

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

SABRINA COLODETTE ALTOÉ

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE FEIJÃO COMUM:
CRIoulos E COMERCIAIS**

ALEGRE
2018

SABRINA COLODETTE ALTOÉ

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE FEIJÃO COMUM:
CRIoulos E COMERCIAIS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Adésio Ferreira

ALEGRE
2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Sul, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)
Bibliotecário: Felício Gomes Corteletti – CRB-6 ES-000646/O

A469c Altoé, Sabrina Colodette, 1991-
Caracterização química de grãos de feijão comum: crioulos e comerciais / Altoé, Sabrina Colodette. – 2018.
69 f. : il.

Orientador: Adésio Ferreira.

Coorientadores: Márcia Flores da Silva Ferreira; Cíntia Machado de Oliveira Moulin Carias.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Feijão comum. 2. Bromatologia. 3. Nutrição. 4. Plantas - Variação. I. Ferreira, Adésio. II. Ferreira, Márcia Flores da Silva; III. Carias, Cíntia Machado de Oliveira Moulin. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

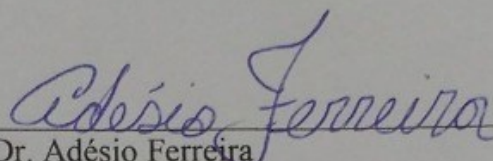
SABRINA COLODETTE ALTOÉ

**CARACTERIZAÇÃO DE GRÃOS DE FEIJÃO COMUM:
CRIoulos E COMERCIAIS**

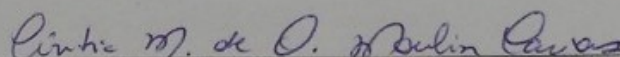
Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2018.

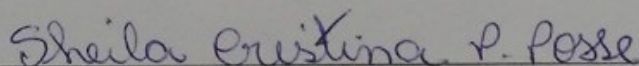
COMISSÃO EXAMINADORA:



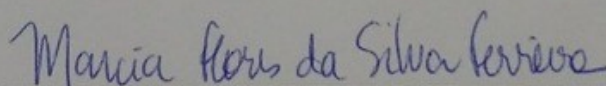
Prof. Dr. Adésio Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



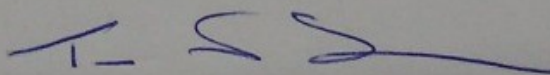
Dr^a. Cíntia Machado de Oliveira Moulin Carias
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora



Dr^a. Sheila Cristina Prucoli Posse
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
Examinadora



Prof^a. Dr^a. Marcia Flores da Silva Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora



Prof. Dr. Tércio da Silva de Souza
Instituto Federal do Espírito Santo
Examinador

Deus, minha força.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conceder-me saúde para chegar até aqui e poder desfrutar de suas maravilhas.

Ao professor Adésio por toda colaboração. Muitas vezes no desânimo, suas palavras de incentivo serviram como impulso para continuar, se mostrando mais que um orientador, um amigo.

As coorientadoras, Cíntia Machado de Oliveira Moulin Carias e a professora Márica Flores da Silva Ferreira, pelo auxílio no desenvolvimento dessa pesquisa, pelos ensinamentos, carinho e incentivo.

Ao IFES pela disponibilização do Laboratório de Química para realização das análises bromatológicas; aos técnicos Jaqueline e Adriano, pela ajuda, boa vontade e ensinamentos.

Ao professor Marcelo por disponibilizar o Laboratório de fitotecnia para realização de análises. A técnica Larissa Andrade por toda paciência e ajuda; a técnica Sonia Maria por sua colaboração e carinho.

Aos amigos da Biometria e do Laboratório de Genética e Melhoramento: Ramon, Natália, Edson, José Henrique, Beatriz, Lidiane, Guilherme, Matheus e Marina, por tornarem meus dias mais divertidos e pelos suportes sempre que precisei.

A toda a minha família por todo apoio, ajuda e incentivo.

Aos órgãos de fomento FAPES, CNPq e CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À Universidade Federal do Espírito Santo/UFES e ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Enfim, a todos que, de alguma forma, participaram e contribuíram para realização deste trabalho, meu eterno obrigado!

Você faz suas escolhas, e suas escolhas fazem você.

(William Shakespeare)

RESUMO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie autógama cultivada há centenas de anos, com boa adaptação em diversos climas, o que permite seu cultivo durante todo ano. A diversidade genética desta espécie é ampla, condição essencial para obtenção de genótipos superiores em programas de melhoramento genético. Diante de sua importância para consumo humano no mundo, inúmeras pesquisas em relação às propriedades nutricionais do feijão são realizadas para avaliação da sua composição química, dentre as quais as análises bromatológicas. Neste trabalho, estas análises foram realizadas em 50 genótipos de feijão comum crioulos e comerciais cultivados no estado do Espírito Santo, com o objetivo de correlacionar a composição centesimal e mineralógica de seus grãos e caracterizar a diversidade genética por estes caracteres, visando a obtenção de novos genótipos superiores. Determinou-se a composição centesimal: umidade, cinza, lipídeos, fibra, proteína, carboidrato, energia, os macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e os micronutrientes: ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu). Houve diferenças significativas para todas as características avaliadas e foi evidenciada grande variação da composição química dos grãos de feijão comum. O teor de proteína variou de 12,44 a 20,37 %, e Fibra de 3,85 a 13,11 %. A concentração de Fe variou de 32,34 a 250,92 mg/kg e Zn de 27,5 a 57,68 mg/kg. Os caracteres que mais se correlacionaram positivamente foram Mn com Mg e N com Proteína, possibilitando incremento para ambos em apenas uma seleção. A análise de variância multivariada, utilizando a matriz de distância de Mahalanobis indicou que, para todas as características avaliadas, o genótipo Vagem Riscada (F11) foi o mais divergente, apresentando distância máxima com 76 % dos demais genótipos avaliados, sendo a maior com o Manteiga Bege Claro (F3), com $D^2 = 2236,9$. O método de agrupamento UPGMA para os caracteres avaliados mostrou que genótipos crioulos e comerciais se estabeleceram dentro de um mesmo grupo, podendo afirmar que os materiais crioulos possuem características semelhantes aos comerciais oriundos de programa de melhoramento genético. Este trabalho aponta alta diversidade dos genótipos estudados, o que possibilita a exploração da variabilidade genética a fim de alcançar ganhos de seleção para as características avaliadas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., caracterização nutricional, diversidade genética.

TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Identificação, nome comum, local de coleta e grupo comercial de 50 acessos de feijões comum cultivados no Estado do Espírito Santo.....23

Tabela 2. Atributos químicos de 50 amostras de genótipos de feijão comum cultivados no estados do Espírito Santo (base seca).....30

CAPÍTULO II

Tabela 1. Identificação, nome comum, local de coleta e grupo comercial de 50 acessos de feijões comum cultivados no Estado do Espírito Santo.....49

Tabela 2. Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 variedades de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para as 17 características avaliadas (grupos centesimal, macro e micronutrientes).....54

Tabela 3. Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando todas as características quantitativas (SOKAL; ROHLF, 1970).....57

Tabela 4. Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para as características micronutrientes (Mn, Fe, Zn, Cu).....57

Tabela 5. Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando características quantitativas de micronutrientes (SOKAL; ROHLF, 1970).....60

Tabela 6. Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para as características macronutrientes (N, P, K, S, Mg, Ca).....61

Tabela 7. Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando características quantitativas de macronutrientes (SOKAL; ROHLF, 1970).....63

Tabela 8. Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para as características centesimal (Umidade, cinza, fibra, lipídeo, carboidrato, proteína, energia).....63

Tabela 9. Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando características quantitativas centesimal (SOKAL; ROHLF, 1970).....66

Tabela 10. Estimativa da correlação entre as matrizes de dissimilaridade, pelo método de Mahalanobis, entre os grupos dos parâmetros avaliados Todos, Centesimal, Macronutrientes e Micronutrientes.....	66
---	----

FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Correlação de Pearson entre 17 características químicas de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo.....	35
--	----

CAPÍTULO II

Figura 1. Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo com todas as características (cinza, umidade, fibra, lipídeo, proteína, carboidrato, energia, N, P, K, S, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu).....	56
Figura 2. Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para características micronutrientes (Mn, Fe, Zn, Cu).....	59
Figura 3. Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo com as características macronutrientes (N, P, K, S, Mg, Ca).....	62
Figura 4. Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo com as características centesimal (Cinza, umidade, fibra, lipídeo, proteína, carboidrato, energia).....	65

APÊNDICE

CAPÍTULO I

Apêndice 1. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de cinza, umidade, lipídeo e fibra de 50 genótipos de feijão.....	41
Apêndice 2. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Proteína, Carboidrato, Energia e Nitrogênio de 50 genótipos de feijão.....	42
Apêndice 3. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Fósforo, Enxofre, Cálcio e Cobre de 50 genótipos de feijão.....	43
Apêndice 4. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Ferro, Magnésio, Manganês e Potássio de 50 genótipos de feijão.....	44
Apêndice 5. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Zinco de 50 genótipos de feijão.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO I.....	19
Variação da composição química em grãos de feijão comum crioulos e comerciais.....	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 OBTENÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS.....	22
2.2 ANÁLISES QUÍMICAS	24
2.2.1 Umidade (Método Gravimétrico).....	25
2.2.2 Teor de Cinzas (Método gravimétrico).....	25
2.2.3 Extrato Etéreo.....	25
2.2.4 Proteína.....	25
2.2.5 Carboidrato Total.....	26
2.2.6 Fibra Bruta.....	26
2.2.7 Energia Estimada	26
2.2.8 Macro e Micronutrientes (N, Ca, P, K, Mg, S, Mn, Cu, Zn e Fe)	27
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.1 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO.....	34
4 CONCLUSÕES.....	36
5 REFERÊNCIAS.....	37
6 APÊNDICE	41
CAPÍTULO II.....	46
Diversidade genética entre características centesimal e mineralógicas de grãos de feijão comum crioulos e comerciais	46
1 INTRODUÇÃO	47

2 MATERIAL E MÉTODO	48
2.1 OBTENÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS	48
2.2 ANÁLISES QUÍMICAS	50
2.2.1 Umidade (Método Gravimétrico).....	51
2.2.2 Teor de Cinzas (Método gravimétrico).....	51
2.2.3 Extrato Etéreo.....	51
2.2.4 Proteína.....	51
2.2.5 Carboidrato Total.....	52
2.2.6 Fibra Bruta.....	52
2.2.7 Energia Estimada	53
2.2.8 Macro e Micronutrientes (N, Ca, P, K, Mg, S, Mn, Cu, Zn e Fe)	53
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4 CONCLUSÕES	67
5 REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado há centenas de anos e é a leguminosa de maior importância para consumo humano direto no mundo, fazendo parte da dieta básica de uma grande parte da população mundial, particularmente em países da África e da América Latina (BROUGHTON et al., 2003; BLAIR et al., 2013).

O Brasil se destaca como maior produtor e consumidor mundial de feijão comum (CONAB, 2017). No país a cultura do feijão é uma das mais difundidas. O feijão é obtido ao longo do ano por ser cultivado em três safras: primavera-verão (águas), verão-outono (seca) e outono-inverno (inverno) (MONTEIRO; ANGULO FILHO; MONTEIRO, 2010). As safras são divididas de acordo com o período de colheita, classificando em: 1ª Safra - colheita de novembro a março; 2ª safra - colheita de abril a julho; e 3ª safra - colheita de agosto a outubro (MENDONÇA, 2015). Atualmente, tem sido cultivado em, praticamente, todo o território nacional, por pequenos, médios e grandes produtores, nas mais variadas condições edafoclimáticas e em diferentes épocas e sistemas de cultivo (FARIA et al., 2009).

A produção nacional estimada de feijão total na safra 2017/2018 é de 3,28 milhões de toneladas, 30,4% a mais em relação ao ano passado (CONAB, 2018). Nos últimos dez anos, houve redução de 38,7% na área plantada e o aumento na produção de 15,99%, com consequente aumento na produtividade média de aproximadamente 44,38% (EMBRAPA, 2016). Os três maiores produtores nacionais dessa leguminosa são Paraná (640,9 mil t), Minas Gerais (512,4 mil t) e Mato Grosso (484,5 mil t), que responderam, em média, por 52,57% da produção interna, com destaque para o Paraná que participa em torno de 21% do total nacional (CONAB, 2018).

No estado do Espírito Santo, a produção de feijão tem seu cultivo disseminado em todas as suas regiões, o qual é realizado principalmente pela agricultura familiar em pequenas propriedades, com a maioria das sementes oriundas de cultivares locais, que já passaram por uma seleção pelos agricultores de acordo com as condições ambiental e socioeconômicas de cada microrregião.

Entre as culturas alimentares produzidas no Espírito Santo o feijão tem destaque com uma área de cultivo de 13 mil hectares de feijão em 2016. Quanto a produção municipal safra 2015/2016, destacou-se Santa Maria de Jetibá com (4,104 mil t), Domingos Martins (1,339 mil t) e Pinheiros (720 t) (INCAPER, 2017). Há uma expectativa para que o produtor amplie a área de plantio a cada ano e que colha feijão em boas condições de comercialização. Para isso,

é necessário o incentivo a diversificação da agricultura local, proporcionando um plantio com cultivares de alta qualidade e adaptada às regiões do estado.

O feijão é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros (SOUZA, et al., 2013), constituindo a base da dieta da população e é um dos ingredientes símbolos da culinária nacional (BORÉM; CARNEIRO, 2011; SOUZA et al., 2013). Além da relevância cultural na culinária de diversos países e culturas (TOLEDO et al., 2009; BARBOSA; GONZAGA, 2012), o feijão fornece uma rica fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (CASTRO-GUERRERO et al., 2016). Principalmente por ser um alimento de alto conteúdo protéico é considerado uma leguminosa interessante do ponto de vista nutricional. Nos anos de 2010 a 2015, o consumo nacional variou entre 3,3 e 3,6 milhões de toneladas, recuando para 2,8 milhões de toneladas em 2016, o menor registro na história em razão do elevado aumento dos preços provocados pela retração de área plantada e principalmente pelas condições climáticas adversas (CONAB, 2018).

Além do papel relevante na alimentação, o feijão é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, em razão da mão de obra exigida durante o ciclo da cultura, principalmente na época da colheita, que na maioria das vezes é manual. A cultura do feijão envolve aproximadamente dois milhões de produtores dispersos no País, com 64% da produção praticada pela agricultura familiar (STONE et al., 2013).

Diante de sua importância, às propriedades nutricionais do feijão comum são alvos de inúmeras pesquisas realizadas no país (MARQUEZI et al., 2017). Há um expressivo investimento em melhoramento genético e muitas instituições promovem seu desenvolvimento e aperfeiçoamento a fim de obter variedades de feijão com características agronômicas superiores, buscando, além da resistência à pragas e doenças, o aumento da produtividade. O conhecimento do valor nutricional de cultivares se torna complementar as informações agronômicas já existentes, sendo fundamental acrescentar aos trabalhos de melhoramento genético, principalmente de cultivares crioulas nas quais são amplamente utilizadas pela agricultura familiar, orientando, assim, na produção que atenda ao consumidor e ao produtor.

Sabe-se que a composição química do feijão é um fator importante na qualidade do produto final. Sua identificação pode ser feita por diversos métodos, dentre eles, as análises bromatológicas. A bromatologia é a ciência que estuda os alimentos e compreende o estudo de sua composição, podendo atuar como coadjuvante nas inovações tecnológicas de alimentos. A gravimetria e a volumetria são métodos de análises bromatológicas que, geralmente, são

considerados mais simples e barato e que fornece dados como a umidade, conteúdo mineral, teor de carboidratos e lipídeos, proteína, cinza, dentre outros.

Com este estudo, haverá a possibilidade de conhecer a variabilidade existente entre os genótipos crioulos e comerciais que são utilizadas pelos produtores no estado do Espírito Santo, identificando genótipos promissores quanto os caracteres nutricionais, o que auxilia nas pesquisas dos melhoristas que buscam genótipos nutricionalmente superiores. Além disso, o conhecimento das relações entre as características em estudo, são de importância ao melhoramento, por medir o grau de associação entre características e possibilita avaliar o quanto a alteração em um caráter pode afetar os demais. Em se tratando de qualidade nutricional essa informação é ainda mais importante, para que não se corra risco de, ao melhorar para um constituinte, ocorra perda em outro.

Tais informações poderão servir de base para geração de cultivares promissoras, vindo favorecer tanto o produtor quanto o consumidor que irá consumir um feijão de melhor qualidade nutricional, contribuindo para qualidade de vida principalmente de famílias com menor poder aquisitivo onde a alimentação animal, principal fonte protéica, é escassa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a composição química de genótipos de feijão comum crioulos e comerciais, possibilitando explorar a variabilidade genética desse material, visando a obtenção de genótipos superiores que poderá potencializar ganhos no melhoramento genético de plantas, beneficiando produtores e consumidores.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a composição centesimal e mineral de grãos de feijão comum por análises bromatológicas;
- Avaliar a correlação entre os caracteres de composição química dos genótipos de feijão comum;
- Avaliar a diversidade genética entre os genótipos de feijão comum;

3 REFERÊNCIAS

- BARBOSA, F. B.; GONZAGA, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. Goiânia: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2012. 247p. Documentos 272
- BLAIR, M.W. Mineral biofortification strategies for food staples: the example of common bean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 61, p. 8287-8294, 2013.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: **Feijão**. Editora: UFV. 2011. Cap. 1, p. 13-18.
- BROUGHTON, W.J.; HERNANDEZ G.; BLAIR M.; BEEBE S.; GEPTS P.; VANDERLEYDEN J. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. **Plant and Soil**, v.252, p. 55–128, 2003.
- CASTRO-GUERRERO, N.A.; ISIDRA-ARELLANO, M.C.; FARIZA-COZAT, D.G.; VALDES-LÓPEZ, O. Common Bean: a legume model on the rise for unraveling responses and adaptations to iron, zinc, and phosphate deficiencies. **Front. Plant Science** v. 7, n. 600, 2016.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2017/2018**. Brasília: CONAB, 2018.
- CONAB. **Grãos: conjuntura no ES**. Vitória: CONAB, 2017.
- CORDEIRO, A.; MARCATTO, C. Milho: a volta das variedades crioulas. In: GAIFANI, A.; CORDEIRO, A. (Org). **Cultivando a diversidade: recursos genéticos e segurança alimentar**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1994. 205p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Socioeconomia**. 2016. Disponível em: < <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm> > Acesso em: 04 jan. 2018.
- FARIA, A. P.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J. S.; SILVA, C. F. B. da; DESTRO, D. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos e linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.579-585, 2009.
- INCAPER. **Produção agrícola dos municípios capixabas: safra 2015/2016**. Vitória: INCAPER, 2017.
- MARQUEZI, M.; GERVIN, V.M.; WATANABE, L. B.; MORESCO, R; AMANTE, E.R. Chemical and functional properties of different common Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Braz. Journal Food Technology Science**, v. 20, e2016006, 2017.
- MENDONÇA, F. R. **Seleção De Linhagens de Feijoeiro-Comum Com Escurecimento Lento, Tamanho Comercial e Alta Produtividade de Grãos e Arquitetura Ereta**. 2015.

96f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.

MONTEIRO, P. F. C.; ANGULO FILHO, R.; MONTEIRO, R. O. C. Efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada sobre as variáveis agrônômicas da cultura do feijão. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 386, 2010.

SOUZA, A.M., PEREIRA, R.A., YOKOO, E.M., LEVY, R.B., SICHIERI, R. Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito nacional de alimentação 2008-2009. **Revista Saúde Pública**, v.47, n.1, p.190-199, 2013.

STONE, L.F., E.P.B. FERREIRA, A.D. DIDONET, A.B. HEINEMANN & J.P. OLIVEIRA. Correlação entre a produtividade do feijoeiro no sistema de produção orgânica e atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2013.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n. 2, p.124-133, 2009.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV. 2008. 600p.

CAPÍTULO I

Variação da composição química em grãos de feijão comum crioulos e comerciais

Resumo: O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é mundialmente considerado um dos legumes mais importantes do que diz respeito em produção e consumo. Devido sua grande importância na alimentação de milhares de pessoas, pesquisas têm sido direcionadas no intuito de avaliar a composição química de seus grãos. Sabe-se que a composição química do feijão é um fator importante na qualidade do produto final e pode variar de acordo com a cultivar, ambiente em que são realizados o cultivo e a interação de genótipos com ambiente. Por isso, a caracterização química de diferentes cultivares permite ganhos genéticos e mais promissores no melhoramento, favorecendo o uso destes recursos pelo próprio agricultor. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e correlacionar a composição química de diferentes tipos de genótipos de feijão comum, dentre eles crioulos e comerciais, com o propósito de fornecer dados para a seleção de genótipos superiores do ponto de vista nutricional. Para tanto, avaliou-se 50 cultivares de feijão comum coletados no estado do Espírito Santo, por meio de 17 características químicas. Observou-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para todas as características em estudo. Existe alta variação química entre os genótipos de feijão comum, tendo, de forma geral, o genótipo crioulo F172 (Vagem Riscada) e comercial F180 (Serrano) com melhores desempenhos para as características analisadas. O teor de proteína variou de 12,44 a 20,37%, e Fibra de 3,85 a 13,11%. A concentração de ferro (Fe) variou de 32,34 a 250,92 mg/kg e Zn de 27,5 a 57,68 mg/kg. Correlação negativa e significativa foi observada para Proteína com cálcio (Ca), fósforo (P) com potássio (K), Fibra com Energia. Alta correlação positiva foi observada para magnésio (Mg) com manganês (Mn) e nitrogênio (N) com Proteína. Detectou-se correlação positiva entre vários caracteres analisados, indicando que uma seleção de genótipos com maior valor nutritivo agregado poderá ser eficiente para dois ou mais nutrientes de interesse.

Palavras-chave: Feijão comum; nutrição; bromatologia.

1 INTRODUÇÃO

Há séculos o estudo da composição química dos alimentos vem beneficiando programas nos campos da nutrição, saúde e educação, além de agricultura, indústria e marketing de alimentos. Tem-se observado, desde então, a diversidade de composição dos produtos alimentícios, seja devido a diferenças entre espécies e dentro de espécies, ou aos locais e manejos de produção e pós-produção, dentre outros fatores que podem afetar a composição química do alimento, e assim, suas características e qualidade (GIUNTINI et al., 2006).

O feijão é considerado um ótimo alimento, por isso sua composição química vem sendo estudada (REZENDE et al., 2017; NKUNDABOMBI et al., 2015) e, apesar de existirem inúmeros trabalhos com o feijão, ele continua sendo prioridade nas pesquisas. O feijão fornece uma rica fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (CASTRO-GUERRERO et al., 2016), além de ácidos graxos insaturados (como o ácido linoleico), fibra alimentar (especialmente fibra solúvel que confere efeito hipoglicêmico), e vitaminas do complexo B (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008; SILVA et al., 2009), se tornando um dos alimentos mais completos na dieta alimentar humana.

Conseguir com que a população consuma alimentos reduzindo a incidência de fatores de risco a doenças, como é o caso do feijão, é um dos objetivos nutricionais preconizados mundialmente. Uma alternativa racional e eficiente para minimizar os problemas decorrentes da deficiência nutricional, é a biofortificação, que aumenta a biodisponibilidade do teor de minerais em porções comestíveis das plantas, por meio de intervenção agrônômica ou seleção (WHITE; BROADLEY, 2005). Os genótipos divergem com relação aos teores de minerais nos grãos, sendo possível selecionar materiais genéticos superiores para desenvolver linhagens de feijoeiro biofortificados. Pelos cruzamentos entre os diferentes genótipos de feijoeiro, é possível aumentar a concentração de seus elementos (RIBEIRO, 2010). Por isso, é de extrema importância conhecer a variação nas concentrações dos elementos e outros compostos bioquímicos do feijão comum, visando o melhoramento genético.

Algumas pesquisas têm sido direcionadas no intuito de avaliar a composição centesimal, mineral e fatores antinutricionais presentes nas diversas espécies de feijão e cultivares (SILVA et al., 2013). Entidades como IAC, Embrapa, DuPonte EPAMIG trabalham com melhoramento genético do feijão, buscando maior produtividade e características mais adequadas às diversas regiões e mercados. A Embrapa Arroz e Feijão organiza o programa nacional de melhoramento genético do feijoeiro, gerando populações e linhagens com características de interesse agrônômico, como produtividade, arquitetura, precocidade, tolerância a estresses bióticos e abióticos e qualidade nutricional e funcional do grão

(MORAES, 2008). Além desses fatores, avaliações sobre a qualidade física, química e sensorial dos grãos são requeridas pelos produtores para efetiva adoção de uma cultivar (OLIVEIRA et al, 2012).

A composição química do feijão é um fator essencial na qualidade do produto final, por isso seu conhecimento, tanto para genótipos crioulos como comerciais, é importante, pois acrescenta informações aos trabalhos de melhoramento genético, orientando, assim, na produção de cultivares que atendam ao consumidor e ao produtor.

A composição química pode variar conforme a localização geográfica, as condições edáficas (tipo de solo, pH, fertilidade, textura, matéria orgânica, entre outros) e as variações climáticas (RIBEIRO, 2010). Para analisá-la em diferentes genótipos de feijão e indicar quais deles são mais promissores para serem incorporados em programas de melhoramento, a determinação da composição centesimal e mineralógica pode ser utilizada, como é o caso da umidade, cinza, lipídeo, proteína, carboidrato, energia, macronutrientes (Ca, Mg, S, K, N e P) e micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu).

No feijão, umidade está intimamente relacionada com as reações químicas dos grãos em todas as suas fases, principalmente durante o armazenamento, afetando o tempo de cozimento, a aceitação pelo consumidor, valor nutritivo pela perda de vitaminas, alterações de sabor, perda de consistência do caldo e modificações da cor dos grãos (BRAGANTINI, 2005; LIU, 1995; REYES-MORENO; PAREDES-LOPES, 1993). O teor de cinzas (resíduo inorgânico) em grãos de feijão pode chegar a 4,5% (BARAMPAMA; SIMARD, 1993), sendo dependente também de fatores como a variedade e condições de cultivo.

O conteúdo de lipídeos é geralmente baixo no feijão comum em comparação com outros macronutrientes (SGARBIERI, 1989). Os carboidratos representam a maior fração da composição centesimal do feijão, girando em torno de 55% a 65% do grão cru, e são constituídos por amido (45% a 60% do teor de carboidratos), fibra alimentar solúvel e insolúvel, pectina, hemicelulose, inulina, oligossacarídeos (rafinose, estaquiose, verbascose), gomas, entre outros (LAJOLO, GENOVESE, MENEZES, 1996; HUBER, 2012). O teor e a qualidade dos carboidratos são importantes determinantes da textura e da densidade do caldo.

O feijão é um alimento considerado fonte de proteínas, com maior concentração de globulina e albumina (PARK et al., 2010). Das globulinas, destaque deve ser dado à faseolina, que representam a maior fração proteica de reserva do feijão (MONTROYA et al., 2008; MA; BLISS, 1978). Em relação à relevância da proteína presente no feijão, em aminoácidos essenciais, têm-se a predominância de lisina, leucina, ácido aspártico e ácido glutâmico, e baixas concentrações de aminoácidos sulfurados, como metionina, cisteína,

cistina e triptofano (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Nos grãos a proteína pode mudar de acordo com a cultivar, ambiente em que são realizados o cultivo e a interação de genótipos com ambiente (BURATTO et al., 2009).

O feijão contém boa quantidade de fibra solúvel e insolúvel, que se concentra basicamente no tegumento do grão (LONDERO; RIBEIRO; CARGNELUTTI FILHO, 2008). É uma ótima fonte de minerais, estando presente diariamente na refeição da maioria da população, contribuindo para um menor índice de carência nutricional. A deficiência de minerais no organismo pode levar a uma série de problemas de saúde. A deficiência de Ca, por exemplo, provoca osteoporose (MIGLIORANZA et al., 2003), a de zinco prejudica o crescimento e o sistema imunológico (HAMBIDGE, 2000). Dentre os minerais contidos no feijão, o ferro apresenta-se relevante, pois sua deficiência é considerada a carência nutricional mais prevalente em todo o mundo (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006). Por isso, o aumento do teor de minerais em grãos de feijão por meio do melhoramento genético é benéfico a nutrição humana, podendo favorecer também a produção.

Neste trabalho, essas análises foram feitas com o objetivo de caracterizar e correlacionar a composição química de grãos de feijão comum crioulos e comerciais e, com esse conhecimento, proporcionar informações que auxiliem nas pesquisas de culturas alimentares, subsidiando o posterior desenvolvimento de novas variedades com melhor qualidade nutricional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS

A partir de uma coleta de 200 genótipos de feijão no Estado do Espírito Santo, em que alguns foram cedidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e por produtores rurais, outros obtidos em feiras municipais, realizou-se análise molecular dos mesmos para análise de diversidade genética afim de selecionar os materiais mais divergentes. Em 24/03/2017 os 50 genótipos mais divergentes foram levados para plantio em campo na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, município de Alegre, distrito de Rive, latitude 20°45' Sul, longitude 41°30' Oeste e altitude de 119m. Os genótipos de feijão foram plantados em delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo 3 blocos e 10 repetições. A colheita foi realizada em 19/06/2017.

Após a colheita um bloco foi escolhido e as 50 amostras foram moídas em moinho de facas, embaladas em sacos plásticos e armazenadas em temperatura entre 5 a 10° C. Realizou-

se a caracterização em 50 genótipos de feijão comum, sendo 11 comerciais e 39 crioulos (Tabela 1).

As análises foram efetuadas no laboratório de Química, localizado no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES – Campus Alegre) e no laboratório de Fitotecnia da Universidade Federal do Espírito Santo.

Tabela 1. Identificação, nome comum, local de coleta e grupo comercial de 50 acessos de feijões comum cultivados no Estado do Espírito Santo.

ID	NOME COMUM	LOCAL DE COLETA	GC
F22*	Pérola	Incaper	Carioca
F173	Preto	Alegre	Preto
F93*	CNFC 15475	Incaper	Carioca
F118	Preto	Venda Nova	Preto
F12	Bico de ouro	Muniz Freire	Vermelho
F123	Campo salis Verde	Guaçuí	Cores
F149	Feijão 04	Incaper	Cores
F104	Preto	Domingos Martins	Preto
F11	Vagem riscada	Muniz Freire	Preto
F1	Palhacinho	Vila Velha	Cores
F150*	BRS Notável	Incaper	Carioca
F168	Vermelho	Alegre	Cores
F112	Marrom	Alegre	Cores
F23*	BRS Notável	Incaper	Carioca
F21*	CNFC 15462	Incaper	Carioca
F4	Crioulo	Vitória	Preto
F109	Verde	Guaçuí	Cores
F128	Bico de Ouro	Irupi	Vermelho
F42	Amendoim	Incaper	Vermelho
F111	Verde	Alegre	Cores
F220	Bico de Ouro	Irupi	Vermelho
F32*	CNFP 15304	Incaper	Preto
F24*	BRS Estilo	Incaper	Carioca
F89	Vermelho nº03	Incaper	Vermelho
F30*	BRS Esplendor	Incaper	Preto
F156	Nº 10 Quadrado	Alegre	Vermelho

(continuação)			
ID	NOME	LOCAL DE COLETA	GC
F20*	CNFC 15625	Incaper	Carioca
F174	Vermelho	Alegre	Vermelho
F130	Carioca	Venda Nova	Carioca
F120	Bico de Ouro	Guaçuí	Vermelho
F105	Carioca	Domingos Martins	Carioca
F114	Verde	Incaper	Cores
F69	Preto 13 (09)	Incaper	Preto
F181*	Supremo	-	Preto
F81	Verde Cristo Rei 01	Incaper	Cores
F135	Bege	Santa Tereza	Cores
F14	Amendoim	Guaçuí	Cores
F68	Verde 02	Incaper	Cores
F19	Vermelho	Iúna	Vermelho
F13	Enxofre	Muniz Freire	Cores
F10	Vagem riscada	Muniz Freire	Preto
F8	Vagem riscada	Alegre	Preto
F172	Vagem Riscada	Alegre	Preto
F117	Ouro Vermelho	Incaper	Vermelho
F3	Manteiga Bege Claro	Vitória	Cores
F9	Vermelho	Alegre	Vermelho
F92	Vagem Riscada	Alegre	Alegre
F132	Vermelho	Santa Tereza	Vermelho
F180*	Serrano	-	Preto
F15	Mata-mulher	Muniz Freire	Vermelho

ID = Identificação; GC = Grupo Comercial; *Comercial

2.2 ANÁLISES QUÍMICAS

Em laboratório foram realizadas análises químicas da composição centesimal (umidade, cinza, fibra, lipídeo, proteína, carboidrato, energia), macronutrientes (Ca, Mg, S, K, N e, P) e micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu) dos grãos de feijão comum moídos. Cada amostra foi analisada em triplicata, totalizando 150 análises.

2.2.1 Umidade (Método Gravimétrico)

Os teores de umidade foram obtidos de acordo com a metodologia indicada pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). O método utilizado foi o gravimétrico, baseado na evaporação da água presente na amostra, pela ação do calor. Assim, aproximadamente 1g de feijão foi colocado em cadinho previamente seco e tarado. Posteriormente, as amostras foram aquecidas em estufa a 105°C até massa constante (16-36h). Após este período, o material foi resfriado em dessecador e o teor de umidade determinado através da seguinte fórmula:

$$U\% = 100 \cdot (A - B) / B,$$

onde: U%: Teor de umidade; A: Peso da amostra úmida; B: Peso da amostra seca

2.2.2 Teor de Cinzas (Método gravimétrico)

O teor de cinza foi determinado com base na perda de peso do material submetido à incineração em mufla a 550°C. As medidas foram feitas em triplicata, e as pesagens até peso constante. A perda de peso forneceu o teor de matéria orgânica, e a quantidade de cinzas é dada em g/ 100g (AOAC, 2006).

2.2.3 Extrato Etéreo

A quantidade de substâncias lipídicas foi determinada pelo método de Soxhlet (método 920.39 – AOAC, 2005), pela extração descontínua com o solvente éter etílico, e consequente solubilização da gordura. Após dessecação, o material extraído foi pesado, e a diferença entre este e o peso inicial da amostra corresponde à quantidade de extrato etéreo da amostra.

2.2.4 Proteína

O teor de proteína foi determinado a partir da extração de N segundo Malavolta et al. (1997). Pesou-se 0,1 g de amostra de feijão ao qual foi adicionado 1 mL de ácido sulfúrico e 1 mL de peróxido de hidrogênio 35%. As amostras foram colocadas em bloco digestor com aquecimento e exaustão, sendo mantidas nesta condição até a formação de uma solução límpida, sem coloração amarela. Após a digestão, o material foi transferido para balões volumétricos de 25 mL e o volume, completado com água deionizada. Posteriormente o N foi determinado por espectrofotômetro de UV-VS, marca Thermo Scientific Evolution 60S. Na determinação do teor de proteína bruta, multiplicou-se o valor de nitrogênio total encontrado

no método de digestão nitroperclórica pelo fator que converte o nitrogênio em proteína, sendo o fator de conversão 6,25.

2.2.5 Carboidrato Total

O teor de carboidratos foi estimado pela diferença da soma dos teores dos componentes: umidade, proteínas, lipídeos, cinzas e fibras da totalidade do conjunto. Este procedimento está previsto pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 40, de 21 de março de 2001 (BRASIL, 2001).

2.2.6 Fibra Bruta

A análise da fibra bruta realizada no laboratório foi com o tratamento da amostra contida em saquinho de tecido (TNT; 100 g/m²) com ácido sulfúrico 1,25% e hidróxido de sódio 1,25% diluídos a quente e o determinador de Fibra TE-149 da marca TECNAL® que permite analisar 30 amostras simultaneamente. Pesou-se aproximadamente 2g de amostra, em seguida os saquinhos foram selados e hidratados com água deionizada por 30min. Os saquinhos então foram colocados no determinador de fibra com a solução ácida (H₂SO₄ 1,25%). Quando a solução começava a ferver, o temporizador emitia um alarme, então o equipamento era programado por 30min. A temperatura se estabilizava entre 97 e 98°C. Terminado o processo o aquecimento era desligado e escoado a solução. Faziam-se três lavagens sucessivas de três minutos cada, com água deionizada previamente aquecida em aquecedor elétrico. Depois era colocada a solução básica (NaOH 1,25%), quando começava a ferver eram marcados 30min e eram realizados os mesmos procedimentos anteriores de lavagens dos saquinhos. Terminando essas etapas os saquinhos eram lavados em acetona por três minutos, colocados sob papel absorvente, para em seguida serem levados a estufa de 105°C por no mínimo 6h. Passado o tempo, os saquinhos foram colocados no dessecador por 1 hora e pesados.

O valor da fibra bruta foi obtido pelo cálculo:

$$\% \text{ FB} = (\text{PD} - \text{PS}) \times 100 / \text{PA}$$

onde: %FB = percentagem de fibra bruta do alimento; PD = peso do saquinho + amostra (g); PS = peso do saquinho vazio (g); PA = peso da amostra (g).

2.2.7 Energia Estimada

A estimativa da quantificação de energia das amostras analisadas, foram estimadas por meio da seguinte fórmula:

Energia (kcal): [(4x valor de proteína) + (4x valor do carboidrato + 9) x (Valor de lipídeos)

2.2.8 Macro e Micronutrientes (N, Ca, P, K, Mg, S, Mn, Cu, Zn e Fe)

A composição mineralógica foi determinada segundo Malavolta et al. (1997). Para os elementos fósforo, enxofre, potássio, ferro, cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco, pesou-se 0,25g de amostra de feijão ao qual foram adicionados 4 mL de solução nitroperclórica (3:1) destes ácidos concentrados. As amostras foram colocadas em bloco digestor com aquecimento e exaustão, sendo mantidas nesta condição até a formação de uma solução límpida, sem coloração amarela. Após a digestão, o material foi transferido para balões volumétricos de 25 mL e o volume, completado com água deionizada. Potássio, ferro, cálcio, magnésio, manganês, cobre e zinco foram determinados por espectrofotômetro de absorção atômica. Solução de cloreto de estrôncio hexahidratado ($\text{SrCl}_2, 6\text{H}_2\text{O}$) foi adicionada às soluções minerais das amostras para determinação de cálcio e magnésio, a fim de evitar a subestimação dos resultados que ocorre quando esses íons se encontram complexados com silicatos e fosfatos (GOMES, 1996). Fósforo e enxofre foram determinados por espectrofotômetro UV-VIS, marca Thermo Scientific Evolution 60S.

Para o elemento N, pesou-se 0,1g de amostra de feijão ao qual foi adicionado 1 mL de ácido sulfúrico e 1 mL de peróxido de hidrogênio. As amostras foram colocadas em bloco digestor com aquecimento e exaustão, sendo mantidas nesta condição até a formação de uma solução límpida, sem coloração amarela. Após a digestão, o material foi transferido para balões volumétricos de 25 mL e o volume, completado com água deionizada. Posteriormente o N foi determinado por espectrofotômetro de UV-VIS, marca Thermo Scientific Evolution 60S. A concentração dos elementos foi calculada utilizando-se uma curva padrão com concentração conhecida para cada elemento analisado.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos através das análises químicas foram organizados em tabela. Realizou-se análise de variância para identificar a existência de diferença estatística entre as amostras avaliadas ($\alpha = 5\%$). Para as características que apresentaram diferença estatística, realizou-se um teste de agrupamento de média por Skott Knott ($\alpha = 5\%$). Verificou-se a

variação das características analisadas por meio de gráficos Boxplot. Posteriormente, verificou-se a correlação de Pearson entre as características avaliadas. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software R versão 3.4 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as características avaliadas apresentaram diferença estatística significativa entre as amostras de feijão comum pela análise de variância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Os coeficientes de variação do experimento foram baixos para a maioria das características avaliadas, sendo que apenas o ferro apresentou maior coeficiente de variação (57,88%), sugerindo a ocorrência de contribuição significativa do efeito ambiental, e não apenas da variação genética (Tabela 2).

Posteriormente todas as características estatisticamente diferentes foram submetidas ao teste estatístico de agrupamento de médias de Scott Knott (Tabela 2). A dispersão dos dados fenotípicos está representada pelos gráficos de boxplot em apêndice (Apêndice 1, 2, 3, 4 e 5). Pode-se observar que a amplitude de concentração das características nos genótipos foi de: Cinza (3,6 a 5,16%), Umidade (6,55 a 14,25 %), Lipídeo (0,23 a 1,56 %), Fibra (3,85 a 13,11%) (Apêndice 1); Proteína (12,44 a 20,37%), Carboidrato (68,61 a 84,33%), Energia (344,74 a 416,83 kcal), N (1,99 a 3,26 dag/kg) (Apêndice 2); P (0,34 a 0,75 dag/kg), S (0,1 a 0,15 dag/kg), Ca (0,21 a 0,48 dag/kg), Cu (3,16 a 11,34 mg/kg) (Apêndice 3); Fe (32,34 a 250,92 mg/kg), Mg (0,11 a 0,42 dag/kg), Mn (8,42 a 32,07 mg/kg), K (0,51 a 1,68 dag/kg) (Apêndice 4); Zn (27,5 a 57,68 mg/kg) (Apêndice 5).

O teor de cinzas representa a fração mineral contida nas amostras. O maior teor de cinza foi obtido pelo genótipo F10 (Vagem Riscada), não apresentando diferença estatística com os genótipos F132 (Vermelho), F172 (Vagem Riscada), F92 (Vagem Riscada), F117 (Ouro Vermelho), F22* (Pérola) e F19 (Vermelho). Os resultados foram similares aos encontrados na literatura. Brigide e Canniatti-Brazaca (2011) encontraram 4,4% de cinzas em feijão carioca. No estudo de Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008), obteve-se uma variação de 3,36% a 4,22% no teor de cinzas em diversas cultivares de feijão comum.

A umidade é um fator importante em relação à qualidade nutricional do feijão, podendo afetar a composição físico-química dos grãos, como é o caso da proteína, uma vez que a degradação desta está relacionada com o teor de água dos grãos. Estudo feito com grãos de milho mostra que grãos com maior teor de umidade apresentaram maior perda de proteína bruta, por elevar

a respiração e aumentar o consumo de reserva, levando a uma maior perda dos constituintes químicos (SCHUH, G. et al., 2011). Neste trabalho o menor teor de umidade foi observado para o genótipo F3 (Manteiga Bege Claro), o qual apresentou um teor de proteína de 18,14%. O percentual tecnicamente recomendável para fins de comercialização do feijão é de até 14% de umidade, segundo o Regulamento Técnico do Feijão, estabelecido pela Instrução Normativa nº. 12, de 28 de março de 2008 (BRASIL, 2008).

O maior conteúdo de lipídeos foi encontrado no genótipo F15 (Mata-mulher) com 1,56%. Valores de 1,2 % a 1,9 % foram encontrados em grãos de feijão crus (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008; BRIGIDE et al., 2011). O conteúdo de lipídeos é geralmente baixo no feijão comum em comparação com outros macronutrientes (SGARBIERI, 1989).

O maior teor de fibra foi encontrado no genótipo crioulo F1 (Palhacinho) com 13,11%, diferenciando significativamente de todos os outros genótipos. A segunda maior média para fibra foi F9 (Vermelho), com 9,29%, não diferenciando estatisticamente de F105 (Carioca), F19 (Vermelho), F174 (Vermelho), F9 (Vermelho), todos genótipos crioulos. Genótipos de feijão comum com maiores teores de fibra contribuem para melhorar a digestão, reduzir níveis de colesterol e açúcar do sangue e na prevenção de certas doenças como o câncer de cólon. O aumento da qualidade nutricional do feijão quanto ao teor de fibra possibilita o acesso a uma alimentação rica nesse componente, uma vez que o feijão é um dos principais alimentos de mais de 300 milhões de pessoas no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento de regiões tropicais e subtropicais (MELO et al., 2011).

Quanto a proteína, o genótipo comercial F180* (Serrano) apresentou o maior teor com 20,37%, diferenciando estatisticamente de todos os outros genótipos. Em sequência, observou-se melhor média para teor de proteína o crioulo F172 (Vagem Riscada), com 18,36% e F3 (Manteiga Bege Claro) com 18,14%. Sabendo que o feijão comum é a principal fonte proteica de milhares de pessoas, genótipos com maior teor de proteína são mais visados em programa de melhoramento genético para obtenção de cultivares promissoras, pois, apesar de possuírem baixo valor biológico, a concentração elevada da proteína, rica em aminoácido lisina, é considerada de grande valor na complementação das proteínas dos cereais, como o arroz, ricas em aminoácidos sulfurados e, de modo geral, pobres em lisinas (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Em relação ao carboidrato, maior teor foi observado para o genótipo F111 (Verde) com 84,33%, não diferenciando estatisticamente dos genótipos F3 (Manteiga Bege Claro),

Tabela 2. Atributos químicos de 50 amostras de genótipos de feijão comum cultivados no estados do Espírito Santo (base seca).

Trat	Cin	Umid	Lip	Fi	Prot	Carb	Ener	N	P	S	Ca	Cu	Fe	Mg	Mn	K	Zn
F22*	4,71 a	9,1 g	0,9 b	5,69 c	13,33 e	79,59 c	379,83 d	2,13 f	0,49 c	0,12 b	0,45 a	11,24 a	75,1 c	0,22 c	17,79 c	1,07 b	48,8 b
F173	4,2 c	8,45 i	0,8 b	5,15 d	13,54 e	81,41 b	386,99 c	2,17 f	0,47 c	0,11 b	0,48 a	10,12 b	71,65 c	0,19 d	15,07 c	0,86 c	52,17 b
F93*	4,29 b	9,1 g	0,84 b	5,62 c	13,49 e	80,16 c	382,11 d	2,16 f	0,4 d	0,1 b	0,41 b	8,59 d	59,48 c	0,23 c	18,41 c	1,01 c	42,31 c
F118	4,41 b	8,75 h	0,69 b	6,59 c	14,74 d	79,55 c	383,43 c	2,36 e	0,49 c	0,13 a	0,41 b	9,84 c	70,01 c	0,17 e	13,68 d	0,97 c	56,29 a
F12	4,39 b	8,14 j	1,49 a	6,11 c	14,19 d	79,86 c	389,64 c	2,27 e	0,49 c	0,12 b	0,32 c	8,31 d	61,71 c	0,11 f	8,66 d	0,82 c	47,07 b
F123	4,04 c	9,69 f	1,16 a	4,96 d	12,44 e	80,15 c	380,82 d	1,99 f	0,4 d	0,12 b	0,34 c	10,48 b	47,18 c	0,38 a	30,22 a	0,94 c	42,4 c
F149	4,01 c	11,22 d	1,05 a	6,19 c	13,65 e	77,53 d	374,17 e	2,18 f	0,43 d	0,12 b	0,31 c	9,12 d	71,87 c	0,42 a	33,8 a	0,96 c	32,9 d
F104	3,75 c	10,74 e	0,63 b	5,2 d	14,98 d	79,69 c	384,35 c	2,39 e	0,5 c	0,12 b	0,38 b	9,1 d	66,4 c	0,16 e	12,98 d	0,92 c	50,56 b
F11	4,37 b	14,25 a	1,1 a	5,65 c	15,91 c	74,65 f	371,99 e	2,55 d	0,42 d	0,11 b	0,39 b	11,34 a	54,92 c	0,3 b	24,15 b	0,96 c	43,3 c
F1	3,77 c	13,38 b	1,14 a	13,11 a	14,77 d	68,61 g	343,74 f	2,36 e	0,45 d	0,11 b	0,29 c	7,9 e	57,21 c	0,14 e	11,59 d	0,83 c	40,34 c
F150*	4,48 b	12,61 c	1,2 a	5,07 d	13,95 d	76,64 e	373,22 e	2,23 f	0,72 a	0,14 a	0,4 b	8,56 d	47,26 c	0,35 a	28,47 a	0,77 c	43,28 c
F168	4,16 c	13,2 b	1,00 a	5,41 d	13,67 e	76,23 e	368,56 e	2,18 f	0,49 c	0,12 b	0,42 b	8,17 e	57,99 c	0,19 d	15,37 c	0,92 c	47,32 b
F112	4,40 b	12,51 c	0,84 b	5,06 d	16,4 c	76,83 e	383,65 c	2,62 c	0,47 c	0,13 a	0,36 b	11,79 a	66,38 c	0,15 e	16,37 c	0,9 c	57,68 a
F23*	4,41 b	11,27 d	0,83 b	6,33 c	15,61 c	77,15 e	378,54 d	2,5 d	0,69 a	0,15 a	0,41 b	8,45 d	63,02 c	0,15 e	11,7 d	0,9 c	52,03 b
F21*	4,02 c	8,63 h	0,91 b	5,36 d	13,82 e	81,07 b	387,76 c	2,21 f	0,54 b	0,15 a	0,44 a	8,54 d	56,94 c	0,16 e	12,55 d	0,86 c	49,46 b
F4	4,12 c	8,79 h	0,46 c	4,65 d	14,57 d	81,98 b	390,35 c	2,33 e	0,51 c	0,12 b	0,44 a	10,42 b	99,24 c	0,2 d	15,98 c	0,81 c	58,59 a
F109	3,93 c	8,52 i	0,37 c	4,16 d	12,54 e	83,01 a	385,6 c	2,01 f	0,53 c	0,12 b	0,44 a	8,6 d	52,45 c	0,2 d	16,2 c	0,72 c	47,58 b
F128	3,83 c	10,92 e	0,23 c	5,5 d	15,12 d	79,53 c	380,67 d	2,42 e	0,51 c	0,13 a	0,35 c	7,48 f	32,34 c	0,17 e	13,63 d	0,76 c	43,07 c
F42	4,26 b	8,76 h	0,26 c	5,25 d	16,23 c	81,47 b	393,19 c	2,6 c	0,64 a	0,11 b	0,33 c	9,55 c	55,43 c	0,19 d	14,86 c	0,94 c	50,35 b
F111	4,17 c	5,71 m	0,39 c	5,4 d	14,38 d	84,33 a	398,38 b	2,3 e	0,68 a	0,12 b	0,36 b	8,53 d	44,04 c	0,16 e	12,73 d	0,67 c	47,06 b
F220	3,9 c	11,49 d	0,87 b	4,77 d	15,69 c	78,96 c	386,49 c	2,51 d	0,56 b	0,14 a	0,35 c	8,06 e	47,94 c	0,12 f	9,88 d	0,87 c	54,74 a
F32*	4 c	8,64 h	0,89 b	6,79 c	15,67 c	79,68 c	389,45 c	2,51 d	0,48 c	0,1 b	0,38 b	8,6 d	120,56 c	0,17 e	13,95 d	0,64 c	54,33 a

(continuação)

Trat	Cin	Umid	Lip	Fi	Prot	Carb	Ener	N	P	S	Ca	Cu	Fe	Mg	Mn	K	Zn
F24*	3,65 c	7,73 j	0,63 b	5,11 d	13,31 e	82,89 a	390,45 c	2,13 f	0,56 b	0,12 b	0,42 b	7,83 e	250,92 a	0,21 c	17,09 c	0,68 c	56,78 a
F89	3,83 c	7,8 j	1,27 a	4,95 d	14,21 d	82,16 b	396,89 b	2,27 e	0,5 c	0,11 b	0,42 b	7,35 f	53,67 c	0,17 e	13,52 d	0,51 c	41,11 c
F30*	4,31 b	7,33 k	1,22 a	5,88 c	14,13 d	81,26 b	392,56 c	2,26 e	0,75 a	0,14 a	0,37 b	8,5 d	56,02 c	0,2 d	16,13 c	1,13 b	51,98 b
F156	3,84 c	10,69 e	1,39 a	5,76 c	12,94 e	78,32 d	377,58 d	2,07 f	0,59 b	0,12 b	0,32 c	7,47 f	34,37 c	0,22 c	17,47 c	0,92 c	35,6 d
F20*	4,18 c	9,22 g	1,2 a	5,85 c	14,25 d	79,54 c	385,97 c	2,28 e	0,64 a	0,13 a	0,39 b	9,8 c	47,3 c	0,17 e	13,82 d	0,62 c	40,44 c
F174	4,38 b	8,5 i	0,74 b	8,43 b	13,67 e	77,96 d	373,16 e	2,19 f	0,65 a	0,14 a	0,29 c	9,02 d	134,23 b	0,39 a	31,34 a	0,83 c	35,35 d
F130	3,67 c	8,95 h	0,75 b	5,55 d	13,25 e	81,08 b	384,1 c	2,12 f	0,55 b	0,11 b	0,31 c	7,48 f	42,03 c	0,15 e	12,51 d	0,85 c	32,6 d
F120	3,91 c	8,25 i	0,70 b	7,43 c	16,61 c	79,7 c	391,58 c	2,66 c	0,51 c	0,13 a	0,28 c	6 g	40,71 c	0,15 e	12,34 d	0,81 c	28,23 d
F105	3,99 c	8,9 h	0,67 b	8,87 b	14,04 d	77,57 d	372,51 e	2,25 e	0,55 b	0,13 a	0,35 c	6,4 g	52,41 c	0,19 d	15,26 c	0,84 c	29,41 d
F114	3,67 c	9,26 g	0,84 b	6,15 c	13,84 e	80,08 c	383,25 c	2,21 f	0,53 c	0,1 b	0,32 c	6,24 g	53,75 c	0,14 e	11,56 d	0,54 c	30,65 d
F69	3,6 c	9,3 g	0,88 b	4,59 d	15,06 d	81,62 b	394,68 c	2,41 e	0,59 b	0,11 b	0,3 c	6,61 g	75,98 c	0,3 b	24,15 b	0,9 c	30,83 d
F181*	4,32 b	8,75 h	1,46 a	4,12 d	13,59 e	81,36 b	392,86 c	2,17 f	0,4 d	0,12 b	0,5 a	8,12 e	72,58 c	0,19 d	15,18 c	1,02 c	34,4 d
F81	4,06 c	10,01 f	0,37 c	6,87 c	13,42 e	78,69 d	371,84 e	2,15 f	0,41 d	0,11 b	0,4 b	5,95 g	65,25 c	0,16 e	12,99 d	1,4 a	31,68 d
F135	3,73 c	8,03 j	1,22 a	3,85 d	14,17 d	83,17 a	400,36 b	2,27 e	0,41 d	0,1 b	0,37 b	5,45 h	62,13 c	0,16 e	13,1 d	1,02 c	27,5 d
F14	3,65 c	9,76 f	0,71 b	4,41 d	15,24 c	81,47 b	393,24 c	2,44 e	0,34 d	0,09 b	0,34 c	5,54 h	60,92 c	0,1 f	8,42 d	1,01 c	31,67 d
F68	4,09 c	9,29 g	0,95 b	4,86 d	13,58 e	80,81 c	386,15 c	2,17 f	0,45 d	0,09 b	0,4 b	5,87 g	55,08 c	0,16 e	12,54 d	1,14 b	43,86 c
F19	4,66 a	7,29 k	0,67 b	8,47 b	16,72 c	78,92 c	388,55 c	2,68 c	0,47 c	0,13 a	0,28 c	6,39 g	56,82 c	0,17 e	13,49 d	1,2 b	47,21 b
F13	4,18 c	8,7 h	0,82 b	6,07 c	15,71 c	80,23 c	391,11 c	2,51 d	0,52 c	0,15 a	0,28 c	5,32 h	48,5 c	0,24 c	18,88 c	1,15 b	43,28 c
F10	5,16 a	9,36 g	1,11 a	6,47 c	15,63 c	77,9 d	384,12 c	2,5 d	0,49 c	0,15 a	0,34 c	6,12 g	228,27 a	0,39 a	31,1 a	1,14 b	40,16 c
F8	3,92 c	8,5 i	0,58 b	7,05 c	16,6 c	79,95 c	391,48 c	2,66 c	0,44 d	0,14 a	0,35 c	5,68 h	49,83 c	0,4 a	32,07 a	1,14 b	38,51 c
F172	4,86 a	8,04 j	0,62 b	5,72 c	18,36 b	80,75 c	402,06 b	2,94 b	0,67 a	0,13 a	0,32 c	5,3 h	68,06 c	0,2 d	16,32 c	1,13 b	51,48 b

(continuação)

Trat	Cin	Umíd	Lip	Fi	Prot	Carb	Ener	N	P	S	Ca	Cu	Fe	Mg	Mn	K	Zn
F117	4,8 a	9,32 g	0,63 b	6,76 c	16,46 c	78,5 d	385,42 c	2,64 c	0,35 d	0,15 a	0,29 c	5,4 h	45,67 c	0,22 c	17,47 c	1,18 b	37,18 c
F3	4,32 b	6,55 l	1,01 a	4,32 d	18,14 b	83,8 a	416,83 a	2,9 b	0,52 c	0,11 b	0,31 c	4,19 i	60,33 c	0,16 e	12,75 d	1,1 b	37,48 c
F9	4,17 c	7,86 j	0,80 b	9,29 b	17,06 c	77,89 d	386,94 c	2,73 c	0,43 d	0,11 b	0,41 b	4,17 i	49,1 c	0,19 d	15,17 c	1,07 b	29,01 d
F92	4,85 a	9,12 g	0,78 b	6,26 c	13,07 e	78,99 c	375,25 e	2,34 e	0,4 d	0,12 b	0,21 d	4,28 i	66,21 c	0,15 e	15,81 c	1,3 b	37,73 c
F132	4,99 a	11,47 d	0,9 b	5,73 c	16,09 c	76,9 e	380,14 d	2,58 d	0,55 b	0,11 b	0,22 d	3,16 j	143,12 b	0,15 e	12,24 d	1,22 b	38,38 c
F180*	4,49 b	9,15 g	1,22 a	5,92 c	20,37 a	79,22 c	409,34 a	3,26 a	0,57 b	0,11 b	0,22 d	3,44 j	62,54 c	0,18 d	14,6 c	1,61 a	38,23 c
F15	3,83 c	9,17 g	1,56 a	5,35 d	15,41 c	80,08 c	396 b	2,47 d	0,43 d	0,15 a	0,3 c	3,58 j	56,12 c	0,24 c	18,93 c	1,68 a	34,96 d
Média	4,17	5,96	0,9	6,0	14,9	79,6	385,7	2,4	0,5	0,12	0,35	7,5	72,6	0,2	16,7	0,97	42,5
CV%	7,3	2,45	31,16	16,35	5,21	1,39	1,37	4,49	11,95	13,12	11,39	5,59	57,88	12,58	14,57	19,39	11,14

Trat = Tratamento; Cin = Cinza; Umíd = Umidade; lip = lipídeos; Fi = Fibra; prot = Proteína; Carb = carboidrato; Ener = Energia; N = Nitrogênio; P = Fósforo; S = Enxofre; Ca = Cálcio; Cu = Cobre; Fe = Ferro; Mg = Magnésio; Mn = Manganês; K = Potássio; Zn = Zinco.
Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

F135 (Bege), F24* (BRS Estilo) e F109 (Verde). O genótipo comercial com maior teor de carboidrato foi F24* (BRS Estilo) com 82,89%. Em países subdesenvolvidos, o feijão é a principal fonte de energia por ser uma boa fonte de carboidrato. O maior valor de energia foi observado para o genótipo F180* (Serrano), com 409,34 kcal, diferenciando estatisticamente dos demais. O conhecimento do conteúdo energético dos alimentos é de suma importância para os nutricionistas, uma vez que os ingredientes são incluídos ou rejeitados nas formulações de mínimo custo, em função, principalmente, de seu conteúdo relativo de energia (LIMA, 1996).

É possível observar uma alta variação mineral nos grãos destes feijões, o que é útil para a seleção de cultivares com maior valor nutricional e para a melhoria das características de qualidade nutricional do grão (PINHEIRO et al., 2010). Além da importância dos minerais para a qualidade nutricional dos grãos de feijão, estudos mostram que quando o teor de minerais foi elevado nas sementes de feijão, verificou-se maior número de plântulas viáveis e vigorosas, as plantas foram mais resistentes às doenças e mais eficientes no uso da água (FROSSARD et al., 2000). A análise demonstra que alguns genótipos são mais ricos em Mg e Mn (F149), Cu (F112), P (F30*), N (F180*), S (F118, F15, F10, F117), Ca (F181*), K (F15), Zn (F4).

O maior teor de Fe foi observado para o genótipo comercial F24* (BRS Estilo) com 250,92 mg/kg, enquanto o crioulo com maior teor de Fe foi F10 (Vargem Riscada) com 228 mg/kg e F132 (Santa Tereza), com 143 mg/kg (Tabela 2). Contudo, a diversidade genética de concentração de ferro observada, permite aumentar muito a concentração deste mineral nos grãos. Os teores médios de ferro encontrados neste trabalho apresentaram valores similares aos encontrados em outros trabalhos (PEREIRA et al., 2011; RIBEIRO et al., 2014). O Fe é essencial à formação da hemoglobina e sua deficiência provoca anemia (MAHAN, 1998), assim, a ingestão diária de feijão com maior teor desse mineral, é importante na prevenção dessa doença.

O maior teor de Zn foi observado no genótipo crioulo F4 (Crioulo), com 58,59 mg/kg, não diferenciando estatisticamente dos genótipos F112 (Marrom) com 57,68 mg/kg, F220 (Bico de Ouro) com 54,74 mg/kg, F118 (Preto), com 56,29 e dos comerciais F24* (BRS Estilo), com 56,78 mg/kg e F32* (CNFP 15304) com 54,33 mg/kg. PEREIRA et al. (2011) estudando genótipos crioulos observou uma variação de 32 a 68 mg/kg de zinco nos grãos em dois anos de cultivo. Resultados como estes demonstram a importância de estudar genótipos crioulos e preservá-los para que possam ser utilizados em programas de melhoramento

genético. Feijão comum com maior teor de Zn se torna importante por contribuir no crescimento normal de crianças e no sistema imunológico.

Estes resultados confirmam a existência de variação na composição físico-química entre os grãos de genótipos de feijão comum em estudo, sendo essa uma condição essencial para que o melhorista possa exercer pressão de seleção artificial e obter o ganho esperado. Nenhum genótipo apresentou melhor desempenho para todas as características avaliadas. No entanto, o genótipo F172 (Vagem Riscada) pode ser destacado como o de desempenho mais favorável, pois apresentou, de forma geral, melhores resultados para as características avaliadas. É importante para o cruzamento de genótipo, além da utilização de genótipos divergentes, que estes evidenciem bom desempenho em relação aos principais caracteres de importância agrônômica, sendo o mais apropriado para obter êxito no melhoramento genético de plantas.

3.1 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO

A proteína é um dos componentes mais importantes do feijão. A análise demonstra (Figura 1) que o N é a variável que mais se correlaciona com a proteína, com correlação positiva e significativa, o que já era esperado, uma vez que o N, por participar da composição dos aminoácidos, desempenha um efeito direto no teor de proteínas dos grãos (GOMES JÚNIOR et al. 2005). Seguem-no com correlação positiva e significativa com a proteína, a energia e o potássio, e com correlação negativa significativa o Ca e o Cu. O teor de proteína apresenta ainda correlação positiva com o Zn (GHASEMI et al., 2013), P (KAHRAMAN; ÖNDER, 2013) e fibra.

Há correlações positivas e significativas entre vários teores de minerais. Beebe, Gonzales e Rengifo (2000) também verificaram correlações positivas entre vários minerais em acessos de feijão, avaliados na Colômbia. Essa é uma situação favorável para o melhoramento genético visando a qualidade nutricional se ambas as características forem de interesse, uma vez que a seleção poderá ser realizada para dois ou mais minerais com base em um específico.

De acordo com a análise, os minerais que mais se correlacionam são Mg e Mn, com correlação positiva significativa (0,978). Além dessa, também foram observadas correlações positivas entre P com Zn, S com Zn, Ca com Zn, Cu com Zn, Mn com Fe, Mg com Fe; K com N, Zn com N, P com N.

Outras correlações, estatisticamente significativas, estão destacadas na figura 1. Apesar da alta variabilidade mineral encontrada nestes feijões em estudo, em alguns casos, a seleção

de alguns minerais implica na redução de outros compostos de interesse nutricional, como se pode observar com o Fe, pois este íon apresenta correlação positiva com taninos e fenóis (DORIA et al., 2012), enquanto sua correlação é negativa com o teor de proteínas.

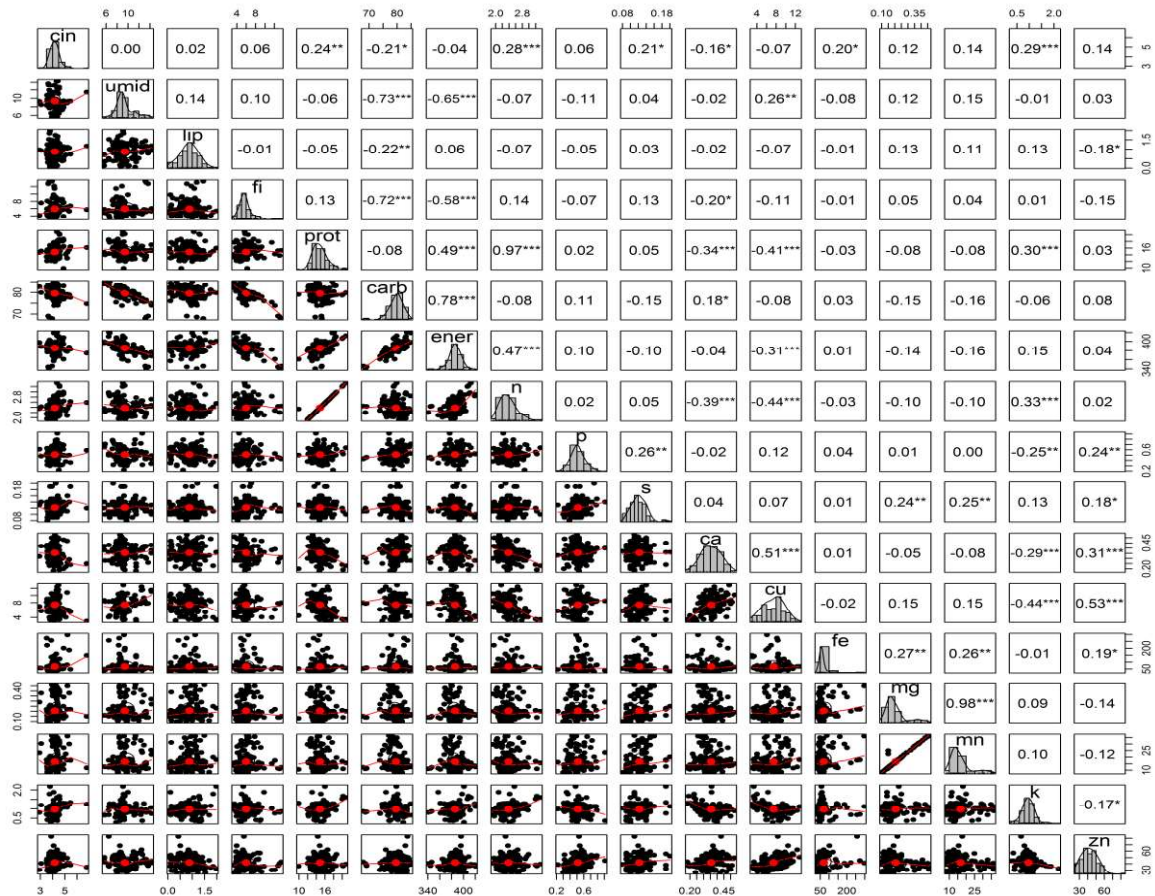


Figura 1. Correlação de Pearson entre 17 características químicas de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo.

Significativo ($p \leq 0,5$); *Significativo ($p \leq 0,1$)

Cin = Cinza; Umid = Umidade; lip = lipídeos; Fi = Fibra; prot = Proteína; Carb = carboidrato; Ener = Energia; N = Nitrogênio; P = Fósforo; S = Enxofre; Ca = Cálcio; Cu = Cobre; Fe = Ferro; Mg = Magnésio; Mn = Manganês; K = Potássio; Zn = Zinco.

Correlação negativa significativa também foi observada para fibra com carboidrato. A correlação negativa também pode ser de interesse para o melhoramento genético, se uma característica for de interesse e a outra não.

Os minerais Mg e Mn também apresentaram correlação negativa com a proteína, o que dificultaria a seleção de genótipos com interesse nessas características. No entanto, a correlação entre os nutrientes pode variar de um banco de germoplasma para outro, principalmente devido aos diferentes genótipos, locais de cultivo e a interação genótipo x ambiente.

Em trabalhos de melhoramentos que buscam cultivares com maiores concentrações de minerais e estes compostos forem correlacionados, é muito mais fácil se introduzir e selecionar os genótipos sendo eles com correlação positiva, como é o caso do Zn e Fe; Zn e Ca; e Zn e P, pois favorecem a seleção de genótipos por mais de um elemento de interesse, o que pode também diminuir mão de obra e custos com avaliações, principalmente se uma das características em estudo for de difícil avaliação.

4 CONCLUSÕES

No feijão comum existe grande variação da composição das características avaliadas a ser explorada e utilizada pelos melhoristas da cultura, servindo de suporte para os programas de melhoramento no estado do Espírito Santo.

Nenhum genótipo apresentou ótimo desempenho para todas as características, no entanto é possível alcançar ganhos de seleção para características analisadas.

Genótipos crioulos e comerciais estabeleceram-se dentro de um mesmo grupo para determinadas características avaliadas, podendo afirmar que genótipos crioulos possuem características de interesse, uma vez que os comerciais já passaram por algum processo de melhoramento genético.

Muitas características analisadas apresentaram correlação positiva, sendo esta uma situação favorável para o melhoramento da qualidade nutricional desta cultura se ambas características forem de interesse.

5 REFERÊNCIAS

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Maryland: AOAC International, 2005.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, London, v.47, n.1, p.159-167, Feb. 1993.
- BEEBE, S.; GONZALEZ, A.V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals in the common bean. **Food and Nutrition Bulletin**, Boston, v.21, n.4, p.387-391, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília**, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001. **Lex: Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001, Brasília. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 09 jan. 2018.
- BURATTO, J.S. et al. Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.593-597, 2009.
- BRIGIDE, P; CANNIATI-BRAZACA, SG. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v.22, n.1, 97-102, 2011.
- CASTRO-GUERRERO, N.A., Isidra-Arellano, M.C., Fariza-Cozat, D.G., Valdes-López, O. Common Bean: a legume model on the rise for unraveling responses and adaptations to iron, zinc, and phosphate deficiencies. **Front. Plant Science**, v. 7, n. 600, 2016.
- DORIA, E.; CAMPION, B.; SPARVOLI, F.; TAVA, A.; NIELSEN, E. Anti-nutrient components and metabolites with health implications in seeds of 10 common bean (*Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus lunatus* L.) landraces cultivated in southern Italy. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 72–80, 2012.
- FROSSARD, E.; BUCHER, M.; MACHLER, F.; MOZAFAR, A.; HURRELL, R. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 7, p. 861-879, 2000.
- GHASEMI, S., KHOSHGOFTARMANESH, A.H., AFYUNI, M., HADADZADEH, H. The effectiveness of foliar applications of synthesized zinc-amino acid chelates in comparison with zinc sulfate to increase yield and grain nutritional quality of wheat. **European Journal of Agronomy**, v.45, p. 68- 74, 2013.

SCHUH, G.; Gottardi, R.; Ferrari, F. E.; Antunes, L.E.G.; Dionello, R.G.. Effects of two methods of drying on quality physical and chemical grain winter corn – RS, stored for 6 months. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, jan/mar. 2011.

GIUNTINI, E. B; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Composição de alimentos: um pouco de história. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 56, n. 3, p. 295-303, 2006.

HAMBIDGE, M. Human zinc deficiency. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, n. 5, p. 1344-1349, 2000.

GOMES JÚNIOR, F. G. et al. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.

HUBER, K. Evidências da interação entre proteínas e taninos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus efeitos na digestibilidade protéica. 2012. 107p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

KABATA PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315p.

KAHRAMAN, A.; ÖNDER, M. Correlations between seed color and nutritional composition of dry bean. **Ratarstvo i povrtarstvo**, v. 50, n. 2, p. 8–13, 2013.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: Araújo, A. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Publicado por: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – Potafos, 1996. Seção I, p. 23-45.

LIMA, I.L. Níveis nutricionais utilizados nas rações pela indústria avícola. In: Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais de Aves e Duínos. Viçosa, 1996. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p.389-402.

LONDERO, P.M.G.; RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.167-173, jan./fev. 2008.

MA, Y.; BLISS, F.A. Seed proteins of common bean. **Crop Science**, Canadá, v.18, p.431-437, 1978.

MAHAN, L.K. Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia. 9.ed. São Paulo: Roca, 1998. 1179p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Metodologia para análise de elementos em material vegetal. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A., eds. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. p.231-308.

MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P.A.A. Pré melhoramento do feijão-comum. In: LOPES, M.A.; FÁVERO, A.P.; FERREIRA, M.A.J.F.; FALEIRO, F.G.; FOLLE, S.M.; GUIMARÃES, E.P. (Ed.). Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. p.441-485.

MIGLIORANZA, E.; ARAÚJO, R. de; ENDO, R. M.; SOUZA, J.R.P. de.; MONTANARI, M. A. Teor de cálcio em frutos de diferentes cultivares de feijão-vagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 158-161, 2003.

MONTOYA, C.A.; LETERME, P.; VICTORIA, N.F.; TORO, O.; SOUFFRANT, W.B.; BEEBE, S.; LALLÈS, J-P. Susceptibility of phaseolin to *in vitro* proteolysis is highly variable across common bean varieties (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural And Food Chemistry**, Easton, v. 56, p. 2183-2191, 2008.

MORAES, R.M.A. Melhoramento de feijão na Embrapa Trigo. 2008. **Disponível em:** <<http://www.seedquest.com/News/releases/2008/february/21786.htm>>. Acesso em 20 jun. 2014.

MOREIRA, S.M.; BASTOS, C.V.; ARAÚJO, R.B. et al. Estudo retrospectivo (1998 a 2001) da erliquiose canina em Belo Horizonte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.55, p.141-147, 2003.

NKUNDABOMBI M.G., NAKIMBUGWE D., MUYONGA J.H.,. Effect of processing methods on nutritional, sensory, and physicochemical characteristics of biofortified bean flour. **Food Science & Nutrition**. v. 4, n. 3, p. 384-397, 2016.

OLIVEIRA, D.P.; Vieira, N.M.B.; Souza, H.C.; Morais, A.R.; Andrade, M.J.B. de.; Pereira, J. Qualidade tecnológica de grãos de cultivares de feijão-comum na safra das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1831- 1838, 2012.

OTTEN, J.J.; HELLWIG, J.P.; MEYERS, L.D. **Dietary Reference Intakes (DRI) – The essential guide to nutrient requirements**. Institute of Medicine of the National Academies. The National Academies Press. Washington. 2006. 543p.

PARK, S.J.; KIM, T.W.; BAIK, B-K. Relationship between proportion and composition of albumins, and *in vitro* protein digestibility of raw and cooked pea seeds (*Pisum sativum* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 90, p. 1719-1725, 2010.

PINHEIRO, C. ; BAETA, J.P.; PEREIRA, A. M.; DOMINGUES, H.;RICARDO, C. P. Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 4, p. 319–325, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.A.; LEONEL, A.J.; COSTA, N.M.B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de

feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 200-213, 2008.

REZENDE, A.A.; PACHECO M.T.B., SILVA, V.S.N., FERREIRA T.A.P.C., Nutritional and protein quality of dry Brazilian beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science and Technology**, ahead of print Epub Oct 19, 2017.

RIBEIRO, N.D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 1367- 1376, 2010.

SGARBIERI, V.C. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **World Review of Nutrition and Dietetics**. Basel, Karger., Suíça, v. 60, p. 132-198, 1989.

SGARBIERI, V.C., WHITAKER, J. R. Physical, chemical and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Advances in Food Research**, v.28, n.3, p.93-166, 1982.

SILVA, A.G.; ROCHA, L.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v.20, p. 591-598, 2009.

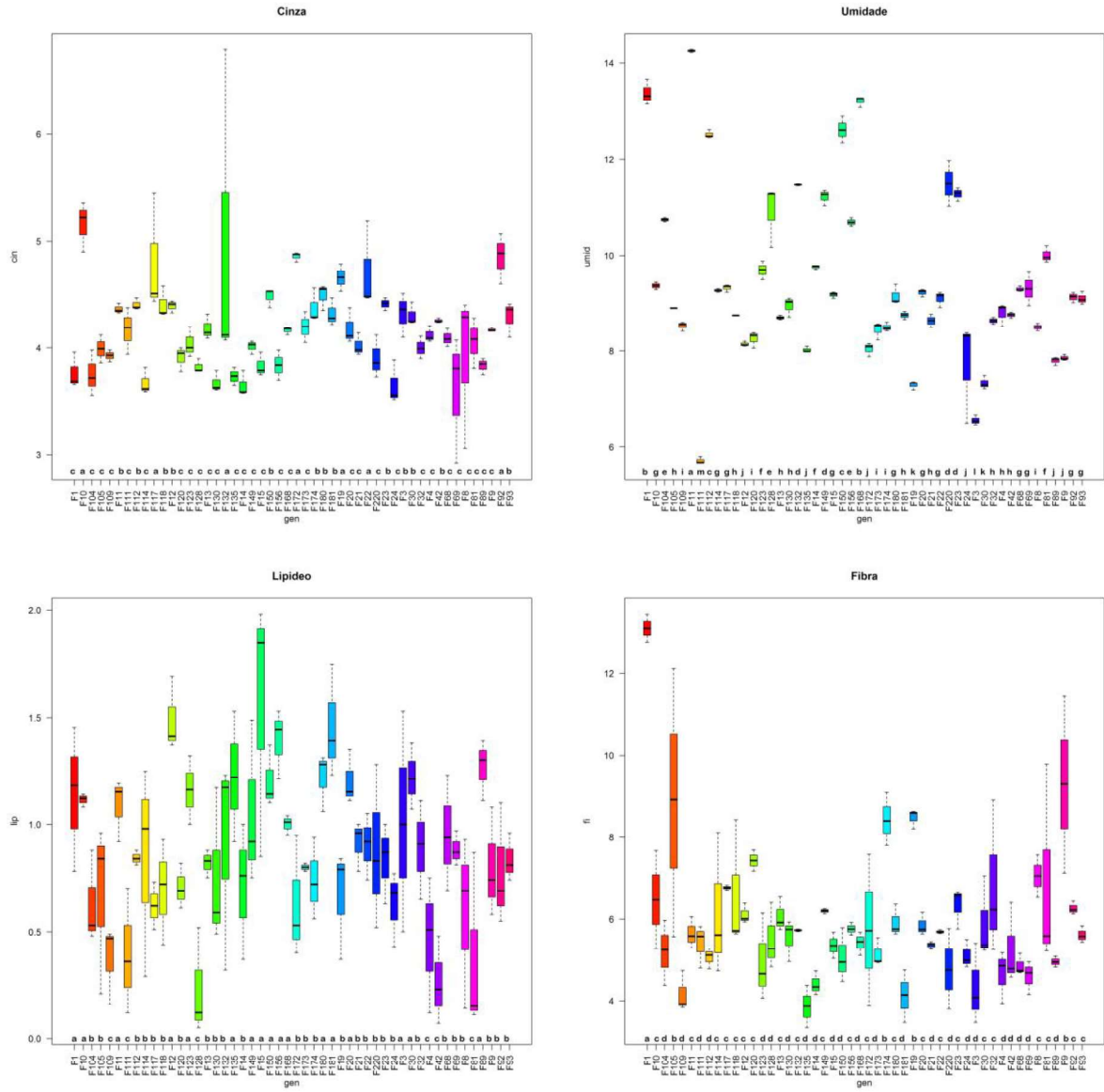
SILVA, M.O.; BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Composição de cultivares de feijão comum. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v.24, n.3, p. 339-346, jul/set 2013.

WELCH, R.M.; HOUSE, W.A.; BEEBE, S.; CHENG, Z. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Chicago, v. 48, n. 8, p. 3576-3580, 2000.

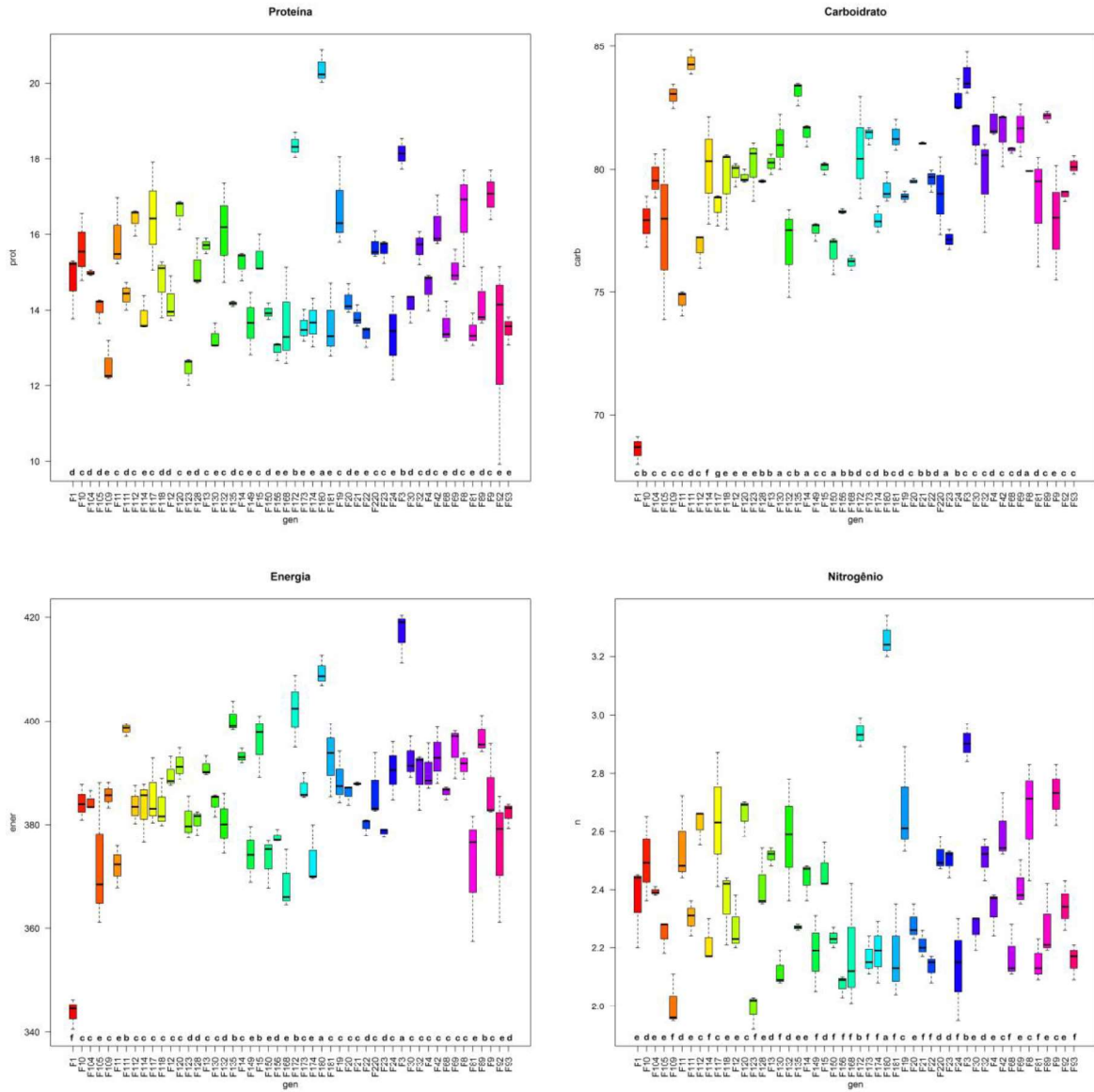
WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Biofortifying crops with essential mineral elements. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 10, n. 12, p. 586-593, 2005.

6 APÊNDICE

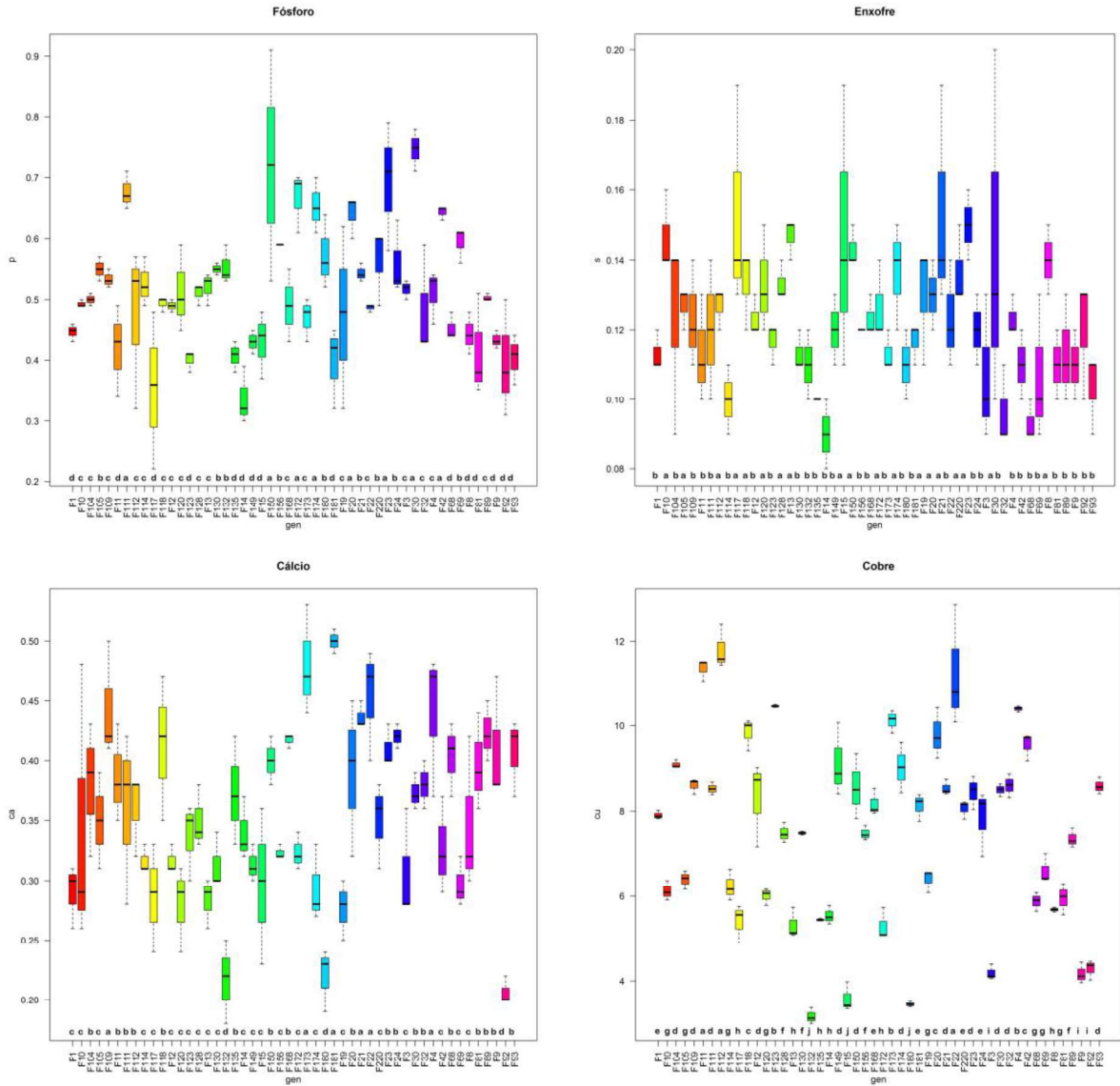
Apêndice 1. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de cinza, umidade, lipídeo e fibra de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo.



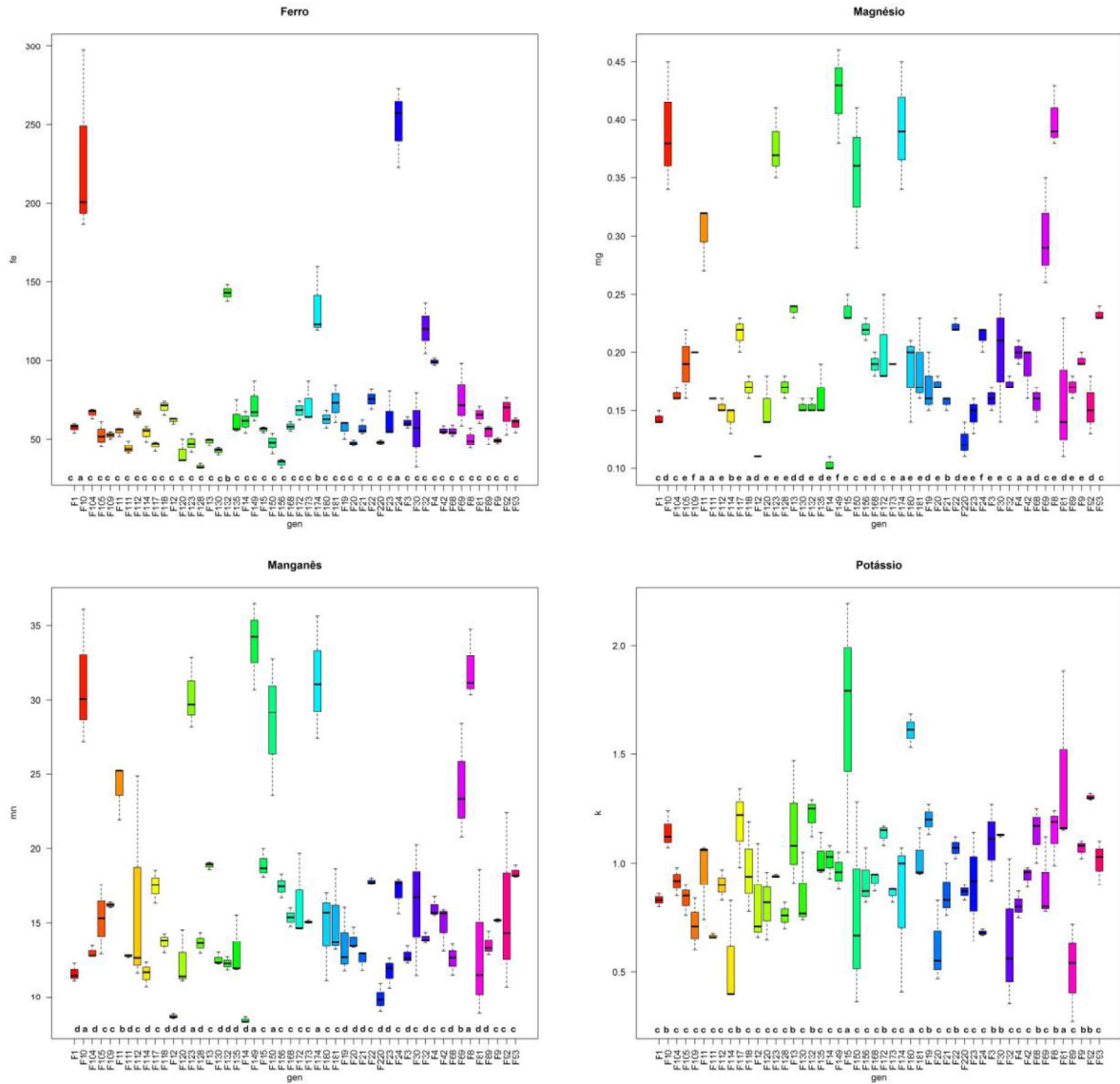
Apêndice 2. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Proteína, Carboidrato, Energia e Nitrogênio de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo.



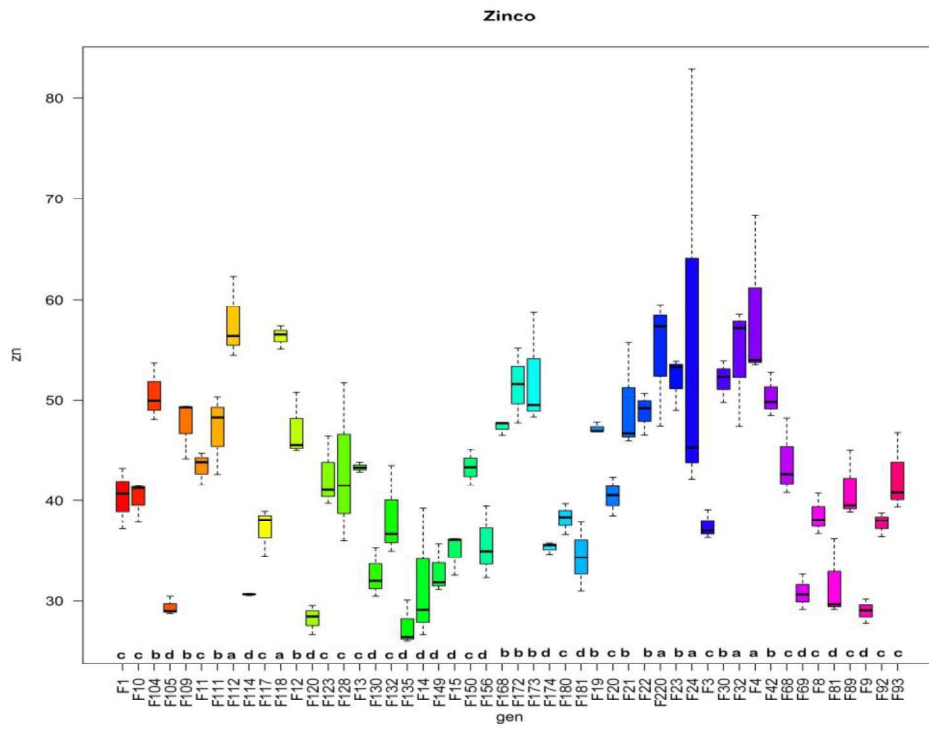
Apêndice 3. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Fósforo, Enxofre, Cálcio e Cobre de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo.



Apêndice 4. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Ferro, Magnésio, Manganês e Potássio de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo.



Apêndice 5. Boxplot dos dados fenotípicos da composição de Zinco de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo.



CAPÍTULO II

Diversidade genética entre características centesimal e mineralógicas de grãos de feijão comum crioulos e comerciais

Resumo: Análises de diversidade em feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) envolvendo caracteres químicos têm favorecido programas de melhoramento de plantas para criação e seleção de novas cultivares com elevado potencial nutricional. A determinação da divergência genética, com o uso da análise multivariada, em que diversos caracteres podem ser dimensionados simultaneamente, apresenta-se bastante vantajosa, podendo-se, além de identificar fontes de variabilidade genética, permitir aos melhoristas identificar combinações genéticas com maiores chances de sucesso, antes de se realizarem os cruzamentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade genética de 50 acessos de feijão comum coletados no Estado do Espírito Santo, com base em características físico-químicas (cinza, umidade, fibra, lipídeo, proteína, carboidrato, energia, N, P, K, Mg, Ca, S, Mn, Fe, Zn e Cu), além de verificar qual grupo de características mais influenciou na variabilidade genética dos genótipos. Estimou-se a diversidade genética entre os acessos de feijão comum empregando-se análise multivariada com base na distância generalizada de Mahalanobis, realizando análises de agrupamento e de correlação cofenética. A análise de variância multivariada, utilizando a matriz de distância de Mahalanobis (D^2) indicou que, para todas as características avaliadas, o genótipo F11 (Vagem Riscada) foi o mais divergente, apresentando distância máxima com 76% dos demais genótipos avaliados, sendo a maior com F3 (Manteiga Bege Claro), com $D^2 = 2236,9$. Para os grupos Bromatológicas, Micronutrientes e Macronutrientes, os genótipos F11 (Vagem Riscada), F132 (Vermelho) e F180* (Serrano) foram os que apresentaram distância máxima com a maioria dos genótipos nos respectivos grupos. O grupo de características que apresentou maior influência sobre a variabilidade genética foi o grupo micronutrientes. O método de agrupamento UPGMA para a caracterização química mostrou que genótipos crioulos e comerciais estabeleceram-se dentro de um mesmo grupo, podendo afirmar que os materiais crioulos possuem características semelhantes aos comerciais que já passaram por algum processo de melhoramento genético.

Palavras-chave: Bromatológica, análise multivariada, *Phaseolus vulgaris* L.

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) se adapta a diferentes condições edafoclimáticas, o que permite o seu cultivo em quase todos os estados brasileiros e durante todo o ano, favorecendo a constante oferta do produto no mercado. A variabilidade presente em feijão comum é observada principalmente em pequenas propriedades rurais, pelo fato dos agricultores não utilizarem sementes comerciais, reutilizando suas sementes ou de vizinhos, o que acarreta em mistura mecânica e a ocorrência de cruzamentos naturais. Essa condição pode ser aproveitada pelos melhoristas, uma vez que este germoplasma possui vantagens adaptativas importantes para o melhoramento genético (YOKOYAMA, 2001).

Os programas de melhoramento de plantas estão fundamentados na utilização da diversidade genética dentro de uma espécie para a criação e seleção de novas cultivares com elevado potencial produtivo (LOARCE et al., 1996), além da conservação dos recursos genéticos disponíveis. Para tanto, torna-se necessário conhecer a diversidade genética existente em genótipos de feijão comum para subsidiar programas de melhoramento com condições de explorar a variabilidade existente e já adaptada às condições climáticas de regiões específicas (LOARCE et al., 1996; FRANCO et al., 2001).

A importância da diversidade genética para o melhoramento está no fato de que o cruzamento entre genitores divergentes produz progênies com alto efeito heterótico e maior variabilidade genética (CRUZ et al, 2004). A presença de variabilidade genética entre os acessos de germoplasma é essencial na formação da população base, contudo, resultados satisfatórios somente são obtidos se o germoplasma utilizado como genitor, possuir também alta média para as características de interesse (MELO, 2000). A caracterização química dos genótipos se torna importante por fornecer conhecimento de linhagens com maior potencial nutritivo, sendo este o primeiro passo para definir a divergência genética com base em caracteres físico-químicos presente na população.

O estudo da divergência genética mede a distância genética dentro de cada espécie ou população, através de características morfológicas, agrônômicas, bioquímicas, fisiológicas e moleculares (CRUZ et al, 2004). Para isso, a utilização de técnicas multivariadas para estimar a divergência genética com base em características quantitativas tem se tornado comum. Este tipo de análise consiste na avaliação simultânea de vários caracteres e permite diferentes indicações sobre o conjunto de dados analisados. As técnicas multivariadas mais utilizadas são as de variáveis canônicas, dos componentes principais e das distâncias euclidiana e de Mahalanobis (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Há grande diversidade genética na composição de minerais e proteínas em sementes de feijão (CEYHAN; HARMANKAYA; KAHRAMAN, 2014). Genótipos mais dissimilares obtidos por meio do estudo da divergência genética, permite a organização, a amostragem e a utilização eficiente do germoplasma em programas de melhoramento genético, aumentando as chances de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes. Atualmente é possível aumentar em 37,3% o teor de Zn nas sementes de feijão utilizando apenas três progenitores masculinos para a formação de linhagens mais ricas em Zn (ROSA et al., 2010). Pelos cruzamentos entre os diferentes genótipos de feijoeiro, é possível aumentar a concentração de seus elementos (RIBEIRO, 2010).

A viabilidade da utilização da divergência genética como critério de seleção de genitores e utilização para formação de populações segregantes, e a seleção visando ganho genético sobre determinadas características para auxiliar no melhoramento da cultura do feijoeiro tem sido relatada por alguns autores (SANTOS, 2005; CEOLIN et al., 2007, BARELLI et al., 2009, NICK et al., 2010, OLIVEIRA et al., 2011, ALVARES et al., 2012).

Assim sendo, neste trabalho objetivou-se caracterizar a diversidade genética de 50 genótipos de feijão comum crioulos e comerciais coletados no estado do Espírito Santo com base em 17 características, dentre elas centesimal e mineralógica, além de identificar por meio do método de agrupamento UPGMA qual grupo de características (Todos, Micronutrientes, Macronutrientes ou Bromatológicas) mais influenciou na variabilidade genética dos genótipos, auxiliando em trabalhos futuros de melhoramento genético do feijoeiro.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 OBTENÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS

A partir de uma coleta de 200 genótipos de feijão no Estado do Espírito Santo, em que alguns foram cedidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e por produtores rurais, outros obtidos em feiras municipais, realizou-se análise molecular dos mesmos para análise de diversidade genética afim de selecionar os materiais mais divergentes. Em 24/03/2017 os 50 genótipos mais divergentes foram levados para plantio em campo na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, município de Alegre, distrito de Rive, latitude 20°45' Sul, longitude 41°30' Oeste e altitude de 119 m. Os genótipos de feijão foram plantados em delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo 3 blocos e 10 repetições. A colheita foi realizada em 19/06/2017.

Após a colheita um bloco foi escolhido e as 50 amostras foram moídas em moinho de facas, embaladas em sacos plásticos e armazenadas em temperatura entre 5 a 10° C. Realizou-se a caracterização em 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo, sendo 11 comerciais e 39 crioulos (Tabela 1).

As análises foram efetuadas no laboratório de Química, localizado no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES – Campus Alegre) e no laboratório de Fitotecnia da Universidade Federal do Espírito Santo.

Tabela 1. Identificação, nome comum, local de coleta e grupo comercial de 50 acessos de feijões comum coletados no Estado do Espírito Santo.

ID	NOME COMUM	LOCAL DE COLETA	GC
F22*	Pérola	Incaper	Carioca
F173	Preto	Alegre	Preto
F93*	CNFC 15475	Incaper	Carioca
F118	Preto	Venda Nova	Preto
F12	Bico de ouro	Muniz Freire	Vermelho
F123	Campo salis Verde	Guaçu	Cores
F149	Feijão 04	Incaper	Cores
F104	Preto	Domingos Martins	Preto
F11	Vagem riscada	Muniz Freire	Preto
F1	Palhacinho	Vila Velha	Cores
F150*	BRS Notável	Incaper	Carioca
F168	Carioca Vermelho	Alegre	Cores
F112	Marrom	Alegre	Cores
F23*	BRS Notável	Incaper	Carioca
F21*	CNFC 15462	Incaper	Carioca
F4	Crioulo	Vitória	Preto
F109	Verde	Guaçu	Cores
F128	Bico de Ouro	Irupi	Vermelho
F42	Amendoim	Incaper	Vermelho
F111	Verde	Alegre	Cores
F220	Bico de Ouro	Irupi	Vermelho
F32*	CNFC 15304	Incaper	Preto
F24*	BRS Estilo	Incaper	Carioca
F89	Vermelho nº03	Incaper	Vermelho

(continuação)

ID	NOME	LOCAL DE COLETA	GC
F30*	BRS Esplendor	Incaper	Preto
F156	Nº 10 Quadrado	Alegre	Vermelho
F20*	CNFC 15625	Incaper	Carioca
F174	Vermelho	Alegre	Vermelho
F130	Carioca	Venda Nova	Carioca
F120	Bico de Ouro	Guaçu	Vermelho
F105	Carioca	Domingos Martins	Carioca
F114	Verde	Incaper	Cores
F69	Preto 13 (09)	Incaper	Preto
F181*	Supremo	-	Preto
F81	Verde Cristo Rei 01	Incaper	Cores
F135	Bege	Santa Tereza	Cores
F14	Amendoim	Guaçu	Cores
F68	Verde 02	Incaper	Cores
F19	Vermelho	Iúna	Vermelho
F13	Enxofre	Muniz Freire	Cores
F10	Vagem riscada	Muniz Freire	Preto
F8	Vagem riscada	Alegre	Preto
F172	Vagem Riscada	Alegre	Preto
F117	Ouro Vermelho	Incaper	Vermelho
F3	Manteiga Bege Claro	Vitória	Cores
F9	Vermelho	Alegre	Vermelho
F92	Vagem Riscada	Alegre	Alegre
F132	Vermelho	Santa Tereza	Vermelho
F180*	Serrano	-	Preto
F15	Mata-mulher	Muniz Freire	Vermelho

ID = Identificação; GC = Grupo Comercial; *Comercial

2.2 ANÁLISES QUÍMICAS

Em laboratório foram realizadas análises químicas da composição centesimal (umidade, cinza, fibra, lipídeo, proteína, carboidrato, energia), macronutrientes (Ca, Mg, S, K, N, P) e

micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu) dos grãos de feijão comum moídos. Cada amostra foi analisada em triplicata, totalizando 150 análises.

2.2.1 Umidade (Método Gravimétrico)

Os teores de umidade foram obtidos de acordo com a metodologia indicada pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). O método utilizado foi o gravimétrico, baseado na evaporação da água presente na amostra, pela ação do calor. Assim, aproximadamente 1g de feijão foi colocado em cadinho previamente secos e tarado. Posteriormente, as amostras foram aquecidas em estufa a 105°C até massa constante (16-36h). Após este período, o material foi resfriado em dessecador e o teor de umidade determinado através da seguinte fórmula:

$$U\% = 100 * (A - B) / B,$$

onde: U%: Teor de umidade; A: Peso da amostra úmida; B: Peso da amostra seca

2.2.2 Teor de Cinzas (Método gravimétrico)

O teor de cinza foi determinado com base na perda de peso do material submetido à incineração em mufla a 550°C. As medidas foram feitas em triplicata, e as pesagens até peso constante. A perda de peso forneceu o teor de matéria orgânica, e a quantidade de cinzas é dada em g/ 100g (AOAC, 2006).

2.2.3 Extrato Etéreo

A quantidade de substâncias lipídicas foi determinada pelo método de Soxhlet (método 920.39 – AOAC, 2005), pela extração descontínua com o solvente éter etílico, e consequente solubilização da gordura. Após dessecação, o material extraído foi pesado, e a diferença entre este e o peso inicial da amostra corresponde à quantidade de extrato etéreo da amostra.

2.2.4 Proteína

O teor de proteína foi determinado a partir da extração de N segundo Malavolta et al. (1997). Pesou-se 0,1 g de amostra de feijão ao qual foi adicionado 1 mL de ácido sulfúrico e 1 mL de peróxido de hidrogênio 35%. As amostras foram colocadas em bloco digestor com aquecimento e exaustão, sendo mantidas nesta condição até a formação de uma solução límpida, sem coloração amarela. Após a digestão, o material foi transferido para balões

volumétricos de 25 mL e o volume, completado com água deionizada. Posteriormente o N foi determinado por espectrofotômetro de UV-visível Thermo Scientific Evolution 60S. Na determinação do teor de proteína bruta, multiplicou-se o valor do nitrogênio total encontrado no método de digestão nitroperclórica pelo fator que converte o nitrogênio em proteína, sendo o fator de conversão 6,25.

2.2.5 Carboidrato Total

O teor de carboidratos foi estimado pela diferença da soma dos teores dos componentes: umidade, proteínas, lipídeos, cinzas e fibras da totalidade do conjunto. Este procedimento está previsto pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 40, de 21 de março de 2001 (BRASIL, 2001).

2.2.6 Fibra Bruta

A análise da fibra bruta realizada no laboratório foi com o tratamento da amostra contida em saquinho de tecido (TNT; 100 g/m²) com ácido sulfúrico 1,25% e hidróxido de sódio 1,25% diluídos a quente e o determinador de Fibra TE-149 da marca TECNAL® que permite analisar 30 amostras simultaneamente. Pesou-se aproximadamente 2g de amostra, em seguida os saquinhos foram selados e hidratados com água deionizada por 30min. Os saquinhos então foram colocados no determinador de fibra com a solução ácida (H₂SO₄ 1,25%). Quando a solução começava a ferver, o temporizador emitia um alarme, então o equipamento era programado por 30min. A temperatura se estabilizava entre 97 e 98°C. Terminado o processo o aquecimento era desligado e escoado a solução. Faziam-se três lavagens sucessivas de três minutos cada, com água deionizada previamente aquecida em aquecedor elétrico. Depois era colocada a solução básica (NaOH 1,25%), quando começava a ferver eram marcados 30min e eram realizados os mesmos procedimentos anteriores de lavagens dos saquinhos. Terminando essas etapas os saquinhos eram lavados em acetona por três minutos, colocados sob papel absorvente, para em seguida serem levados a estufa de 105°C por no mínimo 6h. Passado o tempo, os saquinhos foram colocados no dessecador por 1 hora e pesados.

O valor da fibra bruta foi obtido pelo cálculo:

$$\% \text{ FB} = (\text{PD} - \text{PS}) \times 100 / \text{PA}$$

onde: %FB = percentagem de fibra bruta do alimento; PD = peso do saquinho + amostra (g); PS = peso do saquinho vazio (g); PA = peso da amostra (g).

2.2.7 Energia Estimada

A estimativa da quantificação de energia das amostras analisadas, foram estimadas por meio da seguinte fórmula:

Energia (kcal): [(4x valor de proteína) + (4x valor do carboidrato + 9) x (Valor de lipídeos)

2.2.8 Macro e Micronutrientes (N, Ca, P, K, Mg, S, Mn, Cu, Zn e Fe)

A composição mineralógica foi determinada segundo Malavolta et al. (1997). Para os elementos fósforo, enxofre, potássio, ferro, cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco, pesou-se 0,25g de amostra de feijão ao qual foram adicionados 4 mL de solução nitroperclórica (3:1) destes ácidos concentrados. As amostras foram colocadas em bloco digestor com aquecimento e exaustão, sendo mantidas nesta condição até a formação de uma solução límpida, sem coloração amarela. Após a digestão, o material foi transferido para balões volumétricos de 25 mL e o volume, completado com água deionizada. Potássio, ferro, cálcio, magnésio, manganês, cobre e zinco foram determinados por espectrofotômetro de absorção atômica. Solução de cloreto de estrôncio hexahidratado ($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) foi adicionada às soluções minerais das amostras para determinação de cálcio e magnésio, a fim de evitar a subestimação dos resultados que ocorre quando esses íons se encontram complexados com silicatos e fosfatos (GOMES, 1996). Fósforo e enxofre foram determinados por espectrofotômetro UV-VIS, marca Thermo Scientific Evolution 60S.

Para o elemento N, pesou-se 0,1g de amostra de feijão ao qual foi adicionado 1 mL de ácido sulfúrico e 1 mL de peróxido de hidrogênio. As amostras foram colocadas em bloco digestor com aquecimento e exaustão, sendo mantidas nesta condição até a formação de uma solução límpida, sem coloração amarela. Após a digestão, o material foi transferido para balões volumétricos de 25 mL e o volume, completado com água deionizada. Posteriormente o N foi determinado por espectrofotômetro de UV-VIS, marca Thermo Scientific Evolution 60S. A concentração dos elementos foi calculada utilizando-se uma curva padrão com concentração conhecida para cada elemento analisado.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A distância genética entre 50 genótipos de feijão comum, foi calculada por meio da análise de variância multivariada, utilizando a matriz de distância de Mahalanobis (D^2) (MAHALANOBIS, 1936) a partir de médias padronizadas. Com base na matriz de

dissimilaridade genética gerada, foi gerado um dendrograma pelo método de agrupamento da distância aritmética média (UPGMA). As análises foram realizadas utilizando-se o programa Genes, versão 2013 (CRUZ, 2013) e o programa R versão 3.4 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As distâncias mínimas e máximas entre os genótipos estudados com base em todas as características avaliadas estão apresentadas na Tabela 2. Verificam-se nas distâncias máximas que 76% dos genótipos avaliados apresentam sua distância máxima (D^2) quando combinadas com o genótipo crioulo F11 (Vagem Riscada), indicando este como o mais divergente, sendo o maior valor de divergência genética obtido entre os genótipos F11 (Vagem Riscada) e F3 (Manteiga Bege Claro), com $D^2 = 2236,9$. O menor valor de D^2 foi atribuído ao par de genótipo F118 (Preto) e F4 (Crioulo), com $D^2 = 14,4$, indicando uma menor dissimilaridade entre as duas variedades para os caracteres estudados.

Tabela 2 - Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para as 17 características avaliadas (grupos centesimal, macronutrientes e micronutrientes).

Genótipos	D ² entre genótipos – Todos								
	Mínima		Máxima		Genótipos	Mínima		Máxima	
	Gen	Valor	Gen	Valor		Gen	Valor	Gen	Valor
F22*	F4	22,8	F11	762,8	F156	F128	39,1	F111	648,7
F173	F4	18,0	F11	999,3	F20*	F118	27,4	F11	822,6
F93*	F109	27,3	F11	914,4	F174	F69	100,1	F11	1113,8
F118	F4	14,4	F11	866,2	F130	F114	23,0	F11	1158,3
F12	F21	33,6	F11	1260,6	F120	F19	35,2	F11	1521,6
F123	F149	75,3	F11	736,2	F105	F114	23,1	F11	1223,1
F149	F123	75,3	F3	919,1	F114	F130	23,0	F11	1118,2
F104	F128	27,7	F3	775,5	F69	F130	59,3	F11	1033,3
F11	F150	150,7	F3	2236,9	F181*	F93	31,4	F11	1104,6
F1	F168	118,0	F111	1753,9	F81	F68	29,1	F11	962,8
F150*	F168	82,7	F111	1506,0	F135	F89	51,0	F11	1674,3
F168	F150	82,7	F111	1632,4	F14	F68	35,8	F11	1090,1
F112	F11	154,8	F3	1688,9	F68	F81	29,1	F11	1058,9
F23*	F220	20,2	F120	998,1	F19	F120	35,2	F11	1652,3
F21*	F109	25,1	F11	1060,0	F13	F117	24,0	F11	1270,3
F4	F118	14,4	F11	820,1	F10	F69	73,8	F11	906,1
F109	F21	25,1	F11	1123,5	F8	F69	69,9	F11	1375,3
F128	F104	27,7	F111	728,5	F172	F13	43,3	F11	1345,5
F42	F118	33,4	F11	872,7	F117	F13	24,0	F11	1159,4
F111	F30	122,0	F11	2217,0	F3	F9	84,6	F11	2236,9
F220	F23	20,2	F111	1053,0	F9	F19	67,1	F11	1766,2
F32*	F118	22,2	F11	917,4	F92	F117	68,5	F11	1382,0
F24*	F109	40,0	F11	1309,4	F132	F128	177,5	F111	1150,5

F89	F181	47,2	F11	1445,7	F180*	F172	83,3	F11	1330,4
F30*	F89	60,8	F11	1406,7	F15	F13	47,1	F11	1418,7

Gen = Genótipos; *Comerciais

A identificação de genótipos contrastantes através da estatística multivariada (D^2) é relevante para o programa de melhoramento alcançar êxito na seleção, uma vez que muitos caracteres são controlados por um grande número de genes, cada um com pequeno efeito no fenótipo e são de difícil seleção (FEDERIZZI, 1998), como é o caso das características em estudo.

A utilização do método hierárquico UPGMA para o grupo contendo todas as características avaliadas, possibilitou a distribuição dos genótipos em cinco grupos, com ponto de corte realizado por meio do método Mojena (1977), os quais podem ser visualizados no dendrograma (Figura 1). O grupo 1 foi composto por cinco genótipos, dentre eles apenas um comercial F150* (BRS Notável) e quatro crioulos F1 (Palhacinho), F11 (Vagem Riscada), F112 (Marrom), F168 (Vermelho). O grupo 2 e o grupo 3 foram formados pelos genótipos crioulos, F132 (Vermelho) e F111 (Verde), respectivamente. O grupo 4, formado pela maior quantidade de genótipos (72%), entre eles crioulos e cultivares. O grupo 5 apresentou sete genótipos, dentre eles apenas um comercial F23* (BRS Notável).

Observa-se no dendrograma a confirmação da variabilidade genética da população de estudo, fato esse observado pela composição de materiais crioulos e cultivares. A composição de um mesmo grupo de materiais crioulos com materiais cultivares demonstra que os materiais crioulos apresentam um potencial de seleção decorrente da menor dissimilaridade entre eles para as respectivas características avaliadas. Assim, a estimativa da variabilidade genética existente entre os genótipos de feijão comum é importante não só para a conservação dos recursos genéticos, mas também para aplicações no melhoramento de plantas.

A partir da distância genética é possível escolher genitores dissimilares para obter populações segregantes para uma determinada característica. Estudos revelam que cruzamentos entre genótipos geneticamente divergentes, proporcionam grande vigor em relação àqueles cruzamentos entre indivíduos semelhantes geneticamente (HALLAUER, 1999).

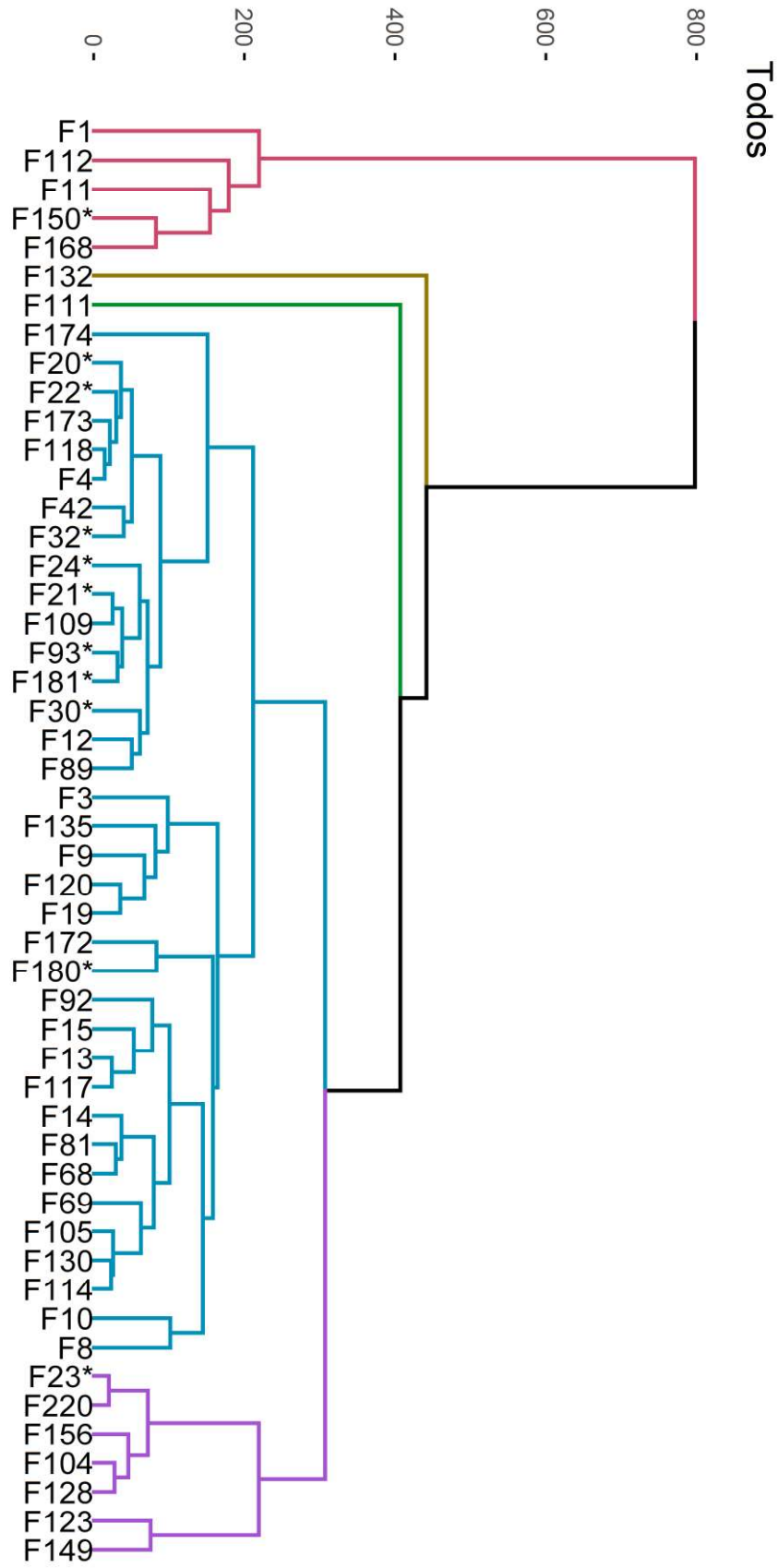


Figura 1 - Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo com todas as características (cinza, umidade, fibra, lipídeo, proteína, carboidrato, energia, N, P, K, S, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu). *Comercial.

Depois de obtido o dendrograma, faz-se necessários quantificar a consistência do agrupamento. O coeficiente de correlação cofenética é um coeficiente que quantifica a semelhança entre a matriz de distâncias do dendrograma (matriz cofenética) e matriz de distâncias originais (ROHLF, 1970). Quanto maior for o valor da correlação, menor será a distorção provocada pelo agrupamento. O Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC) (SOKAL; ROHLF, 1962) obtido através da distância generalizada de Mahalanobis foi de 0,78, o que, segundo Rohlf (1970) revela variabilidade na consistência do padrão de agrupamento, indicando boa representação das distâncias no dendrograma (Tabela 3).

Tabela 3 – Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando todas as características quantitativas (SOKAL; ROHLF, 1970).

Estatística	Valor
Correlação cofenética (CCC)	0,78
Graus de liberdade	1223
Valor de t	43,40
Probabilidade	**

** significativo pelo teste t ($p < 0,01$)

As distâncias mínimas e máximas entre os genótipos estudadas com base nos micronutriente (Tabela 4). Verificam-se nas distâncias máximas que 50% dos genótipos avaliados apresentam sua distância D^2 máximas quando combinadas com o genótipo F132 (Vermelho), indicando este como o mais divergente, sendo este pertencente ao grupo crioulo. O maior valor de divergência genética foi obtido entre os genótipos F132 (Vermelho) e F11 (Vagem Riscada), com $D^2 = 457,9$. O menor valor de D^2 foi atribuído ao par de genótipo F21* (CNFC 15462) e F111 (Verde), com $D^2 = 0,4$, indicando uma menor dissimilaridade entre as duas variedades para os caracteres estudados.

Tabela 4 - Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo, para as características micronutrientes (Mn, Fe, Zn, Cu).

Distancia D^2 entre genótipos – Micronutrientes									
Genótipos	Mínima		Máxima		Genótipos	Mínima		Máxima	
	Gen	Valor	Gen	Valor		Gen	Valor	Gen	Valor
F22*	F112	4,6	F132	409,5	F156	F130	5,3	F132	131,9
F173	F118	2,1	F132	292,8	F20*	F42	5,8	F132	275,2
F93*	F109	2,3	F132	194,3	F174	F149	5,0	F132	314,2
F118	F173	2,1	F132	265,3	F130	F1	3,7	F112	128,1
F12	F23	2,8	F132	154,9	F120	F114	0,8	F112	221,2
F123	F11	11,4	F132	419,1	F105	F120	2,7	F112	188,1
F149	F174	5,0	F132	350,4	F114	F120	0,8	F112	202,7

F104	F21	2,2	F132	209,3	F69	F156	11,0	F112	176,5
F11	F22	10,7	F132	457,9	F181*	F130	4,7	F132	165,5
F1	F89	2,8	F132	137,2	F81	F114	0,9	F112	216,7
F150*	F174	11,3	F132	250,0	F135	F120	1,9	F112	257,2
F168	F109	1,4	F132	153,7	F14	F135	5,0	F11	264,0
F112	F22	4,6	F132	452,5	F68	F19	2,0	F11	229,6
F23*	F21	0,6	F132	163,3	F19	F68	2,0	F11	194,3
F21*	F111	0,4	F132	170,6	F13	F117	2,2	F112	259,2
F4	F173	2,7	F132	321,2	F10	F69	21,0	F112	204,8
F109	F30	1,1	F132	183,3	F8	F69	23,3	F112	268,1
F128	F89	0,5	F11	124,3	F172	F13	5,2	F11	271,7
F42	F104	2,2	F132	246,4	F117	F13	2,2	F112	252,7
F111	F21	0,4	F132	171,0	F3	F92	1,8	F112	359,9
F220	F23	2,5	F149	149,8	F9	F92	3,6	F112	361,5
F32*	F23	2,8	F132	179,6	F92	F3	1,8	F112	345,0
F24*	F32	11,8	F15	163,1	F132	F180	6,6	F11	457,9
F89	F128	0,5	F11	128,5	F180*	F3	4,2	F112	429,9
F30*	F109	1,1	F132	174,3	F15	F180	4,7	F112	413,0

*Comercial

O agrupamento pelo método UPGMA para o grupo de características micronutrientes, possibilitou a distribuição dos genótipos em 5 grupos, pelo método de ponto de corte de Mojena (1977), os quais podem ser visualizados no dendrograma (Figura 2).

O grupo 1 foi composto por três genótipos crioulos, sendo eles o F69 (Preto 13), F8 (Vagem Riscada), F10 (Vagem Riscada). O grupo 2 foi composto por dezessete genótipos, entre eles o crioulo F132 (Vermelho) e o único comercial F180* (Serrano). O grupo 3 foi composto por cinco genótipos, entre eles um comercial: F150* (BRS Notável). O grupo 4 foi composto por seis genótipos, entre eles dois comerciais: F20* (CNFC 15625) e F22* (Pérola). O grupo cinco, sendo este o maior grupo, foi formado por 19 genótipos, entre eles crioulos e comerciais.

Genótipos comerciais alocados em um grupo juntamente com genótipos crioulos demonstram similaridade entre si pela composição química. Cruzamentos podem ser direcionados, visando alterar o teor de minerais de acordo com o interesse do melhorista (RIBEIRO, 2010) e mantendo a variabilidade da população.

O grupo de características micronutrientes foi o que apresentou a maior influência na variabilidade genética dos genótipos de feijão comum, fato esse observado pela distribuição equilibrada dentro de todos os grupos formados por genótipos crioulos e cultivares.

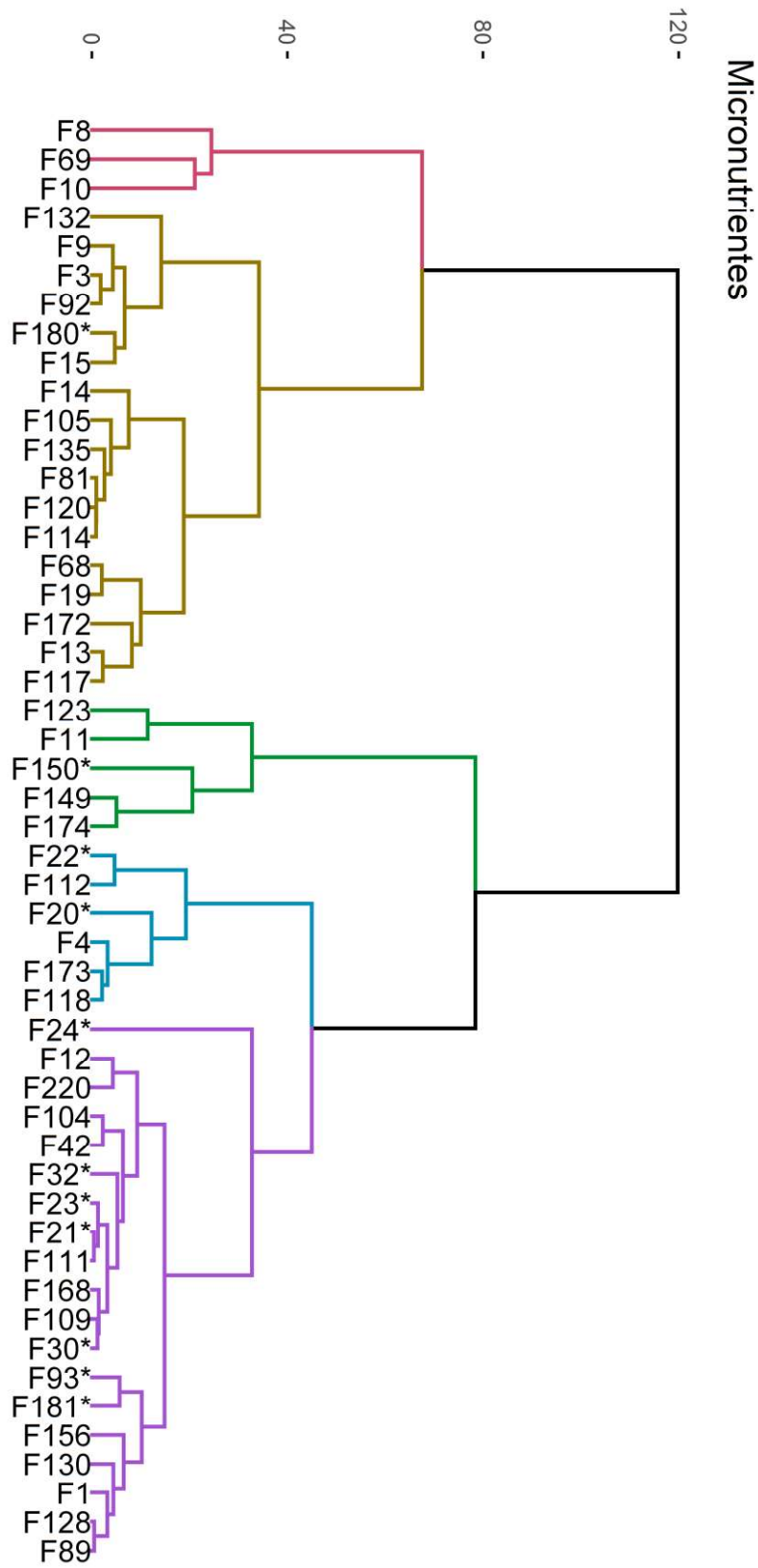


Figura 2 - Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo com as características micronutrientes (Mn, Fe, Zn, Cu). *Comercial.

Além disso, foi o grupo com maior ou igual quantidade de grupos formados. Para Barbosa, Neto e Bered (1998) a variabilidade genética é fundamental para a obtenção de êxitos na seleção e no ajuste genético de genótipos às condições de ambiente. Sem variabilidade genética e a sua interação com o ambiente é impossível a obtenção de genótipos superiores através do melhoramento genético. Este fato, possibilita maximizar a heterose manifestada nos híbridos e aumentar a probabilidade de ocorrência de segregantes superiores em gerações avançadas. Sendo assim, é vantajoso evitar cruzamentos entre genótipos do mesmo padrão de similaridade, para que a variabilidade, indispensável em qualquer programa de melhoramento, não seja restrita a inviabilizar os ganhos genéticos a serem obtidos pela seleção.

Para o grupo de características micronutrientes, o CCC obtido através da distância generalizada de Mahalanobis foi de 0,45 (Tabela 5).

Tabela 5 – Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando características quantitativas de micronutrientes (SOKAL; ROHLF, 1970).

Estatística	Valor
Correlação cofenética (CCC)	0,45
Graus de liberdade	1223
Valor de t	17,65
Probabilidade	**

** significativo pelo teste t ($p < 0,01$)

As distâncias mínimas e máximas entre os genótipos estudadas com base nos macronutrientes estão apresentadas na Tabela 6. Verificam-se nas distâncias máximas que 64% dos genótipos avaliados apresentam sua distância D^2 máximas quando combinadas com o genótipo F180* (Serrano), indicando este como o mais divergente, sendo este pertencente ao grupo comercial. Na caracterização físico-química, esse genótipo apresentou, de forma geral, bom desempenho quantos aos caracteres analisados, o que o torna um material promissor a ser inserido no grupo de cruzamento nos programas de melhoramento. O maior valor de divergência genética obtido foi entre os genótipos F180* (Serrano) e F123 (Campo salis Verde), com $D^2 = 296,3$, visto que são genótipos de grupos gênicos diferentes, comercial e crioulo, respectivamente, significando que com base na divergência genética, esse seria o cruzamento mais promissor observando apenas a busca da heterose máxima. O menor valor de D^2 foi atribuído ao par de genótipo F118 (Preto) e F104 (Preto), com $D^2 = 1,2$, indicando uma menor dissimilaridade entre as duas variedades para os caracteres estudados.

Tabela 6. Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para as características macronutrientes (N, P, K, S, Mg, Ca).

Distancia D^2 entre genótipos – Macronutrientes									
Genótipos	Mínima		Máxima		Genótipos	Mínima		Máxima	
	Gen	Valor	Gen	Valor		Gen	Valor	Gen	Valor
F22*	F173	3,2	F180	198,0	F156	F105	5,2	F180	173,7
F173	F181	2,3	F180	207,3	F20*	F111	1,9	F180	154,2
F93*	F22	4,3	F180	196,8	F174	F150	9,7	F149	232,2
F118	F104	1,2	F180	137,4	F130	F114	3,8	F180	161,4
F12	F1	3,4	F149	164,4	F120	F19	5,1	F180	157,9
F123	F149	7,5	F180	296,3	F105	F104	4,2	F180	146,0
F149	F123	7,5	F180	272,5	F114	F130	3,8	F180	164,7
F104	F118	1,2	F180	122,3	F69	F11	13,3	F180	129,5
F11	F69	13,3	F180	140,6	F181*	F173	2,3	F180	215,6
F1	F12	3,4	F149	135,2	F81	F68	3,2	F180	164,7
F150*	F174	9,7	F180	223,5	F135	F68	2,9	F180	150,4
F168	F4	2,9	F180	176,9	F14	F1	9,8	F149	173,8
F112	F220	4,5	F149	142,5	F68	F135	2,9	F180	164,7
F23*	F220	8,7	F149	159,9	F19	F120	5,1	F149	150,0
F21*	F118	5,0	F180	180,3	F13	F15	9,5	F180	88,5
F4	F168	2,9	F180	159,3	F10	F8	2,7	F123	170,4
F109	F24	2,6	F180	237,4	F8	F10	2,7	F149	159,0
F128	F104	2,2	F180	124,0	F172	F3	10,8	F123	180,3
F42	F111	13,1	F149	121,5	F117	F19	10,1	F149	119,1
F111	F20	1,9	F180	134,6	F3	F19	9,4	F123	178,3
F220	F112	4,5	F149	168,7	F9	F112	9,4	F149	117,2
F32*	F104	6,0	F180	120,5	F92	F1	11,2	F149	153,7
F24*	F109	2,6	F180	200,7	F132	F19	6,0	F149	163,7
F89	F4	4,4	F180	184,0	F180*	F172	28,7	F123	296,3
F30*	F111	10,6	F180	126,5	F15	F13	9,5	F149	100,5

*Comercial

O agrupamento pelo método UPGMA para o grupo de características macronutrientes, possibilitou a distribuição dos genótipos em 4 grupos, pelo método de ponto de corte de Mojena (1977), os quais podem ser visualizados no dendrograma (Figura 3). O grupo 1 foi composto por apenas um genótipo, sendo ele o comercial F180* (Serrano). O grupo 2 foi composto por 8 genótipos, dentre eles sete crioulos e um comercial, o F150* (BRS Notável). O grupo 3, foi composto por 26 genótipos, dentre eles crioulos e comerciais. O grupo 4 foi composto por quinze genótipos, dentre eles quatorze crioulos.

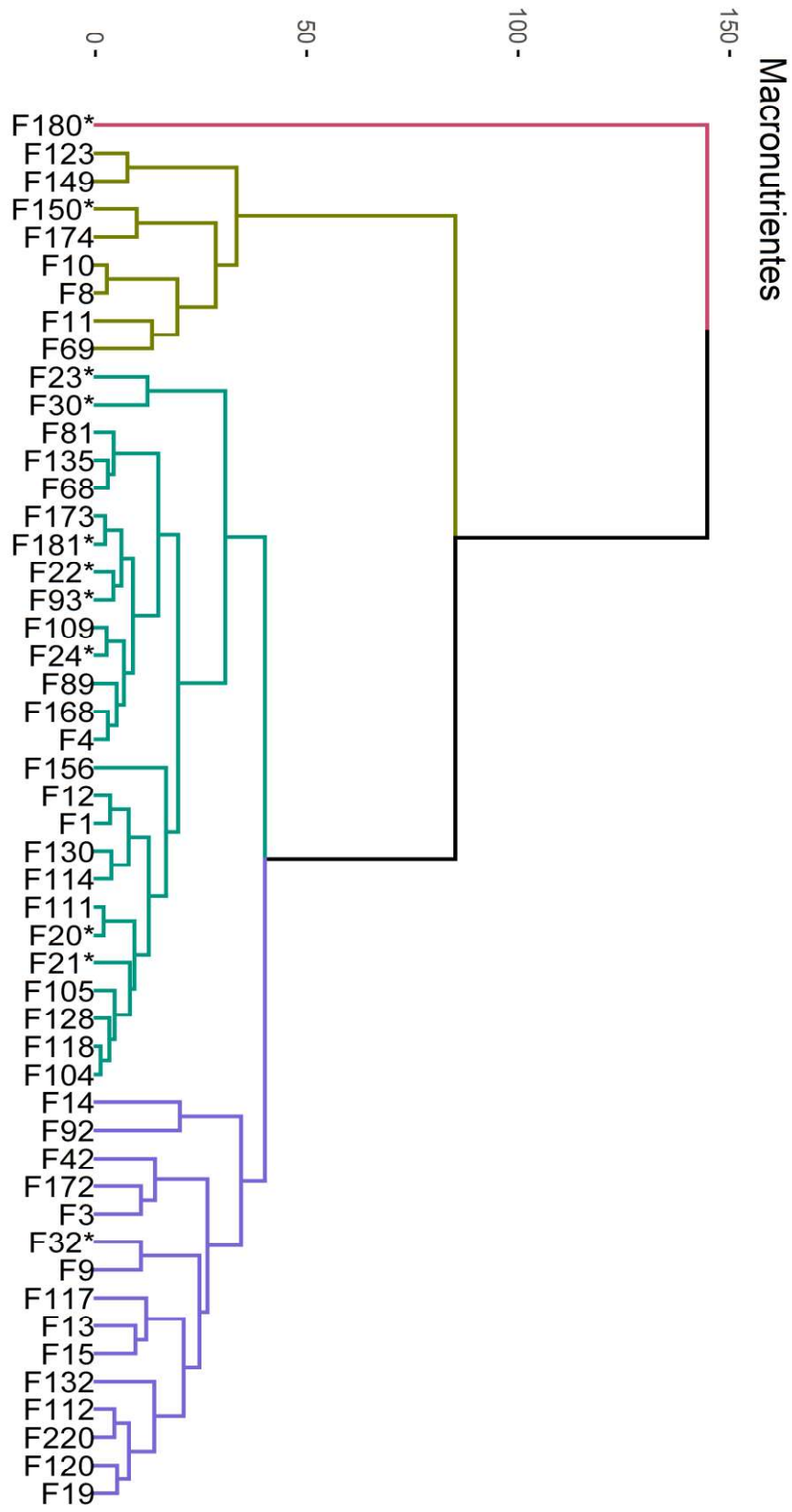


Figura 3. Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum coletados no Estado do Espírito Santo com as características macronutrientes (N, P, K, S, Mg, Ca). *Comercial.

O CCC para o grupo de características macronutrientes obtido através da distância generalizada de Mahalanobis foi de 0,80, o que, segundo Rohlf (1970) revela variabilidade na consistência do padrão de agrupamento, indicando boa representação das distâncias no dendrograma (Tabela 7).

Tabela 7 - Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando características quantitativas de macronutrientes (SOKAL; ROHLF, 1970).

Estatística	Valor
Correlação cofenética (CCC)	0,80
Graus de liberdade	1223
Valor de t	**
Probabilidade	15,44

** significativo pelo teste t ($p < 0,01$)

As distâncias mínimas e máximas entre os genótipos estudadas com base nas características centesimal estão apresentadas na Tabela 8. Verificam-se nas distâncias máximas que 76% dos genótipos avaliados apresentam sua distância D^2 máximas quando combinadas com o genótipo F11 (Vagem Riscada), indicando este como o mais divergente. O maior valor de dissimilaridade foi obtido entre os genótipos F11 (Vagem Riscada) e F111 (Verde), com $D^2 = 1486,0$. O menor valor de D^2 foi atribuído ao par de genótipo F32* (CNFP 15304) e F13 (Enxofre), com $D^2 = 1,1$, indicando uma menor dissimilaridade entre as duas variedades para os caracteres estudados.

Tabela 8 - Distância generalizada de Mahalanobis (D^2), máximas e mínimas entre 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo para as características centesimal (Umidade, cinza, fibra, lipídeo, carboidrato, proteína, energia).

Distancia D^2 entre genótipos – Centesimal									
Genótipos	Mínima		Máxima		Genótipos	Mínima		Máxima	
	Gen	Valor	Gen	Valor		Gen	Valor	Gen	Valor
F22*	F93	2,4	F11	560,4	F156	F149	9,6	F111	497,7
F173	F21	1,9	F11	712,6	F20*	F68	2,6	F11	528,5
F93*	F68	1,9	F11	557,4	F174	F105	5,2	F11	683,0
F118	F13	3,4	F11	610,7	F130	F21	4,0	F11	616,5
F12	F89	8,6	F11	772,3	F120	F8	2,2	F11	718,6
F123	F68	5,2	F11	466,0	F105	F174	5,2	F11	599,5
F149	F23	9,4	F111	604,7	F114	F68	5,9	F11	523,3
F104	F128	3,3	F111	511,1	F69	F14	6,3	F11	523,4
F11	F168	34,3	F111	1486,0	F181*	F21	10,0	F11	633,6
F1	F168	72,2	F111	1285,4	F81	F14	17,2	F11	393,4
F150*	F168	8,3	F111	967,3	F135	F89	2,4	F11	813,5
F168	F150	8,3	F111	1120,6	F14	F69	6,3	F11	425,3

F112	F150	29,0	F111	975,5	F68	F93	1,9	F11	522,2
F23*	F132	6,2	F111	643,1	F19	F9	10,2	F11	942,6
F21*	F173	1,9	F11	661,7	F13	F32	1,1	F11	607,5
F4	F21	5,0	F11	616,3	F10	F117	7,6	F11	467,1
F109	F173	5,5	F11	721,1	F8	F120	2,2	F11	655,9
F128	F104	3,3	F111	550,2	F172	F120	17,9	F11	745,3
F42	F13	6,0	F11	601,2	F117	F10	7,6	F11	475,3
F111	F3	49,9	F11	1486,0	F3	F30	39,3	F11	1168,0
F220	F23	6,5	F111	691,4	F9	F120	9,1	F11	800,9
F32*	F13	1,1	F11	625,1	F92	F22	2,5	F11	548,9
F24*	F89	8,8	F11	905,2	F132	F23	6,2	F111	715,5
F89	F135	2,4	F11	860,2	F180*	F117	32,6	F11	511,7
F30*	F89	7,2	F11	974,7	F15	F20	6,5	F11	531,0

*Comercial

O agrupamento pelo método UPGMA para o grupo de características centesimal, possibilitou a distribuição dos genótipos em 4 grupos, pelo método de ponto de corte de Mojena (MOJENA, 1977), os quais podem ser visualizados no dendrograma (Figura 4). O grupo 1 foi composto por sete genótipos, somente um comercial: F23* (BRS Notável). O grupo 2 foi composto por cinco genótipos, sendo apenas um comercial: F150* (BRS Notável). O grupo 3 foi composto por dois genótipos crioulos, F111 (Verde) e F3 (Manteiga bege claro). O grupo 4, foi composto pela maior quantidade de genótipos (72%), na sua maioria crioulos.

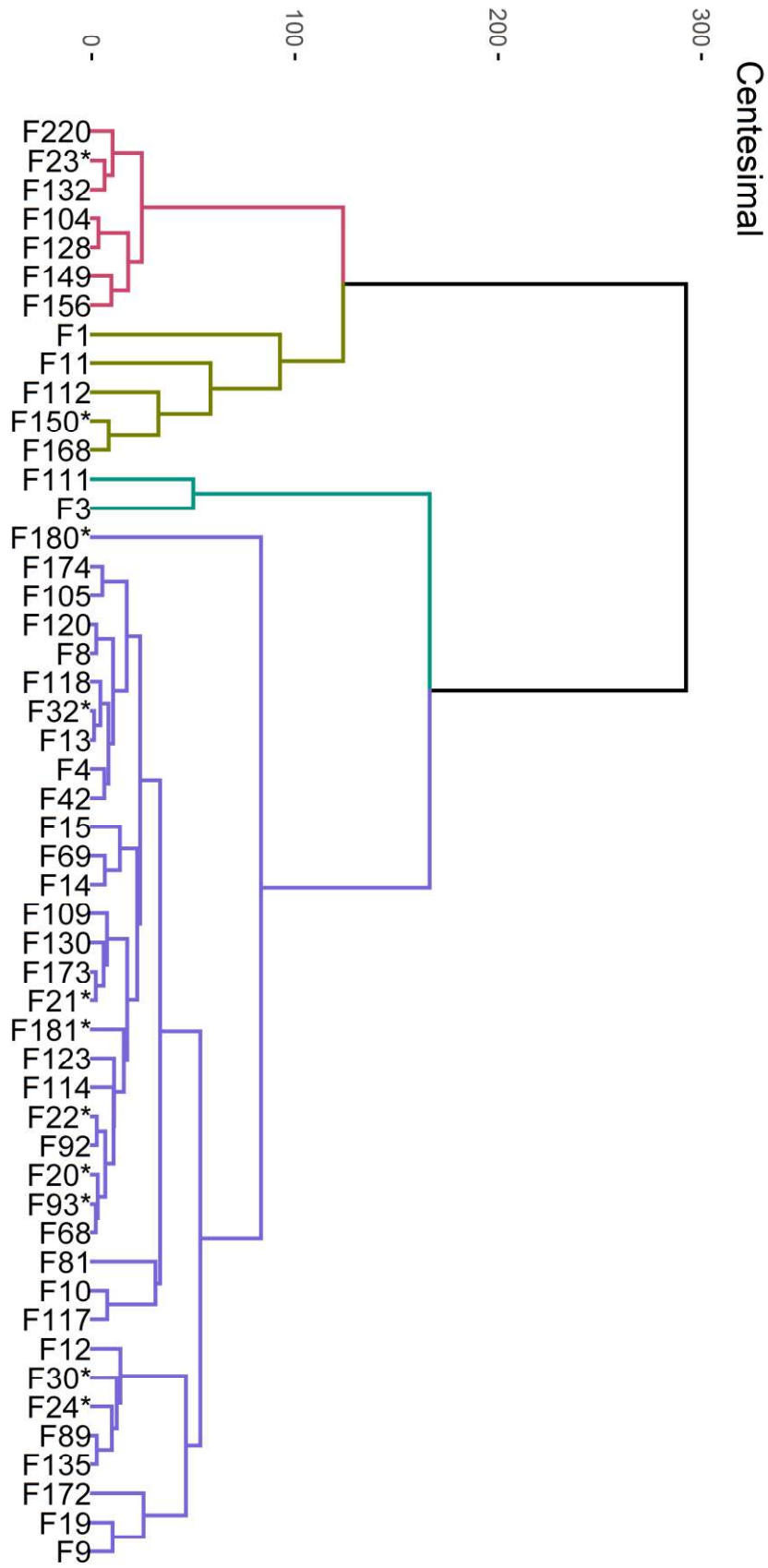


Figura 4. Agrupamentos UPGMA de 50 genótipos de feijão comum cultivados no Estado do Espírito Santo, com as características centesimal (Cinza, umidade, fibra, lipídeo, proteína, carboidrato, energia). *Comercial.

Para o grupo de características bromatológicas, o CCC obtido através da distância generalizada de Mahalanobis foi de 0,65 (Tabela 9).

Tabela 9. Adequação do método hierárquico por meio do coeficiente de correlação cofenética, utilizando características quantitativas centesimal (SOKAL; ROHLF, 1970).

Estatística	Valor
Correlação cofenética (CCC)	0,65
Graus de liberdade	1223
Valor de t	30,10
Probabilidade	0.0 **

** significativo pelo teste t ($p < 0,01$)

Avaliando a consistência do padrão de agrupamento de cultivares de feijão comum a partir da combinação de oito medidas de dissimilaridade e oito métodos de agrupamento, CARGNELUTTI Filho et al. (2010) verificaram que os coeficientes de correlação cofenética obtidos a partir das matrizes de distâncias de Mahalanobis apresentaram valores intermediários oscilando de 0,5922 a 0,8785 revelando consistência do padrão de agrupamento. O autor ressalta ainda que se deve avaliar a magnitude dos valores de CCC tendo em mente que quanto mais próximos os valores forem da unidade, maior será a consistência do padrão de agrupamento.

Além de se conhecer a diversidade genética da população, é de importância a compreensão de possíveis relações entre as diferentes matrizes de distância avaliadas (Tabela 10). É possível observar que entre todas as matrizes de distância existe associação significativa pelo teste t e Mantel (MANTEL, 1967), exceto entre centesimal e macronutrientes.

Tabela 10 - Estimativa da correlação entre as matrizes de dissimilaridade, pelo método de Mahalanobis, entre os grupos dos parâmetros avaliados Todas, Centesimal, Macronutrientes e Micronutrientes.

	Todas	Centesimal	Macronutrientes	Micronutrientes
Todas	-----	0,92**	0,14**	0,43**
Centesimal	++	-----	-0,021 ^{ns}	0,098**
Macronutrientes	++	ns	-----	0,45**
Micronutrientes	++	++	++	-----

Diagonal Superior correlação, * e **: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t;

Diagonal Inferior, + e ++ : Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de Mantel baseado em 10000 simulações.

O maior valor observado de correlação foi de 0,92 entre a matriz de distância Todas (centesimal, macro e micronutrientes) e centesimal significativo a 1% pelo teste de t e Mantel.

Quanto mais próxima de 1 a correlação, maior a similaridade dos genótipos nos grupos, ou seja, com base nos grupos das diferentes características avaliadas, é possível ter uma ideia da diversidade genética presente para na população em estudo, caso contrário (correlação baixa), não é possível com base nos diferentes grupos de características, ter ideia da diversidade genética sem sua avaliação.

Contudo, se torna possível informar e direcionar os cruzamentos a serem realizados quando é visada a obtenção de populações novas, porém que mantenha as mesmas características para todos os grupos avaliados se essas forem de interesse nutricional ou para o grupo a qual contem melhores resultados para as características de interesse se acaso algum dos grupos não tenha se mostrado nutricionalmente o melhor. Além disso, com o estudo de diversidade genética foi possível obter um panorama geral da variabilidade genética da população em avaliação para as respectivas características avaliadas e entre os grupos de características avaliadas.

Para os melhoristas estas informações contribuem diretamente na escolha de genótipos a serem adotados ou inseridos nos programas de melhoramento, pois a caracterização é de suma importância na escolha de genótipos, além do que genótipos muito próximos podem ocasionar um decréscimo da variabilidade genética, fato este preocupante levando em consideração a uniformização das culturas mediante avanços tecnológicos de cultivos, que ocasiona o surgimento de população com descendentes muito similares, o que não contribui para ganhos de seleção e posterior desenvolvimento de linhagens superiores.

4 CONCLUSÕES

O método de agrupamento UPGMA para as características avaliadas demonstrou que genótipos comerciais e tradicionais se estabeleceram dentro de um mesmo grupo, sendo possível afirmar que os materiais tradicionais possuem características de interesse, dado que os comerciais já passaram por algum processo de melhoramento genético.

A partir das análises de Mahalanobis se apresentou com maior dissimilaridade nos grupos de características os pares de genótipo F11 (Vagem Riscada) com F3 (Manteiga bege claro), para o grupo Todos; F132 (Vermelho) com F11 (Vagem Riscada), para o grupo micronutrientes; F180* (Serrano) com F123 (Campo salis verde), para o grupo macronutrientes, F11 (Vagem Riscada) com F111 (Verde), para o grupo centesimal.

Existe alta diversidade no material estudado, tendo o grupo de características micronutrientes com maior influencia nessa variabilidade.

5 REFERÊNCIAS

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Maryland: AOAC International, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001. **Lex: Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001, Brasília. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 09 jan. 2018.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Consistência do padrão de agrupamento de cultivares de feijão conforme medidas de dissimilaridade e métodos de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.236-243, 2010.
- CEYHAN, E.; HARMANKAYA, M.; KAHRAMAN, A. Combining ability and heterosis for concentration of mineral elements and protein in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 38, p. 1–10, 2014.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 579p.
- CRUZ, C. D. GENES-a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- MAHALANOBIS, P. C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings of The National Institute of Sciences of India**, v.12, p.49-55, 1936.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Metodologia para análise de elementos em material vegetal. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A., eds. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. p.231-308.
- MANTEL, N. The detection of disease clustering and generalized regression approach. **Cancer Research**, v.27, p.209-220, 1967.
- MELO, W.M.C. Divergência genética e capacidade de combinação entre híbridos comerciais de milho. 2000. 73p. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping method and stopping rules: an evaluation. **Computer Journal**, v.20, p.359-363, 1977.
- RIBEIRO, N. D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 1367- 1376, 2010.
- ROHLF, F.J. Adaptive hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v.19, n.1, p.58-82, 1970.

ROHLF, F.J. **NTSYS-pc**: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.1. New York: Exeter Software, 2000. 38p.

ROSA, S. S., RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; REINIGER, L. R. S.; ROSA, D. P.; CERUTTI, T.; POSSOBOM, M. T. D. F. Potential for increasing the zinc content in common bean using genetic improvement. **Euphytica**, v. 175, n. 2, p. 207–213, 2010.

SILVA, A.G.; ROCHA, L.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v.20, p. 591-598, 2009.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v.11, p. 30-40, 1962.

YOKOYAMA, L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos sócio econômicos da cultura. In: ARAÚJO, R.J.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; YOKOYAMA, L.P.; SOUZA, G.E.; DEL VILLAR, P.M. Aspectos conjunturais, produção e uso de sementes das cultivares de feijão recomendados pela Embrapa no Estado do Paraná. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. Documento n.124.