journal of Horticultural Research**, v. 22, p. 123-130, 2014.

BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, 2002.

BULYABA, R. et al. Genotype by Location Effects on Yield and Seed Nutrient Composition of Common Bean. **Agronomy**, v. 10, n. 3, p. 347, 2020.

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

CASANÃS F. et al. Mapping of QTL associated with seed chemical content in a RIL population of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 192, n. 2, p. 279-288, 2013.

CELMELI T. et al. The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. **Agronomy**, v. 8, n. 9, p. 166, 2018.

CHÁVEZ-MENDOZA, C; HERNÁNDEZ-FIGUEROA, K. I.; SÁNCHEZ, E. Antioxidant capacity and phytonutrient content in the seed coat and cotyledon of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from various regions in Mexico. **Antioxidants**, v. 8, n. 1, p. 5, 2019.

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

CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 206-212, 2012.

CRUZ, C. D. CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v. 2, 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa. 668p. 2014.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 2, 2006. 585p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV, 2004. 300p.

CTSBF - Comissão Técnica Sul Brasileira De Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. Epagri, Florianópolis, p. 157, 2012.

COCHRAN, W. G. Methods for strengthening the common  $\chi^2$  tests. **Biometrics**, v. 10, p. 417-451, 1954.

DA SILVEIRA, P. M. et al. Variability of mass and content of mineral elements in grains of the common bean cultivar Pérola. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, n. 3, p. 446-450, 2016.

DI PRADO, P. R. C. et al. Genetic control and selection of common bean parents and superior segregant populations based on high iron and zinc contents, seed yield and 100-seed weight. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado**, 2019.

DONÇA, M. C. B. **Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão-caupi**. 2012, 47 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Qualidade tecnológica dos grãos**. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01\\_8\\_510200683535.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_8_510200683535.html)>. Acesso em: 26 set. 2016.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. O que é agricultura familiar. 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/454156/>>. Acesso em: 13 mai. 2020.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. In: **Revista symposium**, Recife, p. 36-41, 2008.

JOST, E. et al. Comparison among direct, indirect and index selections on agronomic traits and nutritional quality traits in common bean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, p. 1097-1104, 2013.

JOST, E. et al. Methods of selecting common bean lines having high yield, early cycle and erect growth. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 101-110, 2014.

JOST, E. et al. Potencial de aumento do teor de ferro em grãos de feijão por melhoramento genético. **Bragantia**, Bragantia, v. 68, n. 1, p. 35-42, 2009.

MARQUES, A. et al. Fatores alimentares: a relevância dos sais minerais e as deficiências ocasionadas no organismo. **Revista científica eletrônica de enfermagem**. Garça - SP. v. 4, n.11, 2020.

MAZIERO, S. M.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L. Simultaneous selection in beans for architecture, grain yield and minerals concentration, **Euphytica**, Wageningen, v. 202, n. 5, p. 1-11, 2015.

MIYAZAWA, M. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. EMBRAPA Solos, Brasília, 1999. p. 171-223.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504p.

MORAIS, N. M. et al. Selection of common bean land cultivars based on agronomic performance, cooking time, and mineral concentration. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 3, p. 1255-1266, 2016.

OLIVEIRA, V. R. et al. Perfil sensorial de cultivares de feijão. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.

PEDRAZA, D. F.; ROCHA, A. C. A.; SALES, M. C. Deficiência de micronutrientes e crescimento linear: revisão sistemática de estudos observacionais. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 11, p. 3333-3347, 2013.

PEÑA-VALDIVIA, C. B. et al. Variation in physical and chemical characteristics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grain along a domestication gradient. **Chemistry & biodiversity**, v. 8, n. 12, p. 2211-2225, 2011.

PETRY, N. et al. The potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vehicle for iron biofortification. **Nutrients**, v. 7, n. 2, p. 1144-1173, 2015.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 2000. 479p.

POERSCH, N. L. et al. Genetics of the concentration of copper in common bean seeds. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 301-306, 2013.

POSSOBOM, M. T. D. F. et al. Genetic control of the seed coat colour of Middle American and Andean bean seeds. **Genetica**, v. 143, n. 1, p. 45-54, 2015.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, p. 87-134, 2000.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa agropecuária tropical, Goiânia**, v.37, n.3, p.182-194, 2007.

RIBEIRO, N. D. et al. Combined selection for grain yield, cooking quality and minerals in the common bean. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 869-877, 2013b.

RIBEIRO, N. D. et al. Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, Bragantia, v. 67, n. 2, p. 267-273, 2008.

RIBEIRO, N. D. et al. Progresso genético em caracteres agronômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 629-633, 2003.

RIBEIRO, N. D. et al. Selection of common bean lines with high agronomic performance and high calcium and iron concentrations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1368-1375, 2013a.

RIBEIRO, N. D. et al. Selection of common bean lines with high grain yield and high grain calcium and iron concentrations. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 1, p. 77-83, 2014a.

RIBEIRO, N. D.; KLÄSENER, G. R. Physical quality and mineral composition of new Mesoamerican bean lines developed for cultivation in Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 89, p. 103479, 2020.

RIBEIRO, N. D.; MEZZOMO, H. C.; SANTOS, G. G. dos. Genetic parameters and combined selection for seed coat color and macrominerals in Mesoamerican common bean lines. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. 1-14, 2019.

RIBEIRO, N. D. et al. Evaluation of special grains bean lines for grain yield, cooking time and mineral concentrations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 15-22, 2014b.

ROSA, S. S. da. et al. Potential for increasing the zinc content in common bean using genetic improvement. **Euphytica**, Wageningen, v. 175, n. 2, p. 207-213, 2010.

SANTOS, G. G. dos; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M. Evaluation of common bean morphological traits identifies grain thickness directly correlated with cooking time. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 35-42, 2016.

SILVA, C. A. et al. Chemical composition as related to seed color of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, p. 132-137, 2012.

SINGH, B. K.; DEKA, B. C.; RAMAKRISHNA, Y. Genetic variability, heritability and interrelationships in pole-type French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v. 84, n. 3, p. 587-592, 2014.

SOARES, M. S. et al. Características físicas, químicas e sensoriais de feijões crioulos orgânicos, cultivados na região de Goiânia - GO. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 3, p. 109-118, 2012.

STOILOVA T, PEREIRA G, De SOUSA M. Morphological characterization of a small common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) collection under different environments. **Journal of Central European Agriculture**, v. 14, n. 19, 2013.

SUBANDI, W.; COMPTON, A.; EMPIG, L. T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 2, p. 184-186, 1973.

TRYPHONE, G. M.; NCHIMBI-MSOLLA, S. Diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in iron and zinc contents under greenhouse conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 8, p. 738-747, 2010.

YEKEN, M. Z. et al. Assessment of Mineral Content Variations for Biofortification of the Bean Seed. **International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences**, v.4, n.2, p. 261-269, 2018b.

YEKEN, M. Z. et al. Breeding of Dry Bean Cultivars Using *Phaseolus vulgaris* L. Landraces in Turkey. **International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences**, v. 4, p. 45-54, 2018a.

YEKEN, M. Z. et al. Determination of Turkish Common Bean Germplasm for Morpho-agronomic and Mineral Variations for Breeding Perspectives in Turkey. **Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 22, p. 38-50, 2019.

ZANOTTI, R. F. et al. Genetic variability and heritability of biofortified grain beans genotypes/Variabilidade genética e herdabilidade de genótipos de grãos biofortificados. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 5, p. 29381-29395, 2020.

ZILIO, M. et al. The genotype and crop environment affect the technological quality of common beans grains. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 14, n. 3, p. 212-220, 2014.

## 5 DISCUSSÃO

No primeiro capítulo foi realizada a caracterização morfológica das 37 variedades locais e das 12 cultivares de feijão avaliadas. A utilização dos 48 descritores morfológicos presentes no documento “instruções para a execução dos experimentos de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L)” recomendados pelo MAPA (2015), permitiu distinguir todos os genótipos avaliados.

Os descritores que caracterizaram as sementes foram capazes de distinguir praticamente todo o germoplasma avaliado. Este fato permitiu inferir que os descritores das sementes mostraram-se promissores para a identificação rápida, possibilitando considerável distinção dos genótipos de feijão do banco de germoplasma, em especial quando se analisa variedades locais as quais tendem a ter uma base genética menos estreita do que as cultivares de feijão.

Todos os genótipos de feijão avaliados mostraram diferença em pelo menos dois descritores morfológicos. Neste sentido, foi observada dificuldade para identificar apenas as variedades locais Verde 208 e Milico, uma vez que foram as únicas que apresentaram uma única diferença nos descritores (relação espessura/largura). Este fato possibilita inferir que essas variedades são geneticamente muito próximas, podendo ser a mesma variedade com denominações diferentes, fato comumente observado na agricultura familiar.

Alguns descritores tiveram dificuldade de avaliação à campo e necessitam de uso de casa-de-vegetação para melhorar a qualidade da avaliação, como a intensidade do pigmento do hipocótilo e a intensidade da coloração verde nas folhas.

No segundo capítulo foi observado variabilidade genética para os caracteres ciclo, acamamento, nota geral de adaptação, porte, altura de inserção da primeira vagem, altura de inserção da última vagem, diâmetro do hipocótilo, diâmetro do epicótilo, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

A presença de variabilidade genética observada no conjunto de caracteres avaliados, indica a possibilidade de seleção de genitores superiores para estas características. Contudo, a presença de interação genótipo x ambiente para os caracteres: ciclo, acamamento, nota geral de adaptação, porte, altura de inserção da primeira vagem, altura de inserção da última vagem, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, poderá dificultar a seleção pela variação da expressão dos caracteres nos diferentes ambientes os quais serão expostos, neste sentido o melhor genótipo para determinado ambiente, poderá não ser o melhor para outro ambiente.

O uso de análise de correlação linear de Pearson permitiu identificar os caracteres correlacionados. Neste sentido, foi observada correlação fenotípica positiva e de alta magnitude entre os caracteres: ciclo e altura de inserção da última vagem; acamamento e porte; altura de inserção da primeira vagem e altura de inserção da última vagem; altura de inserção da última vagem e produtividade de grãos; e entre o número de vagens por planta e a produtividade de grãos. Sendo assim, os resultados permitem inferir que pode-se aumentar a produtividade de grãos de feijão pela seleção de plantas com maior altura de inserção de última vagem e maior número de vagens por planta.

Em relação aos métodos de agrupamento do vizinho mais próximo e de Tocher utilizados, observaram-se diferenças em relação aos grupos formados. O método de otimização de Tocher, possibilitou maior facilidade na interpretação dos resultados, na identificação das diferenças entre os grupos formados e na definição dos cruzamentos a serem realizados entre: Fepagro Triunfo x IPR Juriti, Guapo Brilhante x IPR Juriti e Vagem Roxa x IPR Juriti.

As cultivares selecionadas pelo índice de soma de *ranks* com base em caracteres agronômicos superiores foram: Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro e Vagem Roxa, sendo estas destacadas principalmente por apresentarem maior ciclo, arquitetura ereta e alta produtividade de grãos.

No terceiro capítulo obteve-se variabilidade genética para todos os caracteres tecnológicos e de minerais avaliados, indicando a possibilidade de seleção de genótipos superiores para esses caracteres. Contudo, a presença de interação genótipo x ambiente para todos os caracteres avaliados poderá dificultar a seleção devido as diferentes respostas dos genótipos aos diferentes ambientes a serem cultivados.

Na análise de correlação linear de Pearson foi ressaltada correlação positiva e de alta magnitude apenas entre a massa de 100 grãos e o comprimento dos grãos. Neste sentido, é possível a obtenção de genótipos com maior massa de 100 grãos pela seleção indireta de genótipos com maior comprimento de grãos.

Os grupos formados pelos métodos de agrupamento do vizinho mais próximo e de variáveis canônicas formaram grupos similares com base nos caracteres cor “L” e cor a\*. O método de variáveis canônicas permitiu maior diferenciação entre os grupos contudo, com base nestes métodos de agrupamento não foi possível identificar possíveis combinações híbridas.

O índice de seleção multiplicativo foi utilizado e o germoplasma foi dividido em grupo de grãos claros e escuros, sendo que os maiores valores de herdabilidade foram constatados para os caracteres cor “L” e cor a\*, em ambos os grupos. A seleção de cinco genótipos com características de interesse, permitiu observar a superioridade para os caracteres avaliados nos

genótipos de feijão de grãos claros: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Pérola e Trindade; e de grãos escuros: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa e Paraná. Dentre os genótipos selecionados, destacou-se a maioria de variedades locais, demonstrando potencial para uso nos programas de melhoramento genético que visem qualidade tecnológica e nutricional em feijão.

## 6 CONCLUSÕES

O uso de descritores morfológicos é eficiente para diferenciar todas as variedades locais e cultivares de feijão avaliadas. Todos os genótipos apresentam peculiaridades em ao menos dois descritores. Os descritores morfológicos das sementes, possibilitam distinguir um significativo número de genótipos de feijão.

Variabilidade genética é observada para todos os caracteres fenológicos, de arquitetura de planta, de produtividade de grãos, tecnológicos e de minerais avaliados.

Aumento na produtividade de grãos pode ser realizado pela seleção indireta de plantas com maior altura de inserção de última vagem e maior número de vagens por planta e o aumento da massa de 100 grãos pode ser obtido pela seleção indireta de plantas com maior comprimento de grãos, devido as correlações existentes entre estes caracteres.

Os métodos de agrupamento formam grupos divergentes para os caracteres fenológicos, de arquitetura de planta e produtividade de grãos, sendo mais discriminante o método de Tocher. Para os caracteres tecnológicos e minerais os métodos de agrupamento formaram grupos semelhantes contudo, o método de variáveis canônicas é mais informativo.

Para os caracteres fenológicos, de arquitetura de plantas e de produtividades de grãos, o índice de soma de *ranks* identifica os seguintes genótipos superiores: Fepagro Triunfo, IPR Juriti, Guapo Brilhante, BRS Campeiro e Vagem Roxa. Para os caracteres tecnológicos e nutricionais são selecionados os genótipos de grãos claros: Preguiçoso, Inhoque, Carioca (Vila Nova do Sul), Trindade e Pérola; e os genótipos de grãos escuros: Argentino, Turrialba, Banana, Vagem Roxa e Paraná; esses genótipos são promissores para uso em programas de melhoramento genético que visem menor tempo de cozimento e maiores concentrações de minerais.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento (CNPq) pelo auxílio financeiro e bolsa de pesquisa e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-RS) pelo auxílio na obtenção das variedades locais de feijão utilizadas nesta pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

- BARILI, L. D. et al. Componentes do rendimento em acessos de feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 9, n. 2, p. 125-133, 2010.
- BERTOLDO, J. G. et al. Efeito de diferentes concentrações salinas na redução do tempo de cocção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 39 - 44, 2008.
- BRASIL. Economia e Emprego. **Agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos por brasileiro**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/07/agricultura-familiar-produz-70-dos-alimentos-consumidos-por-brasileiro>>. Acesso em: 18 out. 2016.
- BROUGHTON, W. G. et al. Beans (*Phaseolus spp.*): model food legumes. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.
- CABRAL, P. G. S. et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 132-138, 2011.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p.2138-2145, 2008.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: Biometria**. Viçosa, UFV, 2006a. 382 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Imprensa Universitária, Viçosa, MG. 2001. 390 p.
- CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Genetic divergence in common bean genotypes grown in the State of Mato Grosso do Sul, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, 206-212, 2012.
- COELHO, C. M. M. Genetic diversity in common bean accessions. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1241-1257, 2007.
- COELHO, C. M. M. et al. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Lages, v. 32, n. 3, p. 097-105, 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária**. v. 6, safra 2018/2019. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra-serie-historica-das-safra?start=20>>. Acesso em: 01/09/2020.
- DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Estatísticas do meio rural: 2010-2011**. São Paulo: DIEESE; NEAD; MDA, 2011. 292p.
- ELIAS, H. T. et al. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, 1443-1449. 2007.

EMYGDIO, B. M. Et al. Diversidade genética em cultivares locais e comerciais de feijão baseadas em marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1165-1171. 2003.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **O que é agricultura familiar**. 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/454156/>>. Acesso em: 13 mai. 2020.

FERRÃO, M. A. G. et al. Causas genéticas das correlações entre caracteres do feijoeiro avaliados no inverno. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 48, n. 279, p. 573-582, 2001.

FRANÇA, C. G. et al. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília: MDA, 2009. 96p.

GINDRI, D. M.; COELHO, C. M. M. Physiological diversity in Brazilian common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces based on selection index. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 4, p. 474-481, 2019.

JOST, E. et al. Comparison among direct, indirect and index selections on agronomic traits and nutritional quality traits in common bean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chicago, v. 93, p. 1097-1104, 2013.

KHAIDIZAR, M. I. et al. Genetic diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces grown in northeast Anatolia of Turkey assessed with simple sequence repeat markers. **Turkish Journal of Field Crops**, v. 17, n. 2, p. 145-150, 2012.

KELLER, B. et al. Genomic Prediction of Agronomic Traits in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Environmental Stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1001, 2020.

LIMA, M. S. D. et al. Characterization of genetic variability among common bean genotypes by morphological descriptors. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 1, 76-84. 2012.

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

MAPA. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária. **Perfil do feijão no Brasil**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 14 maio 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Publicado no DOU nº 133, de 15 de julho de 2015, seção 1, p. 2-4. Brasília, 2015.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano nacional para o desenvolvimento da cadeia produtiva do feijão e pulses**. Brasília-DF, 2018. 20 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais->

tematicas/documentos/camaras-setoriais/feijao/2018/4a-re/minuta-pndcpfp-indicacao-contribuicoes-versao-02-02-2018.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura familiar**. Brasília-DF, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/agricultura-familiar-1>. Acesso em: 05 de set. 2020.

MAZIERO, S. M.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L. Simultaneous selection in beans for architecture, grain yield and minerals concentration. **Euphytica**, Wageningen, v. 205, n. 2, p. 369-380, 2015.

MENDES, F. F. et al. Índice de seleção na escolha de populações segregantes de feijoeiro. In: **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. O melhoramento e os novos cenários da agricultura: anais. Vitória: Incaper, 2009.

MORAIS, N. M. **Potencial de uso agrícola e qualidade de cozimento de cultivares crioulas de feijão**. 2013. 38p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

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

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.

NEMLI, S; KIANOOSH, S; TANYOLAC, M. B. Genetic diversity and population structure of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) accessions through retrotransposon-based interprimer binding sites (iPBSs) markers. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, n. 6, p. 940-948, 2015.

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

PETERSEN, P. Sementes da Biodiversidade. **Revista Agriculturas – Experiências em Agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 4-5, 2007.

RAMALHO, M. A. P. et al. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. **UFLA, Lavras**, p. 522, 2012.

PEDRAZA, D. F.; ROCHA, A. C. A.; SALES, M. C. Deficiência de micronutrientes e crescimento linear: revisão sistemática de estudos observacionais. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 11, p. 3333-3347, 2013.

PETRY, N. et al. The potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vehicle for iron biofortification. **Nutrients**, v. 7, n. 2, p. 1144-1173, 2015.

RIBEIRO, N. D. et al. Selection of common bean lines with high agronomic performance and high calcium and iron concentrations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1368-1375, 2013.

RIBEIRO, N. D. et al. Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão do grupo especiais. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 92-100, 2014.

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

RIBEIRO, N. D.; MEZZOMO, H. C.; SANTOS, G. G dos. Genetic parameters and combined selection for seed coat color and macrominerals in Mesoamerican common bean lines. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. 1-14, 2019.

RIBEIRO, N. D.; KLÄSENER, G. R. Physical quality and mineral composition of new Mesoamerican bean lines developed for cultivation in Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 89, p. 103479, 2020.

RODRIGUES, L. S. et al. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1275-1284, 2002.

SANTOS, G. G. D.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M. Evaluation of common bean morphological traits identifies grain thickness directly correlated with cooking time. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 1, 35-42. 2016.

SANTOS, P. R. D., et al. Simultaneous selection for yield, stability, and adaptability of carioca and black beans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 6, 736-745, 2018.

SHARMA, S. et al. Variability, correlation and association studies for seed yield and component traits in common bean genotypes under North Western Himalayas. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 4, p. 1647-1651, 2019.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.

SUBANDI W; COMPTON A; EMPIG LT. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science** v. 13, 184-186, 1973.

SULZBACHER, L. J. et al. Analysis of genetic diversity in common bean genotypes through agronomic traits. **Revista Espacios**, Caracas v. 38, n.23, p. 26, 2017.

ZANOTTI, R. F. et al. Genetic variability and heritability of biofortified grain beans genotypes/Variabilidade genética e herdabilidade de genótipos de grãos biofortificados. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 5, p. 29381-29395, 2020.

ZILIO, M., et al. The genotype and crop environment affect the technological quality of common beans grains. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 14, n. 3, 212-220, 2014.



## Apêndices

Apêndice 1 - Genótipos de feijão avaliados, classe dos grãos, cor primária dos grãos, cor secundária dos grãos, hábito de crescimento (HC) e origem dos grãos em três épocas de cultivo no município de Santa Maria – RS.

(continua)

| Nº                    | Genótipo          | Classe de grãos | Cor primária | Cor secundária | HC  | Origem               |
|-----------------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|-----|----------------------|
| Variedades locais     |                   |                 |              |                |     |                      |
| 1                     | Inhoque           | amarela         | amarela      | -              | I   | Ibarama              |
| 2                     | Carioca           | carioca         | bege         | marrom         | II  | Santa Maria          |
| 3                     | Carioca (VNS)     | carioca         | bege         | marrom         | II  | Vila Nova do Sul     |
| 4                     | Trindade          | carioca         | bege         | marrom         | II  | Novo Cabrais         |
| 5                     | Carioca (Ibarama) | carioca         | bege         | marrom         | II  | Ibarama              |
| 6                     | Cavalo Claro Iraí | rajado          | bege         | violeta        | I   | Candelária           |
| 7                     | Bege Ibarama      | mulatinho       | bege         | -              | I   | Dilermando de Aguiar |
| 8                     | Pintadinho        | pintadinho      | bege         | marrom         | II  | Pelotas              |
| 9                     | Preguiçoso        | branca          | branca       | -              | II  | Candelária           |
| 10                    | Rajado 319        | marrom          | marrom       | bege           | II  | Pelotas              |
| 11                    | Mourinho Claro    | marrom          | marrom       | cinza          | III | Santana da Boa Vista |
| 12                    | Turrialba         | preto           | preta        | -              | II  | Cacequi              |
| 13                    | Paraná            | preto           | preta        | -              | II  | Canguçu              |
| 14                    | Vagem Larga       | preto           | preta        | -              | I   | Segredo              |
| 15                    | Manteigão         | preto           | preta        | -              | I   | Estrela Velha        |
| 16                    | Argentino         | preto           | preta        | -              | II  | Ibarama              |
| 17                    | Azulão            | preto           | preta        | -              | II  | Sobradinho           |
| 18                    | Predominante 140  | preto           | preta        | -              | II  | Pelotas              |
| 19                    | Chumbinho         | preto           | preta        | -              | II  | Canguçu              |
| 20                    | Vagem Roxa        | preto           | preta        | -              | II  | Sobradinho           |
| 21                    | Folgado           | preto           | preta        | -              | II  | Segredo              |
| 22                    | Banana            | preto           | preta        | -              | II  | Ibarama              |
| 23                    | Capixaba          | preto           | preta        | -              | II  | Dilermando de Aguiar |
| 24                    | Carioca Rosa      | rosinha         | rosa         | -              | II  | Vila Nova do Sul     |
| 25                    | Rosinha           | rosinha         | rosa         | -              | II  | Candelária           |
| 26                    | Milico            | verde           | verde        | -              | I   | Ibarama              |
| 27                    | Verde 208         | verde           | verde        | -              | I   | Canguçu              |
| 28                    | Tubiano           | vermelha        | vermelha     | branca         | I   | Ibarama              |
| 29                    | Amendoim Comprido | vermelha        | vermelha     | -              | II  | Ibarama              |
| 30                    | Fogo da Serra 322 | vermelha        | vermelha     | rosa           | I   | Canguçu              |
| 31                    | Vermelho Graúdo   | vermelha        | vermelha     | -              | I   | Novo Cabrais         |
| 32                    | Vermelho Rajado   | vermelha        | vermelha     | rosa           | I   | Ibarama              |
| 33                    | Quero Quero       | violeta         | violeta      | bege           | II  | Ibarama              |
| 34                    | Mouro             | violeta         | violeta      | preta          | I   | Santana da Boa Vista |
| 35                    | Mouro 128         | violeta         | violeta      | preto/marrom   | I   | Santana da Boa Vista |
| 36                    | Mouro Graúdo      | violeta         | cinza        | Preto/marrom   | II  | Ibarama              |
| 37                    | Guabiju Roxo      | roxo            | violeta      | -              | I   | Ibarama              |
| Cultivares comerciais |                   |                 |              |                |     |                      |
| 38                    | SCS205 Riqueza    | carioca         | bege         | marrom         | II  | EPAGRI               |
| 39                    | BRS Estilo        | carioca         | bege         | marrom         | II  | EMBRAPA              |
| 40                    | IPR Juriti        | carioca         | bege         | marrom         | II  | IAPAR                |
| 41                    | Pérola            | carioca         | bege         | marrom         | III | EMBRAPA              |

Apêndice 1 - Genótipos de feijão avaliados, classe dos grãos, cor primária dos grãos, cor secundária dos grãos, hábito de crescimento (HC) e origem dos grãos em três épocas de cultivo no município de Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Cultivares comerciais |                 |        |       |         |                 |
|-----------------------|-----------------|--------|-------|---------|-----------------|
| 42                    | BRSMG Realce    | rajado | bege  | violeta | I EMBRAPA       |
| 43                    | Iraí            | rajado | bege  | violeta | I DDPA/FEPAGRO  |
| 44                    | IPR Uirapurú    | preto  | preta | -       | II IAPAR        |
| 45                    | BRS Campeiro    | preto  | preta | -       | II EMBRAPA      |
| 46                    | Macanudo        | preto  | preta | -       | III EMBRAPA     |
| 47                    | Guapo Brilhante | preto  | preta | -       | II EMBRAPA      |
| 48                    | Rio Tibagi      | preto  | preta | -       | II DDPA/FEPAGRO |
| 49                    | Fepagro Triunfo | preto  | preta | -       | II DDPA/FEPAGRO |

Onde: Carioca (VNS): Carioca (Vila Nova do Sul). EPAGRI: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; IAPAR: Instituto Agrônômico do Paraná; DDPA/FEPAGRO: Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária/ Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária.

Apêndice 2 - Análises individuais dos ambientes considerando o delineamento látice para os caracteres: ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g), produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(continua)

| Fonte de Variação | GL | CICLO    |         |          | ACA    |        |        |
|-------------------|----|----------|---------|----------|--------|--------|--------|
|                   |    | Ano 1    | Ano 2   | Ano 3    | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Repetição         | 1  | 535,11   | 17,15   | 3,68     | 102,04 | 1,72   | 4,08   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 100,68   | 43,75   | 131,66   | 3,79   | 4,39   | 1,61   |
| Genótipos         | 48 | 217,71 * | 42,90 * | 156,61 * | 1,84 * | 5,51 * | 2,59 * |
| Erro efetivo      | 36 | 51,29    | 8,15    | 1,67     | 0,55   | 0,67   | 1,62   |
| Eficiência Látice |    | 93,40    | 100,49  | 100,17   | 148,90 | 99,55  | 87,27  |
| CV (%)            |    | 7,66     | 2,70    | 1,63     | 15,63  | 13,58  | 18,92  |

| Fonte de Variação | GL | STG                |        |                    | NG     |        |        |
|-------------------|----|--------------------|--------|--------------------|--------|--------|--------|
|                   |    | Ano 1              | Ano 2  | Ano 3              | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Repetição         | 1  | 2,00               | 26,54  | -0,00              | 27,59  | 0,83   | 13,97  |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 0,65               | 1,39   | 0,83               | 1,63   | 1,97   | 1,06   |
| Genótipos         | 48 | 0,77 <sup>ns</sup> | 2,85 * | 0,76 <sup>ns</sup> | 1,37 * | 1,80 * | 1,58 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,74               | 1,15   | 0,76               | 0,31   | 0,76   | 0,74   |
| Eficiência Látice |    | 90,32              | 105,51 | 95,70              | 156,23 | 89,21  | 91,68  |
| CV (%)            |    | 17,70              | 32,05  | 44,04              | 10,67  | 13,59  | 12,43  |

| Fonte de Variação | GL | PORTE  |        |                    | A1V    |         |        |
|-------------------|----|--------|--------|--------------------|--------|---------|--------|
|                   |    | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3              | Ano 1  | Ano 2   | Ano 3  |
| Repetição         | 1  | 1,47   | 0,09   | 0,26               | 28,03  | 0,72    | 0,85   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 1,44   | 1,50   | 0,52               | 4,75   | 39,54   | 4,93   |
| Genótipos         | 48 | 1,93 * | 2,48 * | 1,31 <sup>ns</sup> | 4,42 * | 52,13 * | 9,34 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,59   | 0,67   | 1,04               | 2,54   | 7,34    | 5,07   |
| Eficiência Látice |    | 133,46 | 100,12 | 82,87              | 102,38 | 97,01   | 87,33  |
| CV (%)            |    | 16,68  | 14,61  | 15,58              | 14,78  | 14,20   | 13,56  |

Apêndice 2 - Análises individuais dos ambientes considerando o delineamento látice para os caracteres: ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de adaptação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g), produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

(conclusão)

| Fonte de Variação | GL | AUV     |          |         | DHIPOC |        |        |
|-------------------|----|---------|----------|---------|--------|--------|--------|
|                   |    | Ano 1   | Ano 2    | Ano 3   | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Repetição         | 1  | 159,80  | 26,15    | 24,26   | 0,27   | 1,77   | 0,55   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 39,77   | 111,36   | 66,43   | 0,47   | 0,31   | 0,29   |
| Genótipos         | 48 | 30,94 * | 214,13 * | 93,99 * | 0,74 * | 0,93 * | 0,76 * |
| Erro efetivo      | 36 | 16,21   | 25,49    | 26,56   | 0,12   | 0,23   | 0,36   |
| Eficiência Látice |    | 102,24  | 100,09   | 94,78   | 100,45 | 90,22  | 93,49  |
| CV (%)            |    | 18,86   | 11,41    | 13,55   | 8,06   | 7,99   | 11,41  |

| Fonte de Variação | GL | DEPIC  |        |        | NVP    |         |         |
|-------------------|----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|                   |    | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  | Ano 1  | Ano 2   | Ano 3   |
| Repetição         | 1  | 0,69   | 2,85   | 0,50   | 7,55   | 67,81   | 1,35    |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 0,50   | 0,29   | 0,37   | 6,77   | 11,50   | 12,51   |
| Genótipos         | 48 | 0,67 * | 0,75 * | 0,83 * | 9,29 * | 16,98 * | 14,12 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,16   | 0,20   | 0,46   | 1,71   | 8,34    | 5,85    |
| Eficiência Látice |    | 93,35  | 101,57 | 94,16  | 96,96  | 89,96   | 100,70  |
| CV (%)            |    | 9,16   | 8,34   | 12,47  | 19,12  | 21,71   | 26,61   |

| Fonte de Variação | GL | NGP      |          |          | NGV    |        |        |
|-------------------|----|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
|                   |    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    | Ano 1  | Ano 2  | Ano 3  |
| Repetição         | 1  | 250,62   | 373,50   | 0,12     | 0,82   | 0,53   | 0,06   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 169,20   | 265,85   | 260,17   | 0,45   | 0,37   | 0,35   |
| Genótipos         | 48 | 230,86 * | 431,31 * | 285,15 * | 0,95 * | 0,67 * | 0,37 * |
| Erro efetivo      | 36 | 39,82    | 135,36   | 107,46   | 0,14   | 0,09   | 0,11   |
| Eficiência Látice |    | 99,14    | 90,60    | 100,04   | 101,97 | 114,06 | 94,93  |
| CV (%)            |    | 25,44    | 23,02    | 29,95    | 11,06  | 9,74   | 8,68   |

| Fonte de Variação | GL | M100G    |         |         | PROD        |             |             |
|-------------------|----|----------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|
|                   |    | Ano 1    | Ano 2   | Ano 3   | Ano 1       | Ano 2       | Ano 3       |
| Repetição         | 1  | 9,70     | 1,01    | 8,76    | 231232,06   | 1738014,99  | 31895,08    |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 74,81    | 27,24   | 41,94   | 226653,07   | 711678,21   | 195327,75   |
| Genótipos         | 48 | 146,30 * | 52,61 * | 67,58 * | 182424,34 * | 671502,65 * | 226341,15 * |
| Erro efetivo      | 36 | 4,22     | 3,06    | 3,22    | 63928,63    | 178567,75   | 43338,04    |
| Eficiência Látice |    | 87,69    | 103,06  | 101,11  | 109,07      | 93,83       | 96,77       |
| CV (%)            |    | 6,82     | 6,23    | 5,73    | 26,40       | 20,06       | 16,72       |

\*: Significativo a 5% pelo teste F. <sup>ns</sup>: Não significativo.

Apêndice 3 - Análise da variância conjunta dos ambientes considerando o delineamento blocos ao acaso para os caracteres: ciclo (dias), acamamento (ACA), *stay green* (STG), nota geral de apatação (NG), porte, altura da inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura da inserção da última vagem (AUV, cm), diâmetro do hipocótilo (DHIPOC, mm), diâmetro do epicótilo (DEPIC, mm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

| F.V.           | G.L. | Quadrado médio |                    |          |                     |                    |
|----------------|------|----------------|--------------------|----------|---------------------|--------------------|
|                |      | CICLO          | ACA                | STG      | NG                  | PORTE              |
| Bloco/Ambiente | 3    | 185,32         | 35,95              | 9,51     | 14,13               | 0,60               |
| Genótipo(G)    | 48   | 311,04 *       | 4,28 *             | 1,33 *   | 2,95 *              | 2,20 *             |
| Ambiente(A)    | 2    | 19024,67 *     | 3,31 <sup>ns</sup> | 178,59 * | 25,07 <sup>ns</sup> | 2,61 <sup>ns</sup> |
| G x A          | 96   | 126,16 *       | 3,59 *             | 1,51 *   | 1,29 *              | 1,64 *             |
| Resíduo        | 144  | 40,99          | 1,02               | 0,91     | 0,64                | 0,82               |
| Média          |      | 92,67          | 6,20               | 3,38     | 6,59                | 5,78               |
| CV(%)          |      | 6,91           | 16,27              | 28,18    | 12,17               | 15,67              |
| AS             |      | 0,85           | 0,85               | 0,63     | 0,71                | 0,71               |

| F.V.            | G.L. | A1V       | AUV        | DHIPOC  | DEPIC              | NVP                |
|-----------------|------|-----------|------------|---------|--------------------|--------------------|
| Blocos/Ambiente | 3    | 9,86      | 70,07      | 0,86    | 1,35               | 25,57              |
| Genótipo(G)     | 48   | 38,11 *   | 273,05 *   | 1,90 *  | 1,72 *             | 34,03 *            |
| Ambiente(A)     | 2    | 1394,62 * | 12617,67 * | 46,69 * | 54,00 *            | 1048,23 *          |
| G x A           | 96   | 18,53 *   | 51,43 *    | 0,33 *  | 0,32 <sup>ns</sup> | 5,35 <sup>ns</sup> |
| Resíduo         | 144  | 4,77      | 22,91      | 0,22    | 0,26               | 5,09               |
| Média           |      | 15,19     | 34,64      | 5,04    | 5,01               | 9,75               |
| CV(%)           |      | 14,38     | 13,82      | 9,35    | 10,28              | 23,41              |
| AS              |      | 0,86      | 0,74       | 0,57    | 0,43               | 0,22               |

| F.V.            | G.L. | NGP                  | NGV                | M100G    | PROD          |
|-----------------|------|----------------------|--------------------|----------|---------------|
| Blocos/Ambiente | 3    | 208,08               | 0,47               | 6,49     | 667047,38     |
| Genótipo(G)     | 48   | 862,36 *             | 1,61 *             | 250,96 * | 913927,36 *   |
| Ambiente(A)     | 2    | 13519,01 *           | 0,65 <sup>ns</sup> | 406,05 * | 27127494,26 * |
| G x A           | 96   | 100,06 <sup>ns</sup> | 0,28 *             | 24,45 *  | 188400,19 *   |
| Resíduo         | 144  | 90,21                | 0,12               | 3,50     | 95776,97      |
| Média           |      | 35,87                | 3,58               | 30,00    | 1440,59       |
| CV(%)           |      | 26,48                | 9,84               | 6,24     | 21,48         |
| AS              |      | 0,31                 | 0,74               | 0,93     | 0,70          |

\*: Significativo a 5% pelo teste F. <sup>ns</sup>: Não significativo.

Apêndice 4 - Análises individuais dos ambientes considerando o delineamento látice para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm), largura dos grãos (LargG, mm), espessura dos grãos (EspeG, mm), cor “L”, cor a\*, cor b\*, número de grãos normais (GN), porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %) e tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), fósforo (P, g kg<sup>-1</sup>), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup>), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup>), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup>) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup>).

(continua)

| Fonte de Variação | GL | M100G      |           |           | CompG    |          |          |
|-------------------|----|------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
|                   |    | Ano 1      | Ano 2     | Ano 3     | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Repetição         | 1  | 9,6989     | 1,0102    | 8,7601    | 0,0030   | 4,6556   | 0,3847   |
| Bl/Rep            | 12 | 2,1433     | 4,3920    | 3,9913    | 0,3395   | 0,2290   | 0,6677   |
| Genótipos         | 48 | 164,4719 * | 57,8155 * | 76,4953 * | 6,4629 * | 3,4080 * | 3,0720 * |
| Erro efetivo      | 36 | 4,2222     | 3,2938    | 3,3730    | 0,2899   | 0,2595   | 0,6620   |
| Eficiência Látice |    | 87,6906    | 103,0571  | 101,1135  | 100,9850 | 97,0586  | 100,0034 |
| CV                |    | 7,2808     | 6,1391    | 5,6998    | 4,6801   | 4,4683   | 7,1891   |

| Fonte de Variação | GL | LargG    |          |          | EspeG    |          |          |
|-------------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                   |    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Repetição         | 1  | 0,0010   | 1,1037   | 0,2103   | 0,1913   | 0,5115   | 0,0772   |
| Bl/Rep            | 12 | 6,7421   | 6,8052   | 7,5177   | 3,6846   | 3,9224   | 2,3490   |
| Genótipos         | 48 | 1,1025 * | 0,4903 * | 0,6143 * | 0,9480 * | 0,4310 * | 0,5197 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,0615   | 0,0615   | 0,0599   | 0,0456   | 0,0416   | 0,0523   |
| Eficiência Látice |    | 100,3497 | 100,4251 | 101,9499 | 95,1930  | 98,5822  | 86,2364  |
| CV                |    | 3,3200   | 3,5706   | 3,5466   | 4,2916   | 3,9812   | 4,3088   |

| Fonte de Variação | GL | Cor “L”    |            |            | Cor a*    |           |           |
|-------------------|----|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                   |    | Ano 1      | Ano 2      | Ano 3      | Ano 1     | Ano 2     | Ano 3     |
| Repetição         | 1  | 0,0420     | 0,2140     | 1,1079     | 1,6771    | 0,7390    | 1,0492    |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 1,1089     | 2,2255     | 0,5578     | 0,4850    | 0,2683    | 0,4288    |
| Genótipos         | 48 | 436,3760 * | 367,4910 * | 446,7483 * | 81,6441 * | 79,2900 * | 96,3165 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,6368     | 1,6615     | 1,3417     | 0,5975    | 0,4722    | 0,3935    |
| Eficiência Látice |    | 110,3770   | 103,1472   | 85,3929    | 95,2928   | 89,2070   | 100,3053  |
| CV                |    | 2,1210     | 3,5927     | 3,2766     | 12,2840   | 10,7729   | 9,5213    |

| Fonte de Variação | GL | Cor b*     |            |            | GN       |          |          |
|-------------------|----|------------|------------|------------|----------|----------|----------|
|                   |    | Ano 1      | Ano 2      | Ano 3      | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Repetição         | 1  | 0,1152     | 5,4120     | 0,2500     | 0,0064   | 0,0001   | 0,0906   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 0,7347     | 0,9727     | 0,7324     | 0,1141   | 1,9168   | 1,2142   |
| Genótipos         | 48 | 109,5307 * | 121,9192 * | 104,4785 * | 3,8961 * | 1,9791 * | 1,3460 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,5912     | 0,9604     | 0,6207     | 0,1264   | 0,0449   | 0,0178   |
| Eficiência Látice |    | 101,8067   | 100,0070   | 101,0782   | 97,5732  | 85,6752  | 92,0476  |
| CV                |    | 9,8806     | 12,7573    | 11,4498    | 3,3734   | 2,1734   | 1,3545   |

| Fonte de Variação | GL | Abs %    |          |          | Tempo         |               |               |
|-------------------|----|----------|----------|----------|---------------|---------------|---------------|
|                   |    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    | Ano 1         | Ano 2         | Ano 3         |
| Repetição         | 1  | 0,1536   | 2,1513   | 2,1513   | 1071,1837     | 57702,8980    | 74442,8673    |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 0,2728   | 0,2365   | 0,2680   | 26208,2789    | 8974,6003     | 32250,2007    |
| Genótipos         | 48 | 3,2609 * | 2,9512 * | 2,2467 * | 334432,8063 * | 409086,9167 * | 199566,4202 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,3730   | 0,3311   | 0,4123   | 17740,0962    | 14220,108     | 27033,6198    |
| Eficiência Látice |    | 93,2806  | 92,8554  | 91,2530  | 105,3934      | 90,7780       | 101,2177      |
| CV                |    | 6,8252   | 6,1422   | 7,0101   | 13,8842       | 9,7825        | 17,1396       |

Apêndice 4 - Análises individuais dos ambientes considerando o delineamento látice para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm), largura dos grãos (LargG, mm), espessura dos grãos (EspeG, mm), cor “L”, cor a\*, cor b\*, número de grãos normais (GN), porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %) e tempo de cozimento dos grãos (Tempo, minutos:segundos), fósforo (P, g kg<sup>-1</sup>), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup>), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup>), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup>) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup>).

(conclusão)

| Fonte de Variação | GL | P        |          |          | Mg       |          |          |
|-------------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                   |    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Repetição         | 1  | 1,1143   | 0,0041   | 0,3897   | 0,0007   | 0,1257   | 0,0059   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 0,6293   | 0,4441   | 0,3593   | 3,2629   | 5,8694   | 3,4414   |
| Genótipos         | 48 | 4,1186 * | 4,3508 * | 5,2299 * | 0,1007 * | 0,1987 * | 0,0771 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,8079   | 0,4309   | 0,7258   | 0,0463   | 0,1091   | 0,0307   |
| Eficiência Látice |    | 94,4737  | 100,0393 | 87,3770  | 92,6375  | 88,4528  | 100,5369 |
| CV                |    | 22,8104  | 17,2010  | 18,9426  | 8,0640   | 9,9637   | 5,5284   |

| Fonte de Variação | GL | Fe         |            |            | Zn        |           |           |
|-------------------|----|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                   |    | Ano 1      | Ano 2      | Ano 3      | Ano 1     | Ano 2     | Ano 3     |
| Repetição         | 1  | 1013,7861  | 140,8082   | 1,2437     | 224,4172  | 20,5715   | 71,6576   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 27,8028    | 275,0994   | 194,7762   | 10,2458   | 7,2483    | 6,2971    |
| Genótipos         | 48 | 153,1442 * | 337,0997 * | 774,3781 * | 42,6732 * | 43,8243 * | 27,6216 * |
| Erro efetivo      | 36 | 39,9225    | 193,9805   | 173,3290   | 14,5433   | 11,2740   | 6,4813    |
| Eficiência Látice |    | 92,4105    | 104,3901   | 100,5527   | 92,6126   | 91,0731   | 99,2893   |
| CV                |    | 10,1733    | 18,1855    | 20,1699    | 13,0317   | 9,7633    | 9,8746    |

| Fonte de Variação | GL | Cu       |          |          |
|-------------------|----|----------|----------|----------|
|                   |    | Ano 1    | Ano 2    | Ano 3    |
| Repetição         | 1  | 18,4658  | 0,0744   | 2,3887   |
| Bl/Rep (Aj)       | 12 | 0,9968   | 1,8269   | 0,8351   |
| Genótipos         | 48 | 1,3446 * | 4,0028 * | 3,4646 * |
| Erro efetivo      | 36 | 0,7572   | 1,6618   | 0,7385   |
| Eficiência Látice |    | 102,8075 | 100,3700 | 100,6106 |
| CV                |    | 11,0832  | 10,6651  | 9,2215   |

\*: Significativo a 5% pelo teste F. <sup>ns</sup>: Não significativo.

Apêndice 5 - Análise de variância conjunta dos ambientes considerando o delineamento blocos ao acaso para os caracteres: massa de 100 grãos (M100G, g), comprimento dos grãos (CompG, mm), largura dos grãos (LargG, mm), espessura dos grãos (EspeG, mm), valor de L\*, a\*, b\*, grãos normais (GN, %), porcentagem de absorção de água pelos grãos (Abs, %), tempo de cozimento (Tempo, minutos:segundos), concentração de fósforo (P, g kg<sup>-1</sup> de matéria seca - MS), magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup> de Ms), ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup> de Ms), zinco (Zn, mg kg<sup>-1</sup> de Ms) e cobre (Cu, g kg<sup>-1</sup> de Ms) avaliado em 49 genótipos de feijão semeados em segunda safra 2017, primeira safra 2017/18 e segunda safra 2018, em Santa Maria – RS.

| Fonte de variação | G.L | Quadrado médio |                    |        |        |           |
|-------------------|-----|----------------|--------------------|--------|--------|-----------|
|                   |     | M100G          | CompG              | LargG  | EspeG  | Cor “L”   |
| Bloco/Ambiente    | 3   | 6,49           | 1,668              | 0,44   | 0,26   | 0,45      |
| Genótipo(G)       | 48  | 250,96 *       | 10,83 *            | 1,88 * | 1,65 * | 1229,20 * |
| Ambiente(A)       | 2   | 406,05 *       | 0,87 <sup>ns</sup> | 9,81 * | 2,66 * | 138,65 *  |
| G x A             | 96  | 24,45 *        | 1,06 *             | 0,16 * | 0,12 * | 11,34 *   |
| Resíduo           | 144 | 3,50           | 0,40               | 0,06   | 0,04   | 1,19      |
| Média             |     | 30,00          | 11,41              | 7,10   | 5,13   | 36,28     |
| CV(%)             |     | 6,24           | 5,56               | 3,49   | 4,05   | 3,00      |
| AS                |     | 0,93           | 0,79               | 0,78   | 0,80   | 0,95      |

| Fonte de variação | GL  | Cor a*             | Cor b*   | GN     | Abs                | Tempo        |
|-------------------|-----|--------------------|----------|--------|--------------------|--------------|
| Bloco/Ambiente    | 3   | 1,15               | 1,93     | 0,03   | 0,79               | 44405,65     |
| Genótipo(G)       | 48  | 250,60 *           | 326,03 * | 6,64 * | 6,94 *             | 847258,53 *  |
| Ambiente(A)       | 2   | 2,27 <sup>ns</sup> | 23,89 *  | 1,94 * | 4,33 <sup>ns</sup> | 2203156,30 * |
| G x A             | 96  | 3,36 *             | 4,80 *   | 0,38 * | 0,76 *             | 47725,38 *   |
| Resíduo           | 144 | 0,46               | 0,73     | 0,95   | 0,34               | 19656,14     |
| Média             |     | 6,42               | 7,45     | 9,72   | 9,16               | 00:17:42     |
| CV(%)             |     | 10,58              | 11,47    | 3,17   | 6,40               | 13,40        |
| AS                |     | 0,93               | 0,92     | 0,86   | 0,74               | 0,77         |

| Fonte de variação | GL  | P       | Mg      | Fe        | Zn        | Cu       |
|-------------------|-----|---------|---------|-----------|-----------|----------|
| Bloco/Ambiente    | 3   | 0,50    | 0,04    | 385,28    | 105,55    | 6,98     |
| Genótipo(G)       | 48  | 3,49 *  | 0,21 *  | 362,05 *  | 61,31 *   | 5,05 *   |
| Ambiente(A)       | 2   | 12,90 * | 11,31 * | 5678,17 * | 1837,99 * | 453,43 * |
| G x A             | 96  | 5,10 *  | 0,08 *  | 449,14 *  | 26,40 *   | 1,84 *   |
| Resíduo           | 144 | 0,61    | 0,06    | 137,89    | 10,06     | 1,06     |
| Média             |     | 4,08    | 3,05    | 67,99     | 29,81     | 9,75     |
| CV(%)             |     | 19,11   | 7,81    | 17,27     | 10,64     | 10,57    |
| AS                |     | 0,94    | 0,55    | 0,83      | 0,79      | 0,65     |

\*: Significativo a 5% pelo teste F. <sup>ns</sup>: Não significativo.