



MARIA GABRIELA PEREIRA E SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE *Coffea arabica* L. DO
BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS - MG
2022**

MARIA GABRIELA PEREIRA E SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE *Coffea arabica* L. DO BANCO ATIVO DE
GERMOPLASMA DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção a do título de Mestre.

Dr. Cesar Elias Botelho
Orientador

Dra. Juliana Costa de Rezende Abrahão
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Maria Gabriela Pereira e.

Caracterização de acessos de *Coffea arabica* L. do banco ativo
de germoplasma de Minas Gerais / Maria Gabriela Pereira e Silva. -
2022.

41 p. : il.

Orientador(a): Cesar Elias Botelho.

Coorientador(a): Juliana Costa de Rezende Abrahão.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Herdabilidade. 2. Café. 3. Estimativa de parâmetros. I.
Botelho, Cesar Elias. II. Abrahão, Juliana Costa de Rezende. III.
Título.

MARIA GABRIELA PEREIRA E SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE *Coffea arabica* L. DO BANCO ATIVO DE
GERMOPLASMA DE MINAS GERAIS**

**CHARACTERIZATION OF *Coffea arabica* L. ACCESSIONS FROM THE MINAS
GERAIS ACTIVE GERMPLASM BANK**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de março de 2022.

Dr. Cesar Elias Botelho	UFLA
Dra. Juliana Costa de Rezende Abrahão	UFLA
Dr. Rubens José Guimarães	UFLA
Dr. Diego Júnior Martins Vilela	EPAMIG

Dr. Cesar Elias Botelho
Orientador

Dra. Juliana Costa de Rezende Abrahão
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2022**

*Aos meus pais, Clóvis e Ediléia, ao meu irmão João Vítor,
aos meus avós Ascendina, Servoli, José Geraldo e Aparecida,
à minha madrinha Lena, por todo o amor, força, apoio, compreensão,
e por terem acreditado em mim!*

Dedico

*À minha sobrinha,
para que sempre acredite em si mesma
e nos seus sonhos,
Ofereço*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar ao meu lado, por sempre me mostrar o caminho certo a seguir e por ter preservado a minha saúde, a minha fé e de toda a minha família.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agricultura (DAG) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Mestrado.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em especial aos Campos Experimentais de Lavras (CELA) e Patrocínio (CEPC), pela estrutura e todo o apoio necessário na condução da pesquisa. Ao grupo de pesquisa em café da EPAMIG (Epamigos), por toda a ajuda, companheirismo, amizade e convivência diária.

Ao meu orientador, pesquisador Dr. Cesar Elias Botelho, pela paciência, dedicação e comprometimento. Me sinto honrada!

À minha coorientadora, pesquisadora Dra. Juliana Costa de Rezende Abrahão, pela atenção, comprometimento, orientação e toda a ajuda no trabalho.

Aos Pesquisadores Dr. André Dominghetti Ferreira, Dr. Gladyston Carvalho e Dr. Denis Nadaleti, pela amizade, companheirismo e convivência.

À minha amiga Letícia Mendes Pinheiro, que foi fundamental para a conclusão deste trabalho, por todo o incentivo, ajuda e companheirismo.

Ao Consórcio Pesquisa Café, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Científico e Tecnológico (CNPq), FAPEMIG e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café (INCT do Café) pelo apoio financeiro ao projeto.

À toda a minha família e amigos que me acompanham na torcida e orações, me fortalecendo para seguir em frente. Essa vitória é nossa!

Muito obrigada!

RESUMO

Bancos de germoplasma são fontes de variabilidade genética e, conseqüentemente, fontes de características agronômicas desejadas nos programas de melhoramento genético do cafeeiro. Objetivou-se com o trabalho estudar a variabilidade genética e selecionar acessos de café arábica do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais da EPAMIG, em Patrocínio – MG, mediante características agronômicas. Foram estudados 25 acessos de *Coffea arabica* L. por meio de avaliações morfoagronômicas. No segundo semestre de 2017 foram realizadas avaliações de crescimento, com medições do diâmetro de caule, altura de planta e diâmetro de copa. Foi avaliada a produtividade dos acessos nas safras 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020. Imediatamente após a colheita foi separada uma amostra de frutos de café para contabilizar as porcentagens de frutos maduros, verdes, passas/secos e chochos. Com os dados de produtividade, porcentagem de frutos maduros, verdes e passas/secos e porcentagem de frutos chochos foram estimados os componentes de variância e a predição dos efeitos aleatórios utilizando o procedimento REML/BLUP. Os dados de produtividade foram submetidos à análise de variância e aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparar as médias. Com as características vegetativas foi avaliada a divergência genética entre os acessos por meio de análises multivariadas, empregando-se a distância generalizada de Mahalanobis e, também, efetuado o agrupamento dos acessos pelo método hierárquico UPGMA. Houve variabilidade genética entre os acessos estudados para as características produtividade e percentual de frutos passas/secos, indicando possibilidades de obtenção de ganhos genéticos pela seleção neste grupo de acessos. Há potencial para ganho de seleção, e conseqüente melhoria das médias dos caracteres avaliados, principalmente nos acessos MG0223 (Pacamara), MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04) e MG0036 (Bourbon Amarelo). O método hierárquico UPGMA foi eficiente para o estabelecimento dos grupos de acessos na análise de divergência genética.

Palavras-chave: Herdabilidade. Café. Estimativa de parâmetros.

ABSTRACT

Germplasm banks are sources of genetic variability and, consequently, sources of desired agronomic traits in coffee genetic improvement programs. The aim of this work was to study the genetic variability and select accessions of arabica coffee from the Active Germplasm Bank of Minas Gerais at EPAMIG in Patrocínio - MG through agronomic characteristics. Twenty-five accessions of *Coffea arabica* L. were studied through morphoagronomic evaluations. In the second half of 2017, growth evaluations were carried out, with measurements of stem diameter, plant height and crown diameter. The productivity of accessions in the 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019 and 2019/2020 harvests was evaluated. Immediately after harvesting, a sample of coffee fruits was separated to count the percentages of ripe, green, raisin/dry and floating fruits. With the productivity data, percentage of ripe, green and raisin/dry fruits and percentage of floating fruits, the variance components and the prediction of random effects were estimated using the REML/BLUP procedure. Productivity data were submitted to analysis of variance and Tukey test ($p < 0.05$) was applied to compare means. With the vegetative characteristics, the genetic divergence between the accessions was evaluated by means of multivariate analyses, using the generalized Mahalanobis distance and, also, the accessions were grouped by the UPGMA hierarchical method. There was genetic variability among the accessions studied for the traits yield and percentage of fruits raisin/dried, indicating possibilities of obtaining genetic gains through selection in this group of accessions. There is potential for selection gain and consequent improvement in the means of the evaluated characters, especially in accessions MG0223 (Pacamara), MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315 -04) and MG0036 (Yellow Bourbon). The hierarchical method UPGMA was efficient for the establishment of accession groups in the analysis of genetic divergence.

Keywords: Heritability. Coffee. Parameter estimation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Bancos de germoplasma	11
2.2	Caracterização morfoagronômica do cafeeiro	13
2.3	Divergência genética	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1	Implantação e condução do experimento.....	16
3.2	Acessos avaliados.....	16
3.3	Características avaliadas	17
3.4	Análises estatísticas	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Características agronômicas	20
4.2	Características de crescimento.....	32
5	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio café destaca-se dentre as várias atividades ligadas ao comércio agrícola mundial. Neste cenário, o Brasil ocupa a primeira colocação em produção e exportação de café, além de ser o segundo maior consumidor deste produto. O parque cafeeiro nacional é constituído basicamente pelas espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre & Froehner, responsáveis por aproximadamente 70% e 30% do café produzido, respectivamente (CONAB, 2022).

É inquestionável a contribuição do melhoramento genético do cafeeiro para os agricultores e, sobretudo, para a economia brasileira. Embora as cultivares disponíveis no mercado já apresentem elevado potencial produtivo, novos acréscimos poderão advir com a condução de programas de melhoramento para incorporarem, por meio de cruzamentos, além de ganhos genéticos em produtividade, características de interesse visando a obtenção de cultivares que garantam maior competitividade e sustentabilidade da atividade cafeeira.

Uma estratégia importante utilizada pelos programas de melhoramento é a eficiente caracterização dos bancos de germoplasmas existentes, permitindo o conhecimento da diversidade genética preservada. Contudo, a utilização dessa diversidade nos bancos de germoplasma ainda é pouco explorada, visto que a falta de informações dos acessos é apontada como o principal fator limitante, bem como o fato destes bancos serem constituídos por muitos acessos ainda não caracterizados.

Neste sentido, o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Minas Gerais, instalado em 2005 no Campo Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) de Patrocínio-MG, conserva um vasto germoplasma, composto atualmente por 1596 acessos do gênero *Coffea spp.*, principalmente pelos grupos da maioria das cultivares comerciais. O BAG encerra uma grande variabilidade genética, constituída de muitas fontes de resistência à ferrugem, à antracnose e outras doenças do cafeeiro, aos nematóides das galhas e ao bicho mineiro. Além disso, consta também de diversos acessos de seleções com potencial para produção de cafés com qualidade sensorial diferenciada.

Apesar da diversidade mencionada, todo este material é bastante aparentado, devido a estreita base genética das espécies, sendo em muitos casos, de difícil discriminação fenotípica e identificação. As técnicas de estatística multivariada permitem a identificação da variabilidade genética, e constituem-se em instrumentos adequados para a avaliação de acessos em bancos de germoplasma, sendo que o número de acessos é elevado e vários

descritores são utilizados. A análise de divergência genética tem sido usada pelos melhoristas para facilitar também a escolha de genitores com características desejáveis para hibridação. Assim, estudos de caracterização agronômica e morfológica dos acessos de cafeeiro são necessários e de grande interesse para o melhoramento genético.

Diante ao exposto, objetivou-se com o trabalho estudar a variabilidade genética e selecionar acessos de café arábica do BAG de Minas Gerais da EPAMIG, mediante características agronômicas. Para tanto, estimou-se parâmetros genéticos para essas características, uma vez que fornecem informações sobre a possibilidade de ganho genético e auxiliam na tomada de decisões sobre práticas de melhoramento. Buscou-se também, agrupar os acessos em estudo por meio das características morfológicas pelo método hierárquico UPGMA, visto que o conhecimento do grau de divergência genética é fundamental para programas de melhoramento que envolvem hibridações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bancos de germoplasma

Os bancos de germoplasma são fundamentais na manutenção e conservação de genótipos, servindo de fonte para busca de genes desejáveis a serem introduzidos em programas de melhoramento genético (GUEDES *et al.*, 2013). Estes bancos representam um acervo de genes, assim como um reservatório de variabilidade genética natural, potencial e indispensável para os programas de melhoramento das espécies cultivadas, sendo crucial uma estratégia para conservá-los (COSTA *et al.*, 2011).

É dessa conservação a curto, médio, ou longo prazo, que o material se torna disponível, pelo fornecimento de genes desejáveis para serem incorporados na obtenção de genótipos superiores, que após melhorados constituirão as novas cultivares com características especiais, e de elevado valor agrônômico (FERREIRA, 1998).

Mesmo que as cultivares disponíveis no mercado já tenham atingido elevados níveis de produtividade, novos acréscimos poderão advir do desenvolvimento de cultivares com resistência a pragas, doenças, ou com características específicas de adaptação a novas fronteiras agrícolas, ou ainda, com melhor qualidade do produto. Essas características se encontram em *Coffea arabica* L. e em espécies silvestres de *Coffea*, evidenciando a importância de um Banco de Germoplasma (EIRA *et al.*, 2007).

Eira *et al.* (2007), reuniram informações sobre as coleções de germoplasmas de *Coffea* que foram implantadas no Brasil, como: Instituto Agrônômico de Campinas – IAC implantado em 1932, Universidade Federal de Viçosa em 1970, Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR em 1974, Fundação PROCAFÉ em 1976, EMBRAPA Rondônia em 1978, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER em 1987, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG em 2005, dentre outras.

O BAG de café da EPAMIG foi implantado no Campo Experimental de Patrocínio em 2005, onde conserva-se um vasto germoplasma do gênero *Coffea spp.* constituído atualmente por 1596 acessos, principalmente pelas linhagens da maioria das cultivares comerciais. A implantação do BAG da EPAMIG contou com a colaboração da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e mantém o germoplasma básico do programa de melhoramento do estado de Minas Gerais.

Segundo Lara *et al.* (2014), o banco inclui exemplares das cultivares mais antigas, tais como Típica, Bourbon Vermelho, Bourbon Amarelo, Caturra Vermelho, Caturra Amarelo, Sumatra, Amarelo de Botucatu, Maragogipe, Villa Sarchi, San Ramon, Pacas, São Bernardo, o maior número de seleções de Híbrido de Timor existentes no Brasil, e progênies promissoras das diversas populações de Catimor, Sarchimor, Cavimor, Cachimor, Catindu e demais seleções portadoras dos fatores de resistência à ferrugem SH₁, SH₂, SH₃ e SH₄ simples ou associados. É também constituído por diversos acessos exóticos, pouco produtivos, que por sua vez apresentam características sensoriais diferenciadas e altamente desejadas, como é o caso da variedade Pacamara, oriunda do cruzamento entre Pacas e Maragogipe (LOPEZ-GARCIA *et al.*, 2016).

O grupo Bourbon consta de duas variedades importantes (Vermelho e Amarelo). A Bourbon Vermelho foi introduzida no Brasil em 1859, por apresentar maior produtividade que a variedade Típica, além de boa qualidade de bebida. Já em relação a Bourbon Amarelo, foi estudada pela primeira vez em 1930, apresentando fortes indícios de sua origem ligada à mutação de Bourbon Vermelho ou uma recombinação do cruzamento natural entre essa variedade com Amarelo de Botucatu (CARVALHO, 2008).

O grupo Maragogipe é objeto de vários estudos em decorrência de ser uma planta mais rústica, apresentar porte, folhas, frutos e sementes de maiores dimensões, quando comparada a outras variedades da mesma espécie, além do potencial para produção de cafés finos (MENDES *et al.*, 2008), entretanto, é pouco produtiva.

Outro germoplasma de grande valia para a cafeicultura é o Híbrido de Timor, visto que, até então, a maioria das cultivares registradas com resistência a ferrugem são descendentes do mesmo, que apresenta alta variabilidade para qualidade de bebida (CARVALHO *et al.*, 2011). Este germoplasma é oriundo do cruzamento natural entre *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre & Froehner, em que as plantas apresentam fenótipo de arábica, com boa variabilidade genética para vigor vegetativo, produtividade, tamanho e formato de frutos (CARDOSO, 1996).

O valor da variabilidade genética está presente em sua utilização, pois somente com a caracterização dos acessos disponíveis pode-se conhecer suficientemente a diversidade genética preservada e a identificação de genes de interesse, de modo a fornecer parâmetros para a escolha de genitores favoráveis à obtenção de populações segregantes em programas de hibridação (COSTA *et al.*, 2006; CAMPOS *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2012).

2.2 Caracterização morfoagronômica do cafeeiro

Segundo Ramos e Queiroz (1999), a caracterização morfológica e agronômica de espécies vegetais consiste em fornecer uma identidade para cada, por meio do conhecimento de informações que permitam estudar sua variabilidade genética. De acordo com Vicente *et al.* (2005), para caracterizar algum germoplasma, pode-se utilizar diferentes métodos, desde as práticas tradicionais, envolvendo lista de descritores morfológicos e agronômicos, até técnicas bioquímicas, a fim de identificar diferenças entre isoenzimas, proteínas e marcadores moleculares.

A caracterização morfológica requer descritores definidos, considerando a variação existente. Esses descritores incluem características botânico-agronômicas (AMARAL JR. *et al.*, 1994) ou quaisquer características que manifestem homogeneidade e estabilidade genética que permitam distinguir acessos. Esta caracterização morfoagronômica tem sido utilizada em bancos de germoplasma com intuito de descrever e classificar o material conservado, discriminando alguns caracteres mais relevantes e, principalmente, para subsidiar programas de melhoramento genético, identificando indivíduos desejáveis e podendo quantificar a diversidade genética disponível (GOMES *et al.*, 2007).

A classificação e a identificação de novas cultivares de *C. arabica* L., *C. canephora* Pierre & Froehner e de híbridos interespecíficos, especialmente para o efeito de registro e proteção, são feitas desde novembro de 2000, com base na utilização de descritores mínimos. Esta relação consta, em sua grande maioria, de características botânicas das plantas ou órgãos, como haste, ramos, folhas, flores, frutos e sementes. Características agronômicas como precocidade de maturação dos frutos, ou tecnológicas, e o peso de 100 sementes também são utilizadas (GUERREIRO FILHO *et al.*, 2008).

Alguns bancos de germoplasma dispõem desta informação em catálogos, enquanto outros são apresentados em bancos de dados informatizados, que permitem a identificação de acessos com caracteres morfológicos e fisiológicos, grupos de maturação e ciclo, dentre outros (BORÉM, 1997).

Lara *et al.* (2014), afirmam que existe variabilidade genética entre acessos avaliados no BAG da EPAMIG, podendo ser usados em programas de melhoramento, e que a tabela de descritores mínimos para a proteção de cultivares foi eficaz na caracterização e diferenciação dos acessos de mutantes do banco. Guedes *et al.* (2013) também observaram variabilidade

genética entre acessos de Maragogipe do BAG da EPAMIG, além de identificarem grande divergência genética entre alguns acessos, sendo indicados para uso imediato em programas de melhoramento de forma a explorar essa variabilidade genética.

2.3 Divergência genética

O conhecimento do grau de divergência genética é fundamental para programas de melhoramento que envolvem hibridações por fornecer parâmetros para a identificação de progenitores que, quando cruzados, possibilitam maior efeito heterótico na progênie e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas gerações segregantes (PANDEY; DOBHAL, 1997). Segundo Wilches (1983), o agrupamento e a avaliação de material genético por meio da diversidade genética com base em evidências científicas são importantes para o conhecimento a evolução da espécie e para a localização e o intercâmbio de recursos genéticos.

A divergência genética entre populações pode ser avaliada de várias maneiras. Miranda, Cruz e Costa (1988) apontam duas maneiras básicas: uma de natureza quantitativa e outra de natureza preditiva. Os métodos preditivos de divergência genética têm sido bastante utilizados, sobretudo pelo fato de que, ao se basearem em diferenças morfológicas e fisiológicas dos genitores, dispensam a obtenção das combinações híbridas entre eles, o que é vantajoso, especialmente quando o número de genitores cujas divergências se deseja conhecer é elevado. Dentre os métodos preditivos estão aqueles que quantificam a divergência por meio de medidas de dissimilaridade, sendo que os mais rotineiros são a distância Euclidiana média ou a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) (BERTINI; TEÓFILO; DIAS, 2009), sendo esta última, a preferida, entretanto, possível de ser estimada apenas quando se dispõe da matriz de covariâncias residuais estimadas a partir de ensaios experimentais com repetições, sendo este o caso específico do BAG de Minas Gerais.

Os métodos de agrupamento têm por finalidade separar um grupo original de observações em vários subgrupos, de forma a obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos. Dentre estes métodos, os hierárquicos são empregados em grande escala pelos melhoristas de plantas. Nestes métodos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, sendo estabelecido um dendrograma, sem preocupação com o número ótimo de grupos. Para este caso, Cruz e Regazzi (2004) apresentam três formas

distintas de representar a estrutura de agrupamento com base na distância entre os pares de genótipos: a) utilizando a média das distâncias entre todos os pares de genótipos para formação de cada grupo, denominado método da distância média (UPGMA); b) utilizando a menor distância existente entre um par de genótipos, denominado de método do vizinho mais próximo ou da ligação simples e; c) utilizando a maior distância encontrada entre um par de genótipos, denominado de método do vizinho mais distante ou ligação completa.

Considerando que cada um desses critérios tem suas vantagens e desvantagens para quantificar a divergência genética, a escolha do método mais adequado tem sido determinada de acordo com a cultura, objetivos do pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma como os dados foram obtidos.

Em trabalhos realizados por Weldemichael *et al.* (2013) e Mossie, Mohammed e Kufa (2017) foi observada diversidade genética em coleções de germoplasmas etíopes de café arábica. Em contrapartida, outros trabalhos relatam a baixa diversidade genética da espécie arábica em comparação com outras culturas principais, indicando a limitação da variabilidade para programas de melhoramento (WCR, 2014; TRAN *et al.*, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Implantação e condução do experimento

O Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *Coffea spp.* de Minas Gerais, foi instalado em 2005 no Campo Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), de Patrocínio-MG, na região do Alto Paranaíba, com altitude local de aproximadamente 1.000 metros. O solo é classificado como latossolo vermelho-amarelo distrófico. O relevo da área é de topografia plana, com ligeira inclinação.

A temperatura média anual observada é de 20,61 °C, com máxima média anual 27,06 °C, mínima média anual 15,95 °C e precipitação média anual de 1200 mm. O clima é classificado como Mesotérmico Subtropical Temperado, com chuvas de verão, inverno seco e verão quente (Wca), segundo Köppen (MARTINS *et al.*, 2018).

A implantação e a condução dos acessos foram realizadas seguindo as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, sendo as adubações realizadas com base na 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES *et al.*, 1999). O manejo fitossanitário foi feito preventivamente ou curativamente, por meio de produtos químicos, acompanhando a sazonalidade da ocorrência de pragas e de doenças.

O espaçamento utilizado foi de 3,5 m (entre linhas) x 1,0 m (entre plantas) conferindo um estande de 2.857 plantas ha⁻¹. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC) com duas repetições, compostas por dez plantas cada. Todas as plantas de cada parcela foram adotadas como úteis para as avaliações.

3.2 Acessos avaliados

O BAG consta de 1596 acessos do gênero *Coffea spp.* Para este trabalho foram selecionados 25 acessos de *Coffea arabica* L. (TABELA 1) com potencial de uso imediato no programa de melhoramento genético da EPAMIG, de acordo com suas características de produtividade, qualidade de bebida e/ou resistência a doenças de importância econômica, previamente identificadas.

Tabela 1 – Identificação e denominação dos acessos do BAG avaliados.

Número	Código	Denominação
1	MG0009	Bourbon Amarelo
2	MG0011	Bourbon Vermelho
3	MG0025	Bourbon Vermelho
4	MG0027	Bourbon Vermelho
5	MG0036	Bourbon Amarelo
6	MG0043	Bourbon Amarelo
7	MG 0131	Sumatra
8	MG0165	Maragogipe Amarelo
9	MG0173	Maragogipe Vermelho
10	MG0187	Caturra Vermelho
11	MG0194	Caturra Amarelo Colombiano
12	MG0223	Pacamara
13	MG0289	Híbrido de Timor UFV 376-01
14	MG0420	Mundo Novo x S795 UFV 315-04
15	MG0438	Mundo Novo x S795 UFV 335-04
16	MG0540	BE 5 Wush-Wush x Híbrido Timor
17	MG0554	Bourbon N 39 x Híbrido Timor
18	MG0563	Bourbon N 197 x Híbrido Timor
19	MG0587	Dilla & Alghe x Híbrido Timor
20	MG0603	K 7 IAC 1151-2 c1003 UFV 165-04
21	MG 0615	DK 1/6 UFV 302-40
22	MG0694	Caturra Amarelo x CIFIC H358/5
23	MG1059	Sarchimor UFV 350-98
24	MG1079	Cavimor UFV 357-04
25	MG1156	Cavimor MS

Fonte: Da autora (2022)

3.3 Características avaliadas

Buscando maior entendimento dos acessos selecionados, avaliações de crescimento foram realizadas no segundo semestre de 2017 nos 25 acessos. O diâmetro de caule foi medido a 10 cm acima do colo da planta, em milímetros, com auxílio de paquímetro digital. A altura de planta foi medida em metros com auxílio de uma régua, a partir do colo até o meristema apical. O diâmetro de copa foi obtido no terço médio da planta, com a utilização de fita métrica medindo o ramo plagiotrópico de maior comprimento de um dos lados da planta e, posteriormente, este valor foi multiplicado por dois.

A produtividade foi avaliada nas colheitas de 2016, 2017, 2018 e 2019. Para isso, entre os meses de maio e julho de cada ano, realizou-se a colheita por derrição total dos frutos em

pano de colheita com posterior medição em litros de café colhido por parcela experimental. A produtividade em sacas ha^{-1} foi calculada considerando um rendimento médio de 480 litros de café colhido para cada saca beneficiada de 60 kg.

Imediatamente após a colheita foram coletadas amostras de 300 ml de frutos de cada parcela, retiradas diretamente da saca e armazenadas em sacos plásticos com identificação. Partindo dessas amostras, procedeu-se a separação e contabilização desses frutos nos estádios de maturação maduro, verde e passa/seco. Os dados foram convertidos para porcentagem.

Posteriormente foi quantificada a porcentagem de frutos chochos de acordo com a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1979), em que se coloca 100 frutos de café no estádio maduro em um recipiente contendo água, sendo considerados chochos aqueles que permanecerem na superfície.

3.4 Análises estatísticas

Os dados de produtividade (2016, 2017, 2018, 2019, biênio 1, biênio 2 e média das colheitas) foram submetidos à análise de variância pelo programa computacional Genes (CRUZ, 2013) e foi utilizado o teste F, a 5% de significância. Observando diferença significativa entre os tratamentos, utilizou-se o teste de Tukey para comparar as médias.

Com os dados de produtividade, porcentagem de frutos maduros, verdes e passas/secos e porcentagem de frutos chochos foram estimados os componentes de variância e a predição dos efeitos aleatórios utilizando o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não tendenciosa) (RESENDE, 2016). Para isto, foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$y = X_m + Z_g + W_p + e, \quad (1)$$

em que: y é o vetor de dados, m é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), p é vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas no caso) e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). X , Z e W representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. O vetor m contempla todas as medições em todas as repetições e ajusta simultaneamente para os efeitos de repetições, medição e interação repetições x

medições. Os efeitos aleatórios foram assumidos como não correlacionados e como tendo distribuição normal.

O uso de m medidas em cada genótipo para atingir a fração desejada de acurácia, foi obtida através da expressão (RESENDE, 2002):

$$m = \frac{f(1-\rho)}{(1-f)\rho}, \quad (2)$$

onde m é o número de medições estimadas para a obtenção das frações de acurácias (f) de 70%, 75%, 80%, 85% e 90%.

Com os dados de diâmetro de caule, altura de planta e diâmetro de copa, foi avaliada a divergência genética entre os acessos por meio de análises multivariadas, empregando-se a distância generalizada de Mahalanobis, expressa por: $D^2_{ii'} = \hat{A}(z_{ij} - z_{i'j})^2$, em que: z_{ij} é a unidade da j -ésima variável transformada por condensação pivotal. Para o estabelecimento dos grupos, utilizou-se o método hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages*), utilizando o programa computacional Genes (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características agronômicas

Os componentes de variância, parâmetros genéticos e fenotípicos estimados para as características avaliadas (TABELA 2) apresentam médias e variâncias compatíveis com outros estudos em cultivares de café arábica (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014; BOTELHO *et al.*, 2017; REZENDE *et al.*, 2017). Considerando-se os caracteres avaliados, de acordo com o teste de razão de verossimilhança (LRT) ao nível de significância de 5%, a variabilidade genética foi significativa para os caracteres produtividade e porcentagem de frutos passas/secos nos acessos, indicando a possibilidade de seleção de genótipos superiores para essas características em programas de melhoramento.

O modelo de análise propiciou a estimação simultânea da herdabilidade individual e da repetibilidade ao nível de parcela por meio das colheitas. Os coeficientes de herdabilidade e de variação genética indicam a possibilidade de seleção para produtividade e porcentagem de frutos passa/seco (20% e 49%, respectivamente), visto que a herdabilidade média de cada acesso foi significativa para esses dois caracteres (67% e 79%, respectivamente). Esses parâmetros indicam que a condução experimental foi apropriada e que os valores genéticos preditos estão próximos dos verdadeiros, evidenciando assim, maior facilidade de seleção partindo destas duas características. Para os demais caracteres, as herdabilidades aditivas dentro de famílias foram muito baixas, indicando a impossibilidade de seleção para esses caracteres.

Com o aumento da demanda por cafés de qualidade e o enfoque das mudanças climáticas, novos desafios para o melhoramento do café são impostos, dentre eles, a maturação uniforme. O cafeeiro, por apresentar mais de uma floração, produz no mesmo ciclo produtivo frutos com diferentes fases de maturação. O fruto de café no estágio cereja apresenta o máximo acúmulo de matéria seca e, conseqüentemente, maior potencial de qualidade, sendo o estágio ideal para se colher.

Segundo Bartholo e Guimarães (1997), para se obter qualidade de bebida satisfatória é preciso que 80% dos frutos estejam em estágio de maturação maduro no momento da colheita. Os mesmos autores afirmam a dificuldade em definir o ponto ideal de colheita, de forma a atender tal condição. No presente trabalho, as colheitas foram realizadas nos meses de

junho e julho de cada ano com a média de 44% de frutos no estágio passa/seco, 34% cereja e 11% de verdes (TABELA 2).

Tabela 2 - Parâmetros genéticos estimados para produtividade, porcentagem (%) de frutos maduros, verdes e passas/secos e porcentagem (%) de frutos chochos a partir da metodologia REML e a média dos acessos para produtividade, percentual de frutos verde, cereja, passa/seco e percentual de frutos chochos.

	Produtividade	% Maduro	% Verde	%Passa/Seco	%Chocho
v_g	28,43*	61,81	5,98	348,33*	14,07
v_{perm}	0,40	1,40	0,45	2,10	0,87
v_e	111,87	366,27	110,10	367,63	111,19
σ_f^2	140,70	429,48	116,53	718,07	126,13
h_a^2	0,20	0,14	0,05	0,49	0,11
r	0,20	0,15	0,06	0,49	0,12
c_{perm}^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
h_{mg}^2	0,67	0,40	0,18	0,79	0,33
Média	20,84	34,11	11,87	44,16	8,55

v_g : variância genotípica. v_{perm} : variância de ambiente permanente. v_e : variância residual temporária. σ_f^2 : variância fenotípica individual. h_a^2 herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais. r : repetibilidade ao nível de parcela, dada por $(v_g + v_{perm})/v_f$. c_{perm}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente. h_{mg}^2 : herdabilidade de médias de genótipos. Média geral do experimento. *Significativo 5% de acordo com o teste da razão de verossimilhança. (3)

Fonte: Da autora (2022).

A maturação uniforme não foi verificada no presente trabalho. O amadurecimento dos frutos é um fenômeno irreversível envolvendo uma série de mudanças fisiológicas, bioquímicas e organolépticas (CASTRO; MARRACCINI, 2006). O hormônio gasoso etileno está diretamente relacionado ao amadurecimento dos frutos e ao estudo de genes relacionados à via de sinalização desse hormônio, por exemplo, receptores de etileno, ainda é pouco explorado em café (SCHALLER; SHIU; ARMITAGE, 2011). Além disso, do ponto de vista molecular, o mecanismo envolvido na percepção destes estímulos e ativação do desenvolvimento reprodutivo em *C. arabica* L. ainda não está bem compreendido (VAN DER VOSSSEN; BERTRAND; CHARRIER, 2015).

A acurácia é uma medida que está associada à precisão na seleção e tem a propriedade de informar a confiança na avaliação e no valor genético predito para o genótipo, quanto

maior a sua magnitude (RESENDE; DUARTE, 2007). No presente trabalho, ao considerar as repetibilidades individuais estimadas, foi possível observar que a adoção de quatro avaliações acarreta em valores acima ou próximos de 80% para produtividade (TABELA 3), indicando precisão alta, o que simboliza baixos desvios absolutos entre os valores genotípicos verdadeiros e aqueles estimados ou preditos, e facilita a obtenção de ganhos genéticos expressivos. A eficiência do uso de quatro medições em relação ao uso de apenas uma é de cerca de 1.57 ou 57% para esse caráter. Dobrando-se esse número para oito medições, a eficiência aumenta cerca de 24%. Esses resultados são coerentes com o número de medidas utilizadas em cafeeiros arábica para obtenção de dados agronômicos (ANDRADE *et al.*, 2016), e confirma que o ciclo de avaliação utilizado neste estudo foi suficiente para discriminar com eficiência, o potencial produtivo dos acessos, visto que a estabilidade de produção do cafeeiro é alcançada na quarta colheita (PEDRO *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2013). Vale ressaltar, que a produtividade é o principal critério para seleção de cafeeiros (GICHIMU; OMONDI, 2010).

Em relação a característica porcentagem de frutos passas/secos do uso de quatro colheitas em relação ao uso de apenas uma, é de cerca de 27%. Dobrando-se esse número para oito colheitas, a acurácia para seleção aumentaria somente em 7%. Por outro lado, a acurácia de frutos chochos na sétima medição aumentaria mais de 100% em relação a apenas uma colheita. Porém, essa última característica não poderia ser considerada para seleção de genótipos visto que não apresentou variabilidade genética.

Tabela 3 - Acurácia e eficiência obtidas a partir do diferente número de medições (m) para as características produtividade, porcentagem (%) de frutos maduros, verdes, passas/secos e porcentagem (%) de frutos chochos.

m	Produtividade		% Maduro		% Verde		% Passa/Seco		% Chocho	
	Acurácia	Eficiência	Acurácia	Eficiência	Acurácia	Eficiência	Acurácia	Eficiência	Acurácia	Eficiência
1	0,58	1,00	0,50	1,00	0,31	1,00	0,81	1,00	0,45	1,00
2	0,71	1,29	0,63	1,32	0,42	1,38	0,89	1,16	0,58	1,34
3	0,78	1,46	0,71	1,52	0,49	1,64	0,92	1,23	0,65	1,56
4	0,82	1,57	0,76	1,67	0,55	1,85	0,94	1,27	0,70	1,72
5	0,84	1,66	0,79	1,77	0,59	2,02	0,95	1,30	0,74	1,84
6	0,87	1,72	0,82	1,86	0,62	2,17	0,96	1,32	0,77	1,94
7	0,88	1,77	0,83	1,93	0,65	2,29	0,96	1,33	0,79	2,02
8	0,89	1,81	0,85	1,99	0,68	2,40	0,97	1,35	0,81	2,09
9	0,90	1,85	0,86	2,03	0,70	2,50	0,97	1,35	0,82	2,15
10	0,91	1,88	0,87	2,07	0,71	2,59	0,97	1,36	0,84	2,20

Fonte: Da autora (2022).

A Tabela 4 apresenta a produtividade, em sacas ha⁻¹ das colheitas realizadas em 2016, 2017, 2018, 2019 e dos biênios 2016/2017 e 2018/2019. Na colheita de 2016, o acesso MG0011 (Bourbon Vermelho) foi significativamente superior aos acessos MG0027 (Bourbon Vermelho), MG0043 (Bourbon Amarelo), MG0165 (Maragogipe Amarelo), MG0603 (K7 IAC 1151-2 UFV 165-04) e MG1079 (Cavimor UFV 357-04), com uma diferença de 21,72 sacas ha⁻¹ em relação ao último acesso citado. Já na colheita de 2017, não houve diferença significativa entre os acessos, com variação da produtividade entre 1,12 a 17,86 sacas ha⁻¹.

Na colheita de 2018, o acesso MG0223 (Pacamara), com 60,71 sacas ha⁻¹ foi estatisticamente superior aos acessos MG0027 (Bourbon Vermelho), MG0043 (Bourbon Amarelo), MG0131 (Sumatra), MG0165 (Maragogipe Amarelo), MG0173 (Maragogipe Vermelho), MG0540 (BE 5 Wush-Wush x Híbrido de Timor), MG0554 (Bourbon N 39 x Híbrido de Timor) MG0587 (Dilla & Alghe x Híbrido de Timor), MG0603 (K 7 IAC 1151-2 UFV 165-04), MG0615 (DK 1/6 UFV 302-40) e MG1059 (Sarchimor UFV 350-98), os quais tiveram produtividades variando entre 1,49 a 13,02 sacas ha⁻¹.

O BE 5 Wush-Wush é uma variedade etíope que possui boa qualidade de bebida, portadora do fator genético SH₁ e SH₄ de resistência a várias raças de *Hemileia vastatrix*. O genótipo Dilla & Alghe, também introduzido da Etiópia, apresenta resistência à *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* (agente causal da mancha aureolada) e à algumas raças de *H. vastatrix*, portador do fator genético SH₁ de resistência. Da mesma forma, o genótipo K 7, uma seleção queniana baseada em qualidade de bebida, ambas portadoras do fator genético SH₂ de resistência a varias raças da *H. vastatrix*. O Bourbon N39 é oriundo da Tanzânia (BOTELHO *et al.*, 2017). Os demais acessos ficaram em posição intermediária.

Na colheita de 2019, o acesso MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04) com 69,64 sacas ha⁻¹ foi estatisticamente superior a 19 acessos, com diferença de produtividade de até 15,25 sacas ha⁻¹ em relação ao acesso MG1079 Cavimor UFV 357-04. O S 795 UFV 315-06 é um *C. arabica* L. bastante plantado na Índia e sudeste da Ásia, portador do fator genético SH₂, SH₃ e SH₅ de resistência a várias raças da *H. vastatrix*.

O cafeeiro tem um comportamento de bienalidade, caracterizada pela alternância anual de altas e baixas produtividades, comumente atribuída ao aumento de consumo de fotoassimilados pelos frutos em anos de safra com altas produtividades, o que faz com que, em virtude do menor crescimento dos ramos plagiotrópicos, a produção no ano seguinte seja baixa (PEREIRA *et al.*, 2011). Quando se considera os dois biênios estudados, observa-se que houve destaque do acesso MG0223 (Pacamara). Em El Salvador foi desenvolvida a

cultivar Pacamara, originada do cruzamento da cultivar Pacas com a cultivar Maragogipe de frutos vermelhos.

Nos dois biênios estudados, a produtividade média foi de 18,36 e de 23,32 sacas ha⁻¹, respectivamente. Considerando a média de produtividade para Minas Gerais, de aproximadamente 26 sacas.ha⁻¹ (CONAB, 2022), verifica-se que os dois biênios demonstraram médias inferiores. Entretanto, esse resultado já era esperado, pois estes acessos não são cultivares comerciais e, além disso, o espaçamento utilizado corrobora para produtividades menores, visto que, quando se utiliza o sistema de plantio adensado, há tendência em ocorrer aumento da produtividade (CARVALHO *et al.*, 2006). Nesse sentido, as produtividades dos acessos MG0036 (Bourbon Amarelo), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), MG0223 (Pacamara) e MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04) devem ser destacadas por serem maiores que a média do estado (entre 27,16 a 37,2 sacas.ha⁻¹).

A investigação do potencial produtivo desses materiais deve ser continuada, visto que são genótipos de grande interesse agrônomo. Os acessos de Bourbon Amarelo tem como características a qualidade superior da bebida e elevada precocidade de maturação dos frutos, que pode adiantar de 20 a 30 dias em relação aos acessos de 'Mundo Novo'. Da mesma forma, a qualidade de bebida do Caturra é excelente, visto que esse material foi originado, muito provavelmente, por uma mutação natural ocorrida na cultivar Bourbon (STEEN *et al.*, 2017). A cultivar Caturra é bastante plantada, até os dias atuais, em muitos países da América Latina, em regiões de altitude elevada, solos férteis e de grandes volumes de precipitações anuais. No entanto, em razão da falta de rusticidade e baixo vigor vegetativo, ocorre o depauperamento precoce dos cafeeiros, comprometendo sua longevidade, nas condições brasileiras de cultivo (CARVALHO *et al.*, 1984).

Tabela 4 - Produtividade (sc.ha⁻¹) das colheitas de 2016, 2017, 2018, 2019, dos biênios 2016/2017 e 2018/2019 e da médias das 4 safras dos acessos do BAG. (continua)

Acessos	2016		2017		2018		2019		Biênio 1		Biênio 2		Média 4 safras	
MG0009	26,49	abcd	7,44	a	18,75	ab	29,76	cdef	16,96	abcd	24,26	abcde	20,61	bcdef
MG0011	39,58	a	7,44	a	16,96	ab	26,19	cdef	23,51	abc	21,58	bcde	22,55	abcdef
MG0025	26,49	abcd	8,04	a	11,31	ab	23,81	cdef	17,26	abcd	17,56	cde	17,41	cdef
MG0027	16,67	bcd	17,86	a	5,65	b	31,25	cdef	17,26	abcd	18,45	bcde	17,86	cdef
MG0036	36,90	ab	11,90	a	18,75	ab	41,07	abcdef	24,40	ab	29,91	abcde	27,16	abcde
MG0043	15,77	cd	16,67	a	4,76	b	41,37	abcde	16,22	abcd	23,07	bcde	19,65	bcdef
MG0131	19,35	abcd	13,69	a	8,63	b	42,86	abcd	16,52	abcd	25,74	abcde	21,13	bcdef
MG0165	18,45	bcd	12,50	a	3,27	b	19,05	def	15,48	abcd	11,16	de	13,32	def
MG0173	20,24	abcd	7,74	a	1,49	b	17,56	def	13,99	abcd	9,52	e	11,76	f
MG0187	28,27	abcd	17,26	a	25,00	ab	34,82	bcdef	22,77	abcd	29,91	abcde	26,34	abcdef
MG0194	19,94	abcd	12,50	a	18,75	ab	62,50	ab	16,22	abcd	40,62	abc	28,42	abc
MG0223	35,12	abcd	17,26	a	60,71	a	35,71	bcdef	26,19	a	48,21	a	37,2	a
MG0289	32,14	abcd	6,25	a	18,45	ab	29,17	cdef	19,20	abcd	23,81	abcde	21,50	bcdef
MG0420	35,12	abcd	7,14	a	21,13	ab	48,81	abc	21,13	abcd	34,97	abcd	28,05	abcd
MG0438	35,42	abc	14,58	a	16,96	ab	69,64	a	25,00	ab	43,30	ab	34,15	ab
MG0540	35,71	abcd	6,32	a	5,95	b	16,74	ef	21,02	abcd	11,35	e	16,19	cdef
MG0554	30,13	abcd	6,32	a	11,90	b	42,78	bcdef	18,23	abcd	27,34	bcde	22,79	abcdef
MG0563	34,23	abcd	8,18	a	23,81	ab	23,81	def	21,21	abcd	23,81	bcde	22,51	abcdef
MG0587	24,55	abcd	4,09	a	4,84	b	15,62	ef	14,32	bcd	10,23	e	12,28	f

Tabela 4 - Produtividade (sc.ha⁻¹) das colheitas de 2016, 2017, 2018, 2019, dos biênios 2016/2017 e 2018/2019 e da médias das 4 safras dos acessos do BAG. (conclusão)

Acessos	2016		2017		2018		2019		Biênio 1		Biênio 2		Média 4 safras	
MG0603	18,97	cd	2,60	a	8,56	b	30,13	cdef	10,79	d	19,35	de	15,07	cdef
MG 0615	27,16	abcd	2,60	a	13,02	b	19,72	def	14,88	abcd	16,37	de	15,63	cdef
MG0694	32,74	abcd	3,72	a	19,72	ab	26,04	cdef	18,23	abcd	22,88	bcde	20,56	bcdef
MG1059	37,20	abcd	2,98	a	5,95	b	28,27	cdef	20,09	abcd	17,11	de	18,60	cdef
MG1079	17,86	d	6,32	a	17,86	ab	15,25	f	11,90	cd	16,56	de	12,84	ef
MG1156	31,25	abcd	1,12	a	16,00	ab	16,00	ef	16,18	abcd	16,00	de	16,09	cdef
Média	27,83		8,90		15,12		31,52		18,36		23,32		20,78	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Da autora (2022).

O conhecimento dos indivíduos superiores em cada característica permite direcionar os cruzamentos visando a obtenção de segregantes combinando todas as características desejadas, aumentando assim, a eficiência do programa de melhoramento genético. Assim, verifica-se pela Tabela 5 os valores genéticos aditivos preditos e o ganho genético de cada um dos 25 acessos para as características estudadas.

Quando se considera valores genéticos aditivos preditos para produtividade, os acessos MG0036 (Bourbon Amarelo), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), MG0223 (Pacamara), MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04) e MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04) se destacaram, corroborando os resultados obtidos na Tabela 4. Com a seleção desses acessos, ganhos da ordem de 6% a 10% podem ser obtidos.

Quando se considera o percentual de frutos cereja, os acessos MG0165 (Maragogipe Amarelo), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), MG0289 (Híbrido de Timor UFV 376-01), MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04) e MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04) se destacam com ganhos obtidos em torno de 7% a 11%. A seleção dos acessos MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04) e MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04) seria indicada ainda quando a seleção de frutos verdes for interessante, visando a utilização nas tecnologias de escalonamento da colheita. Já a seleção dos acessos com porcentagem de frutos passas/secos indica os acessos MG0540 (BE 5 Wush-Wush x Híbrido Timor), MG0603 (K 7 IAC 1151-2 c1003 UFV 165-04), MG 0615 (DK 1/6 UFV 302-40) e MG0694 (Caturra Amarelo x CIFIC H358/5) obtiveram os maiores ganhos.

Verifica-se que houve para a maioria dos acessos, maior porcentagem de frutos bem granados em relação aos chochos, com uma amplitude de variação para frutos chochos de 6.79% a 15.43%. De acordo com Carvalho *et al.* (2006), acima de 90,00% de frutos granados é considerado ideal pelos melhoristas durante avaliação e seleção de cafeeiros em um programa de melhoramento. Desta forma, considera-se satisfatórios os valores encontrados pela maioria dos acessos estudados, com exceção dos acessos MG0009 (Bourbon Amarelo), MG0025 (Bourbon Vermelho) e MG0043 (Bourbon Amarelo).

Tabela 5 - Estimativas dos componentes de médias, por meio do procedimento BLUP: valor genético aditivo predito (u + g) e ganho genético baseado em produtividade, porcentagem (%) de frutos maduros, verdes e passas/secos e porcentagem (%) de frutos chochos dos 25 acessos estudados.

Acesso	Produtividade (sc.ha ⁻¹)		% Maduro		% Verde		% Passa/Seco		% Chocho	
	u + g	Ganho	u + g	Ganho	u + g	Ganho	u + g	Ganho	u + g	Ganho
MG0009	20,69	3,46	31,34	2,81	10,71	0,26	23,10	3,24	15,43	6,88
MG0011	21,98	5,00	30,27	1,80	11,42	0,62	22,07	2,14	8,70	2,55
MG0025	18,55	2,05	30,63	2,11	10,83	0,41	23,98	4,40	12,61	5,17
MG0027	18,85	2,32	34,78	4,72	12,78	1,24	46,60	16,90	9,28	3,48
MG0036	25,05	6,78	31,54	3,18	11,27	0,49	20,23	1,05	7,79	1,00
MG0043	20,04	2,90	27,85	0,26	13,21	1,56	18,86	0,00	13,11	5,72
MG 0131	21,03	3,79	37,56	5,95	12,56	1,13	42,10	11,83	7,95	1,26
MG0165	15,82	0,51	38,50	7,21	11,72	0,78	43,97	15,35	8,20	1,42
MG0173	14,78	0,00	34,88	5,13	10,47	0,06	56,65	19,89	8,53	2,00
MG0187	24,51	6,26	33,92	3,98	13,76	1,89	43,91	14,05	7,62	0,78
MG0194	25,90	8,28	41,23	8,77	11,98	0,99	37,46	8,00	6,79	0,26
MG0223	31,76	10,91	37,07	5,61	12,53	1,08	43,21	12,89	7,29	0,67
MG0289	21,28	4,15	39,48	7,92	12,67	1,19	37,84	8,86	8,70	2,25
MG0420	25,65	7,42	42,07	9,60	12,94	1,44	31,53	6,91	8,20	1,58
MG0438	29,72	9,90	45,35	11,24	13,32	1,67	25,35	5,63	8,87	2,95
MG0540	17,73	1,76	27,78	0,00	10,53	0,13	70,39	26,49	7,70	0,89
MG0554	22,14	5,55	32,62	3,59	10,60	0,19	60,53	21,73	6,54	0,00
MG0563	21,95	4,57	30,72	2,44	11,92	0,85	60,39	20,94	6,70	0,17
MG0587	15,13	0,25	28,52	0,85	11,42	0,70	63,00	22,80	6,70	0,08
MG0603	16,99	1,01	29,72	1,49	11,29	0,55	63,15	23,79	7,20	0,56
MG 0615	17,36	1,25	28,66	1,16	10,82	0,34	67,34	25,39	7,04	0,46
MG0694	20,65	3,18	27,96	0,55	10,33	0,00	70,91	26,75	6,87	0,36
MG1059	19,35	2,61	38,46	6,74	12,86	1,30	38,97	9,81	8,28	1,77
MG1079	16,43	0,76	34,10	4,33	11,94	0,92	51,65	18,51	7,95	1,13
MG1156	17,67	1,50	37,82	6,30	12,92	1,36	40,77	10,81	9,70	4,16

Fonte: Da autora (2022).

Baseado nas estimativas dos componentes de variância (TABELA 6), foi escolhido o caracter produtividade para a seleção dos acessos, por apresentar herdabilidade de alta magnitude e por ser o principal critério de seleção de cafeeiros (GICHIMU; OMONDI, 2010). O ganho genético é inversamente proporcional à intensidade de seleção, a qual quantifica o número de indivíduos selecionados (ROCHA *et al.*, 2009). Dessa forma, no presente trabalho, foi considerado a necessidade de se trabalhar com maior número de indivíduos (cinco acessos, intensidade de seleção de 20%) para assegurar um número efetivo mínimo que, de acordo com Rocha *et al.*, (2009), permite maior eficiência nas etapas seguintes de seleção. Essa estratégia irá otimizar a escolha de genitores mais promissores para geração de progênes com melhor desempenho agrônômico, tal como incremento na produtividade.

A nova média prevista com a seleção dos cinco indivíduos baseada na produtividade foi de 27,61 sc.ha⁻¹, valor este 32,51% superior à média geral na produção de todos os acessos avaliados nos quatro anos de avaliação. Nesse sentido, os ganhos com a seleção desses acessos foram de 15,66% para porcentagem de frutos maduro, 4,53% para porcentagem de frutos verdes, e decréscimo de 28,55% e 8,91% para porcentagem de frutos passas/secos e porcentagem de frutos chochos, respectivamente. Esses resultados indicam boas possibilidades de progresso genético neste grupo de acessos.

Tabela 6 - Estimativas dos componentes de médias, por meio do procedimento BLUP: valor genético aditivo predito (u + g), média melhorada predita (\bar{X}_{sel}), ganho genético aditivo predito (GS%) dos cinco melhores acessos para os caracteres produtividade (Prod. sc.ha⁻¹), porcentagem de frutos maduros (% MAD), verdes (% VER), passas/secos (% P/S) e porcentagem de frutos chochos (% CH).

Acesso	Prod. (sc.ha⁻¹)	% MAD	% VER	% P/S	% CH
	u + g	u + g	u + g	u + g	u + g
MG0223 (Pacamara)	31,76	37,07	12,53	43,21	7,29
MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04)	29,72	45,35	13,32	25,35	8,87
MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano)	25,9	41,23	11,98	37,46	6,79
MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04)	25,65	42,07	12,94	31,53	8,2
MG0036 (Bourbon Amarelo)	25,05	31,54	11,27	20,23	7,79
\bar{X}_{sel}	27,61	39,45	12,41	31,55	7,78
GS%	32,51	15,66	4,53	-28,55	-8,91

Fonte: Da autora (2022).

Dentre os materiais que se destacaram, o MG0223 (Pacamara), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano) e MG0036 (Bourbon Amarelo) possuem potencial para a produção de cafés especiais, pelo seus sabores adocicados e pelo aroma peculiar que confere à bebida (FIGUEIREDO *et al.*, 2013; RIBEIRO, 2013). É interessante destacar também, os acessos MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04) e MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04) que podem propiciar variabilidade com relação à resistência a doenças (CARVALHO; FAZUOLI; COSTA, 1989), visto que o S 795 UFV 315-06 é um *C. arabica* L. bastante plantado na Índia e sudeste da Ásia, portador do fator genético SH₂, SH₃ e SH₅ de resistência a várias raças da *H. vastatrix*. Os acessos superiores identificados são opções promissoras para integração em programas de melhoramento de café e devem ser selecionados pelo melhorista, considerando a necessidade geral das características desejadas.

4.2 Características de crescimento

A distância generalizada (D2) de Mahalanobis (1936) tem sido uma das ferramentas estatísticas importantes para fornecer uma base racional para a seleção de parentais em programas de melhoramento. Os acessos analisados foram agrupados pelo método hierárquico UPGMA (FIGURA 1). Efetuando-se um corte na posição 15 do eixo horizontal do dendrograma, observa-se a formação de quatro grupos de maior similaridade entre os 25 acessos avaliados. O primeiro grupo foi composto por 10 acessos (2, 7, 4, 1, 6, 3, 5, 13, 8 e 9, ou MG0011, MG 0131, MG0027, MG0009, MG0043, MG0025, MG0036, MG0289, MG0165, MG0173). Dentre eles, encontram-se todos os acessos da variedade Bourbon, os dois acessos da variedade Maragogipe, a variedade Sumatra e o único acesso do germoplasma Híbrido de Timor.

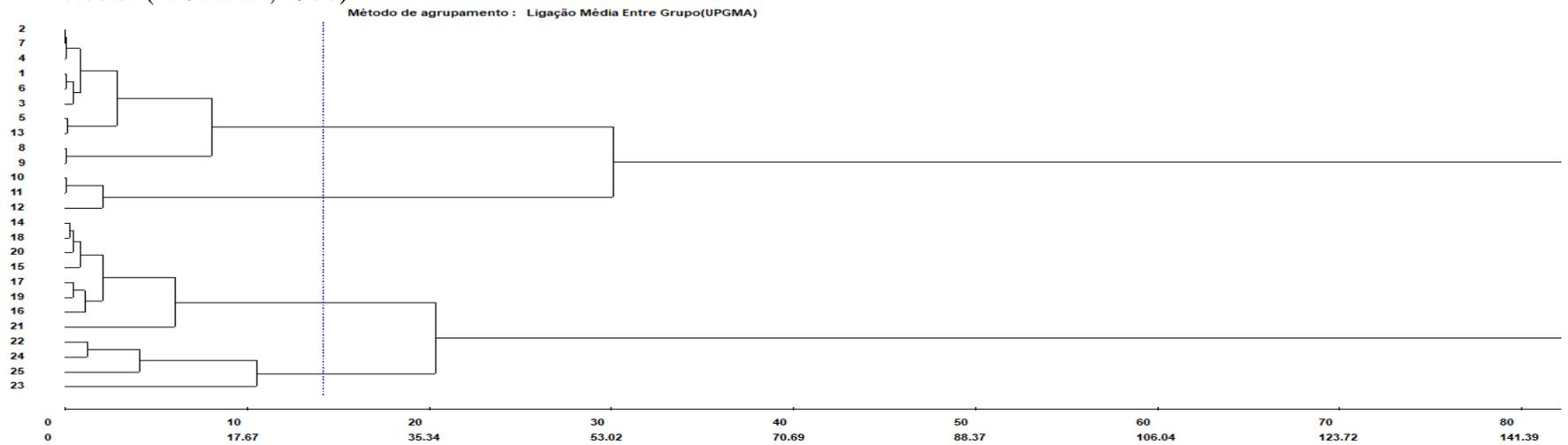
O segundo grupo foi composto pelos acessos 10 (Caturra Vermelho), 11 (Caturra Amarelo Colombiano) e 12 (Pacamara). O terceiro grupo foi composto por oito acessos (14, 18, 20, 15, 17, 19, 16 e 21, ou MG0420, MG0563, MG0603, MG0438, MG0554, MG0587, MG0540 e MG0615), ou seja, os híbridos intraespecíficos estudados, com os germoplasmas Híbrido de Timor e S795, com as variedades Mundo Novo, Wush Wush, Bourbon e Dilla & Alge, bem como os germoplasmas K 7 IAC 1151-2 c1003 e UFV 165-04 DK 1/6 UFV 302-40. O quarto grupo pelos acessos 22 (Caturra A. x CIFIC H358/5), 23 (Sarchimor UFV 350-98), 24 (Cavimor UFV 357-04) e 23 (Catimor MS). Esses resultados indicam que o método

hierárquico UPGMA foi eficiente para o estabelecimento dos grupos de acessos na análise de divergência genética, visto que a maioria dos acessos pertencentes ao mesmo grupo genético se assemelham em características morfológicas.

A importância da diversidade genética para a máxima heterose tem sido relatada por muitos pesquisadores. Baseado em características morfológicas, Weldemichael *et al.* (2013) e Mossie, Mohammed e Kufa (2017) também obtiveram diversidade genética em coleções de germoplasmas etíopes de café arábica. Por outro lado, alguns autores relatam a baixa diversidade genética da espécie arábica em comparação com outras culturas principais, indicando a limitação da variabilidade para programas de melhoramento (WCR, 2014; TRAN *et al.*, 2016). Entretanto, há um debate considerável sobre se características moleculares ou morfológicas são melhores fontes para estimar a filogenia (PATTERSON, 1987). Estudos comparativos mostraram que a mudança morfológica e a divergência molecular são bastante independentes, respondendo a diferentes pressões evolutivas (WILSON; SARICH; MAXSON, 1974; WILSON; CARLSON; WHITE, 1977; HERRERO *et al.*, 1996). Dessa forma, as características morfológicas e agronômicas utilizadas no presente trabalho foram eficientes para identificar variabilidade genética entre os acessos estudados

Sem dúvida, a hibridação é uma importante fonte de variação. Setotaw *et al.* (2009), ao analisarem a diversidade genética em 44 cultivares de café com base no coeficiente de parentesco ao longo de vários períodos, indicaram que a diversidade das cultivares disponíveis aos produtores aumentou nas últimas duas décadas como resultado do trabalho dos programas de melhoramento. Deste modo, esses acessos reunidos em grupos mais distantes que apresentaram maior dissimilaridade entre si podem ser considerados como promissores em futuros cruzamentos artificiais, de forma a aumentar a diversidade genética das variedades de café. Esse entendimento da estrutura populacional dos acessos do BAG-MG e sua diversidade genética serão de grande utilidade para o avanço do programa e melhoramento genético do cafeeiro em Minas Gerais.

Figura 1 - Dendrograma representativo da dissimilaridade geética entre os 25 acessos estudados, obtida pela técnica UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade. Um ponto de corte de 15 foi considerado para definição de cluster (MOJENA, 1977).



Fonte: Da autora (2022).

5 CONCLUSÕES

Houve variabilidade genética entre os acessos estudados para as características produtividade e percentual de frutos passas/secos, indicando possibilidades de obtenção de ganhos genéticos pela seleção neste grupo de acessos.

Há potencial para ganho de seleção e conseqüente elevação das médias dos caracteres avaliados, principalmente nos acessos MG0223 (Pacamara), MG0438 (Mundo Novo x S795 UFV 335-04), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), MG0420 (Mundo Novo x S795 UFV 315-04) e MG0036 (Bourbon Amarelo).

O método hierárquico UPGMA foi eficiente para o estabelecimento dos grupos de acessos na análise de divergência genética.

REFERÊNCIAS

- AMARAL JR., A. T. *et al.* Dissimilaridade genética de descritores botânico-agronômicos e isozimáticos em clones de couve-comum. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 113-117, 1994.
- ANDRADE, V. T. Statistical modeling implications for coffee progenies selection. **Euphytica**, [S.l.], v. 207, p. 177-189, 2016.
- ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: XI. Análise da produção e de progênies de híbridos de Bourbon Vermelho. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n. 13, p. 175-195, nov. 1957.
- BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- BERTINI, C. H. C. de M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco ativo de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 99-105, 2009.
- BOREM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV. 1997, 547 p.
- BOTELHO, D. M. S. *et al.* Cercosporiosis resistance in coffee germplasm collection. **Euphytica**, [S.l.], v. 213, n. 117, 2017.
- CAMPOS, A. *et al.* Avaliação de acessos de mandioca do banco de germoplasma da UNEMAT Cáceres – Mato Grosso. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, [S.l.], v. 4, p.44-54, 2010.
- CARDOSO, R. M. L. Prospecção de raças de *Hemileia vastatrix* em germoplasma de café, para seleção de cafeeiros de grupos fisiológicos com elevada resistência à ferrugem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina. **Anais [...]** Londrina: IAPAR, 1996. p. 305.
- CARVALHO, G. R. *et al.* Melhoramento genético do café visando à qualidade de bebida. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 30-38, mar./abr. 2011.
- CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa, 2008. 334 p.
- CARVALHO, G. R. *et al.* Seleção de progênies oriundas do cruzamento entre Catuaí e Mundo Novo em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, [S.l.], v. 65, p. 583-590, 2006.
- CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. Melhoramento do cafeeiro: XLI. Produtividade do Híbrido de Timor, de seus derivados e de outras fontes de resistência a *Hemileia vastatrix*. **Bragantia**, [S.l.], v. 48, n. 1, p. 73-86, 1989.

CARVALHO, A. *et al.* Genética de Coffea: XXVI. Hereditariedade do porte reduzido do cultivar Caturra. **Bragantia**, [S.l.], v. 43, n. 2, p. 443-458, 1984.

CASTRO, R. D. de; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 175-199, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Safra de Café**. Primeiro levantamento, safra 2022. Acesso em 03 de março de 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 23 out. 2021.

COSTA, T. S. *et al.* Diversidade genética de acessos do banco de germoplasma de mangaba em Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 46, p. 499-508, 2011.

COSTA, M. N. *et al.* Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1617-1622, 2006.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2004. 480 p.

EIRA, T. S. *et al.* **Bancos de germoplasma de café do Brasil**. Brasília: Documentos/Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 18 p.

FERREIRA, F. R. Germoplasma de maracujá. In: REUNIÃO TÉCNICA PESQUISA EM MARACUJAZEIRO NO BRASIL, 1., Cruz das Almas. **Anais [...]**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMP, 1998. p. 48-53. (EMBRAPA-CNPMP. Documentos, 77).

FIGUEIREDO, L. P. *et al.* The potencial for high quality Bourbon coffees from diferente enviroments. **Jornal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 5, n. 10, p. 87-98, 2013.

GICHIMU, B. M.; OMONDI, C. O. Early performance of five newly developed lines of Arabica Coffee under varying environment and spacing in Kenya. **Agriculture and Biology Journal of North America**, [S.l.], v. 1, n.1, p. 32-39, 2010.

GOMES, C. N. *et al.* Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1121-1130, ago. 2007.

GUEDES, J. M. *et al.* Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p.127-132, 2013.

GUERREIRO FILHO, O. *et al.* Características utilizadas para a identificação de cultivares de café. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.) **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 141-156.

- GUIMARÃES, P. T. G. *et al.* **Cafeeiro**. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais–CFSEMG, 1999. p. 289-302.
- HERRERO, R. *et al.* Genetic diversity in the orange subfamily Aurantioideae. I. Intraspecies and intragenus genetic variability. **Theoretical and Applied Genetics**, [S.l.], v. 92, n. 5, p. 599-609, 1996.
- LARA, J. M. R. A. *et al.* Caracterização de formas botânicas diversas do Banco Ativo de Germoplasma de cafeeiros do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n.4, p. 383-389, 2014.
- LIMA, M. S. *et al.* Caracterização da variabilidade genética entre genótipos de feijoeiro comum por meio de descritores morfoagronômicos. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 12, p. 76-84, 2012.
- LÓPEZ-GARCIA, F. J. *et al.* Producción y calidad em variedades de café (*Coffea arabica* L.) em Veracruz, Mexico. **Rev. Fitotec. Mex.**, [S.l.], v. 39, n. 3, p. 297-304, 2016.
- MAHALANOBIS, P. C. On the Generalized Distance in Statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, Índia, v. 2, p. 49-55, 1936.
- MARTINS F. B. *et al.* Classificação climática de Köppen e de thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 1, p. 129-156, 2018.
- MENDES, A. N. G. *et al.* História das primeiras cultivares de café plantadas no Brasil. In: CARVALHO, C.H.S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 157-226.
- MIRANDA, J. E. C.; CRUZ, C. D.; COSTA, C. P. Predição de comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L) pela divergência genética dos progenitores. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, p. 929-937, 1988.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, [S.l.], v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.
- MOSSIE, G.; MOHAMMED, H.; KUFA, T. Genetic variability of Sidama coffee (*Coffea arabica* L.) landrace for agro-morphological traits at Awada, Southern Ethiopia. **Acad. Res. J. Agri. Sci. Res**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 263-275, 2017.
- PANDEY, G.; DOBHAL, V. K. Multivariate analysis in taro (*Colocasia esculenta* L.). **Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v. 57, n. 3, p. 262-265, 1997.
- PATTERSON, C. **Molecules and morphology in evolution: conflict or compromise?** Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

- PEDRO, F. C. *et al.* Comportamento agrônômico de progênies F₄ de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, 2011.
- PEREIRA, T. B. *et al.* Eficiência da seleção de progênies de café F₄ pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, [S.l.], v. 72, n. 3, p. 230-236, 2013.
- PEREIRA, S. P. *et al.* Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 46, n. 2, p. 152-160, fev. 2011.
- RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. Caracterização morfológica: experiência do BAG de cucurbitáceas da Embrapa Semi-Árido com acessos de abóbora e moranga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 9-12, 1999.
- REZENDE, R. M. *et al.* Genetic gain in the resistance of Arabica coffee progenies to root-knot nematode. **Crop Science**, [S.l.], v. 57, p. 1355-1362, 2017.
- RESENDE, M. D. V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.
- RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.l.], v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- RIBEIRO, D. E. **Interação genótipo e ambiente na composição química e qualidade sensorial de cafés especiais em diferentes formas de processamento**. 2013. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- ROCHA, R. B. *et al.* Avaliação genética de procedências de bandarra (*Schizolobium amazonicum*) utilizando REML/BLUP (Máxima verossimilhança restrita/Melhor predição linear não viciada). **Scientia Forestalis**, [S.l.], v. 37, n. 84, p. 351-358, 2009.
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. de; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 94-101, 2014.
- SETOTAW, T. A. *et al.* Kinship coefficient among arabica coffee cultivars. In Embrapa Café- Article in conference proceedings (ALICE) . In: BRAZILIAN COFFEE RESEARCH SYMPOSIUM, 6., 2009, Vitória. Scientific innovation, competitiveness and climate change. **Annals [...]**. Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009.
- SCHALLER, G.; SHIU, S.; ARMITAGE, J. Two-Component Systems and Their Co-Option for Eukaryotic Signal Transduction. **Current Biology**, [S.l.], v. 21, n. 9, p. R320-R330, 2011.

STEEN, I. *et al.* Influence of serving temperature on flavour perception and release of Bourbon Caturra coffee. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 219, p. 61-68, 2017.

TRAN, H. T. *et al.* Advances in genomics for the improvement of quality in coffee. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S.l.], v. 96, n. 10, p. 3300-3312, 2016.

VAN DER VOSSSEN, H.; BERTRAND, B.; CHARRIER, A. Next generation variety development for sustainable production of arabica coffee (*Coffea arabica* L.): a review. **Euphytica**, [S.l.], v. 204, p. 243–256, 2015.

VICENTE, M. C. de *et al.* Genetic characterization and its use in decision making for the conservation of crop germplasm. In: THE ROLE OF BIOTECHNOLOGY, 1., 2005, Turin. **Proceedings** [...]. Turin: RB, 2005. p. 121-128.

WELDEMICHAEL, G. *et al.* Genetic diversity analysis of some Ethiopian specialty coffee (*Coffea arabica* L.) germplasm accessions based on morphological traits. **Time Journals of Agriculture and Veterinary Sciences**, [S.l.], v. 1, n. 4, p. 47-54, 2013.

WILCHES, O. M. Evaluación de treinta y cuatro variedades de mani mediante técnicas multivariadas. **Rev. Instituto Colombiano Agropecuario**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 67-76, 1983.

WILSON, A. C.; CARLSON, S. S.; WHITE, T. J. Biochemical evolution. **Annu Rev Biochem**, [S.l.], v. 46, p. 473-639, 1977.

WILSON, A. C.; SARICH, V. M.; MAXSON, L. R. The importance of gene arrangements in evolution: evidence from studies of rates of chromosomal, protein and anatomical evolution. **Proc Natl Acad Sci USA**, [S.l.], v. 71, n. 8, p. 3028-3030, 1974.

WCR. World Coffee Research. Assessment of genetic diversity in *Coffea arabica*. **World Coffee Research 2014**, Annual Report, Texas, USA, 2014.