

ESTUDO DA VARIABILIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE
Coffea canephora POR MEIO DE CARACTERÍSTICAS DE
SEMENTES

LAÍSA ZANELATO CORREIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
ABRIL DE 2021

ESTUDO DA VARIABILIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE
Coffea canephora POR MEIO DE CARACTERÍSTICAS DE
SEMENTES

LAÍSA ZANELATO CORREIA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Henrique Duarte Vieira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
ABRIL DE 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

C824

Correia, Laisa Zanelato.

ESTUDO DA VARIABILIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* POR MEIO DE CARACTERÍSTICAS DE SEMENTES / Laisa Zanelato Correia. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

103 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.

Orientador: Henrique Duarte Vieira.

1. Café . 2. Características físicas . 3. Características fisiológicas . 4. Diversidade genética . 5. Parâmetros genéticos . I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

ESTUDO DA VARIABILIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE
Coffea canephora POR MEIO DE CARACTERÍSTICAS DE
SEMENTES

LAÍSA ZANELATO CORREIA

Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências e Tecnologias Agropecuárias da
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro, como parte das exigências do
título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 08 de abril de 2021


Comissão Examinadora



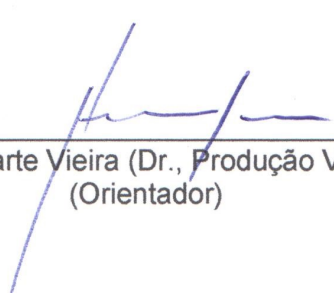
Prof. Alexandre Pio Viana (Dr., Produção Vegetal) - UENF



Prof. Eileen Azevedo Santos (Dra., Genética e Melhoramento de Plantas) - UENF



Prof. Fábio Luiz Partelli (Dr., Produção Vegetal) - UFES



Prof. Henrique Duarte Vieira (Dr., Produção Vegetal) - UENF
(Orientador)

A Deus;
À minha família, em especial aos meus pais, minha irmã, e às minhas avós
Lenhoca Anchesqui Zanelato (in memoriam) e Alzira Cosme Correia.

*“Seja forte e corajoso! Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o
Senhor, o seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde for.”*

Josué1:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me ajudar nos momentos mais difíceis, e pelas oportunidades a mim presenteadas, pois sem Ele nada seria possível;

Ao meu orientador Henrique Duarte Vieira, pela orientação, confiança e valiosos ensinamentos;

Aos professores Alexandre Pio Viana pela coorientação, e Fábio Luiz Partelli pela disponibilidade do material em estudo;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro- UENF, ao Programa de pós Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Produção e Tecnologia de Sementes, pela oportunidade de realização deste curso;

À FAPERJ, pela concessão da bolsa de apoio de pesquisa;

À FAPES, pela colaboração no projeto, na parte de campo. Ao agricultor Thekson Pianissoli, por manter a lavoura, e ao Henrique Falqueto de Oliveira por apoiar nas coletas de campo;

À banca de defesa de dissertação, pela disponibilidade de participação e as sugestões visando à qualidade deste trabalho;

Aos amigos do Laboratório de Produção e Tecnologia de Sementes, por sempre estarem disponíveis para ajudar nos experimentos, e apoiar sempre que possível

Aos meus pais, Laurinete Zanelato Correia e Gibelsson Luiz Correia, e à minha irmã, Lorena Zanelato Correia, pelo apoio, dedicação e confiança;

A toda a minha família, tios, primos, avós, por todo o amor e carinho recebidos e pelo apoio, confiança, e importância em mim depositados;

Às minhas amigas de equipe da UENF e para vida: Amanda, Vanessa, Carla Caroline e Priscila, pelo companheirismo, incentivo, e por sempre torcerem por mim;

Aos meus amigos Paloma, Jasmini, Bravin e Lucas, que apesar da distância sempre estiveram presentes, me incentivando com palavras de apoio e por sempre acreditarem em mim;

À minha família de Campos dos Goytacazes: Kalyane Farias, Fernanda Gregolin, Michele Camilo, Rafael Guimarães e Guilherme Augusto de Souza Rodrigues, pela ótima convivência, incentivo, conselhos e pela maravilhosa amizade e momentos felizes compartilhados;

E aos demais amigos que ajudaram indiretamente, me dando ânimo e motivação para concluir mais esta etapa da vida.

Obrigada a todos!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos gerais do cafeeiro	3
2.2 Caracterização da espécie	5
2.3 Melhoramento genético e variabilidade genética em <i>Coffea canephora</i>	8
2.4 Germinação e avaliação do vigor das sementes	10
2.5 Sistema de análise de sementes	14
2.6 Análise multivariada	15
2.7 Estimativas de parâmetros genéticos	17
2.8 Interação genótipo x ambiente	19
3. TRABALHOS	21
3.1 DIVERSIDADE GENÉTICA E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i> VIA ATRIBUTOS DE SEMENTES	21
RESUMO	21
ABSTRACT	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS	32
DISCUSSÃO	44
CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

3.2 INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES VIA CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FISIOLÓGICAS DE SEMENTES DE <i>Coffea canephora</i>	54
RESUMO	54
ABSTRACT.....	55
INTRODUÇÃO.....	56
MATERIAL E MÉTODOS	58
RESULTADOS.....	62
DISCUSSÃO.....	75
CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
4. RESUMO E CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

RESUMO

CORREIA, Laísa Zanelato; M.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Abril de 2021; Estudo da variabilidade genética em genótipos de *Coffea canephora* por meio de características de sementes; Professor orientador: Henrique Duarte Vieira. Professores coorientadores: Alexandre Pio Viana e Fábio Luiz Partelli.

O *Coffea canephora* dispõe do mecanismo de autoincompatibilidade genética e, por conta disso, os indivíduos apresentam alta variabilidade genética. Os programas de melhoramento vêm utilizando técnicas para explorar a variabilidade genética no cafeeiro a fim de selecionar genótipos com melhores características de produção, adaptabilidade e estabilidade em ambientes diversos. Mediante a isso, objetivou-se no primeiro trabalho, avaliar a divergência e estimar os parâmetros genéticos para os caracteres relacionados à qualidade fisiológica e física das sementes de *C. canephora*, visando dar subsídios para a seleção de genótipos com sementes de qualidade superior. O segundo trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos com base no genótipo e na interação Genótipo x Ano, a fim de estabelecer estratégias de melhoramento, visando dar subsídios para futuros trabalhos com a espécie. Para os estudos, foram utilizadas as sementes de 43 genótipos de *C. canephora*. O material foi coletado em estádio cereja, despulpado e, posteriormente, foram avaliadas as características físicas de peso de mil sementes, porcentagem de sementes chatas e mocas, além da

fenotipagem digital das sementes (área, circularidade e perímetro), com o auxílio do equipamento *GroundEye*[®]. Nas características fisiológicas foram avaliados: porcentagem de germinação e de plântulas anormais, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e do sistema radicular das plântulas. Em relação ao primeiro trabalho, foram estimativos os parâmetros genéticos e a correlação de Person. A medida de dissimilaridade adotada foi a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), e o método de agrupamento foi método hierárquico de UPGMA. No segundo ano, foram realizadas as análises de variância individuais e análise de variância conjunta, com a estimativa de parâmetros genéticos para os dois anos e para a interação G x A. As médias dos genótipos referentes aos dois anos de estudos foram agrupadas por meio do teste Scott Knott (1974). No primeiro trabalho foi possível observar que os genótipos Alecrim, Bamburral, Z39, AP, Tardio C são os mais divergentes. Pelo método hierárquico UPGMA, houve formação de três grupos, sendo a característica perímetro das sementes a que mais contribuiu para explicar a dissimilaridade entre os genótipos. Em contrapartida, a massa, o tamanho e o formato das sementes (chatas ou mocas) não influenciaram na germinação e vigor das sementes de *C. canephora*. No segundo trabalho, houve interação significativa na interação (GxA) e nos genótipos (G) para todas as características analisadas, enquanto nos anos (A), ocorreu diferença significativa apenas na variável índice de velocidade de germinação (IVG), demonstrando a existência de variabilidade genética entre os genótipos, uma condição ideal nos programas de melhoramento genético. Na estimativa de índice de variação, todas as variáveis com ênfase no peso de mil sementes (PMS), apresentam condições favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos. Os genótipos Imbigudinho, Z38, LB1, 122, Bicudo e Emcapa 153 apresentaram maior estabilidade para pelo menos três características físicas e fisiológicas comparadas nos anos de estudo. O genótipo Z21 não se destacou como genótipo promissor para os programas de melhoramento genético.

ABSTRACT

CORREIA, Laísa Zanelato; M.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; April 2021; Study of genetic variability in *Coffea canephora* genotypes by means of seed characteristics; Advisor: Henrique Duarte Vieira. Co-supervising teachers: Alexandre Pio Viana e Fábio Luiz Partelli.

Coffea canephora has a mechanism of genetic self-incompatibility, and because of this, individuals are heterogeneous, heterozygous and with high genetic variability. Breeding programs have been using techniques to explore genetic variability in coffee in order to select promising genotypes with better production characteristics, adaptability and stability in different environments. Therefore, the objective of the first study was to evaluate the divergence and estimate the genetic parameters for the characters related to the physiological and physical quality of *C. canephora* seeds, in order to provide subsidies for the selection of genotypes with superior quality seeds. The second work aimed to estimate the genetic parameters based on the genotype and the Genotype x Year interaction, in order to establish breeding strategies in order to provide subsidies for future work with the species. For the studies, the seeds of 43 genotypes of *C. canephora* were used. The material was collected at cherry stage, pulped and later, the physical characteristics of the weight of a thousand seeds, percentage of flat seeds and peaberry, were evaluated, in addition to the digital phenotyping of the seeds (area, roundness and perimeter), with the aid of the GroundEye® equipment. In relation to the first work, genetic parameters and Person's correlation were estimated. The measure of dissimilarity adopted was the generalized Mahalanobis distance (D^2),

and the grouping method was a hierarchical UPGMA method. In the second year, individual analysis of variance and joint analysis of variance were performed, with the estimation of genetic parameters for the two years and for the G x E interaction. The genotype means for the two years of studies were grouped using the test Scott Knott (1974). In the first work it was possible to observe that the genotypes Alecrim, Bamburral, Z39, AP, Tardio C are the most divergent. Using the UPGMA hierarchical method, three groups were formed, with the perimeter characteristic of the seeds contributing the most to explain the dissimilarity between the genotypes. As well, the mass, size and shape of the seeds (flat and peaberry seeds) did not influence the germination and vigor of the seeds of *C. canephora*. In the second work, there was a significant interaction in the interaction (GxA) and in the genotypes (G) for all analyzed characteristics, while in the years (A), there was a significant difference only in the germination speed index (IVG) variable, demonstrating the existence of genetic variability among genotypes, an ideal condition for breeding programs. In estimating the variation index, all variables, with emphasis on the weight of a thousand seeds (PMS), present favorable conditions in terms of immediate genetic gains. The genotypes Imbigudinho, Z38, LB1, 122, Bicudo and Emcapa 153 showed greater stability for at least three physical and physiological characteristics compared in the years of study. The Z21 genotype did not stand out as a promising genotype for breeding programs.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do café constitui uma das mais importantes atividades agrícolas desde os séculos passados. No Brasil, *Coffea canephora* apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo em várias regiões do Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste (Conab, 2019), servindo como fonte de renda para pequenos agricultores e demonstrando grande importância econômica nas indústrias de café torrado e moído e de solubilização (Vareltzis et al., 2020).

A principal forma de propagação do cafeeiro é por meio de mudas clonais que garantem maior homogeneidade para a cultura (Araujo et al., 2008). Entretanto, para mudas mais vigorosas e que apresentam melhor adaptação em condição de campo, as sementes precisam apresentar alta qualidade fisiológica com elevado potencial germinativo (Araujo et al., 2008). Mediante a isso, os programas de melhoramento genético têm buscado explorar a variabilidade existente nas populações do cafeeiro a fim de selecionar genótipos com alto potencial de produção, adaptabilidade e estabilidade em ambientes diversos e, acima de tudo, que sejam tolerantes aos ataques de pragas e doenças. Além disso, visam melhoras na precocidade na colheita, menor variação bienal e uniformidade na maturação dos frutos (Ivoglio, 2008).

Para se determinar a qualidade fisiológica das sementes, pode-se utilizar de teste de germinação, teste de vigor (índice de velocidade de germinação e primeira contagem) (Marcos Filho, 2015), características físicas (peso de mil sementes, porcentagem de sementes chatas e mocas), além do uso de

equipamentos de imagem digital como o *GroundEye*[®], que permitem analisar variáveis geométricas como área, circularidade e perímetro. Todavia, o equipamento permite processar os dados da análise e distinguir a variação entre os genótipos em estudo (Andrade, 2014).

A técnica de análise multivariada é uma das mais utilizadas para determinar a variabilidade existente e quão distante geneticamente uma população ou genótipo é de outra. Dentre os mais utilizados métodos de dissimilaridade (distância Euclidiana e distância de Mahalanobis) e os métodos de agrupamento (UPGMA e Ward), o método UPGMA tem sido utilizado com frequência para estimar a diversidade genética nas populações do cafeeiro (Covre et al., 2016; Giles et al., 2018; Silva et al., 2020)

Estudos da divergência genética que estão sendo realizados por meio das técnicas multivariadas, associadas à estimativa dos parâmetros genéticos, veem contribuindo para as estratégias no melhoramento de plantas, principalmente na identificação de características superiores e na identificação de genitores para futuros cruzamentos (Giles et al., 2019 e Machado et al., 2017).

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho estimar a diversidade genética utilizando a técnica de agrupamento UPGMA e estimar os parâmetros genéticos em sementes de 43 genótipos de *Coffea canephora*, por meio de respostas referentes à germinação, teste de vigor e análise de imagem

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do cafeeiro

O cafeeiro foi introduzido no Brasil por volta de 1727, no Estado do Pará, expandindo-se para as regiões Sul e Sudeste. Inicialmente, no Estado do Espírito Santo, as lavouras foram implantadas com cafeeiros arábicas (*C. arabica* L.) as quais foram gradativamente substituídas por cafeeiros de *C. canephora* dos grupos “Conilon” e “Robusta”, por apresentarem maior rusticidade e melhor adaptação às temperaturas mais elevadas (Marcolan e Espíndula, 2015).

O processo de expansão e desenvolvimento da cafeicultura pode ser explicado pelas medidas para se criar alternativas de renda para os agricultores em face da devastadora Erradicação dos Cafezais realizada pelo Programa Federal que ocorreu no período de 1962 a 1967, dizimando 80% das lavouras de café arábica nas regiões mais quentes (Ferrão et al., 2017). Outro fator determinante foi o surgimento e crescimento da indústria de café solúvel (Rego e Paulo, 2012).

Além disso, as condições climáticas do país favoreceram a adaptação do cafeeiro, permitindo assim a expansão e produção da cultura pelos Estados do Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais. E em pouco tempo o café deixou de ser uma produção relativamente secundária e passa a ser considerado um produto-base da economia brasileira (Marcolan e Espíndula, 2015). A partir de então, o café conilon originado exclusivamente da variedade

Kouillou, ganhou destaque nas lavouras de diversos Estados, como o Espírito Santo com a maior produção (Belan et al., 2011), seguido de Rondônia, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Rio de Janeiro (Ivoglio et al., 2008).

No ano de 2019, o Brasil produziu cerca de (*Coffea* sp.) 49,31 milhões de sacas beneficiadas de café. Correspondendo 34,30 milhões de sacas de arábica (*C. arabica*) e 15 milhões de conilon (*C. canephora*) (Conab, 2019). Em comparação com a safra de 2018, houve uma redução significativa de 27,8% na produção do café arábica e incremento de 5,9% no café conilon. Em relação ao ano de 2020, segundo o boletim emitido pela Conab, estima-se o aumento de 42,2% para o café arábica e redução de 4,7% para o café conilon, quando comparada com a safra anterior. A redução da produção do café conilon pode estar associada às baixas precipitações pluviométricas nas regiões produtoras do Espírito Santo (Conab, 2020).

Outro fator relacionado à oscilação da produção nos cafezais é devido à bienalidade negativa, um fenômeno natural que ocorre com a cultura e faz com que sua produtividade seja maior em um ano e menor no ano seguinte. Essa variação é mais pronunciada no café arábica, mas também ocorre no café conilon, com menor intensidade devido às práticas de poda e alternância de ramos plagiotrópicos produtivos. Desta maneira, nos anos que apresentam alta carga, a planta direciona a produção de fotossintetizados para a formação e crescimento dos frutos, enquanto nos anos de baixa carga, estes são direcionados à formação de novas gemas vegetativas para a formação de novos ramos (Mendonça et al., 2011). No entanto, apesar da recorrente variação de produção, o Brasil segue como principal produtor mundial e maior exportador da cultura (Conab, 2020).

O café apresenta grande importância no sistema agroindustrial brasileiro, pois promove benefícios não só econômicos como também sociais, promovendo o movimento interno e externo. É uma espécie que tem destaque em pequenas propriedades, auxiliando na geração de empregos, na distribuição de renda e na criação de oportunidades no meio rural. Além disso, o café conilon vem ganhando destaque em estudos com ênfase na qualidade de bebidas finas (Alves et al., 2020; Lima et al., 2020; Lemos et al., 2020), a fim de selecionar genótipos com aromas e sabores distintos, e neutralidade quanto à doçura e acidez (Thomazini et al., 2010). *C. canephora* também são amplamente utilizados na produção de

café torrado e moído e de solubilização (Vareltzis et al., 2020) como *blends* (Sturm et al., 2010).

Todavia, com a crescente mudança no mercado internacional e nacional, os consumidores vêm exigindo cada vez mais qualidade nos grãos. Além de exigir genótipos com resistência às pragas e doenças, para reduzir a utilização de defensivos agrícolas e com as melhores características bioquímicas, para proporcionar um bom sabor e aroma associados, tornando-se produtos diferenciados, produzidos com responsabilidade social e com mínimo de agressão ao meio ambiente.

2.2 Caracterização da espécie

O gênero *Coffea* da família *Rubiaceae* pertence à divisão das Fanerógamas, classe Angiosperma, subclasse Eudicotiledônea, ordem Rubiales, dos gêneros *Coffea* e *Psilanthus* (Guerreiro Filho et al., 2008) e apresenta cerca de 124 espécies descritas (Davis et al., 2011). Dentre elas destacam-se *C. arabica* Lineu e *C. canephora* Pierre ex Frohner com grande importância no mercado mundial e social do Brasil (Conab, 2019).

O cafeeiro é uma espécie perene de porte arbustivo, com dimorfismo de ramos, podendo atingir de dois a quatro metros de altura, variando conforme a espécie e as condições climáticas da região. As folhas são pareadas e opostas de coloração verde escura. O caule é lenhoso cilíndrico contendo dois tipos principais de ramos: ortotrópicos (do grego *orthós*: reto, normal) e plagiotrópicos (do grego *plágios*: oblíquo, transversal) (Melo e Sousa, 2011).

Seu sistema radicular é bem aprofundado, sendo esta uma característica fenotípica importante para plantas, que expressam geneticamente como variedades resistentes à seca (Barreto et al., 2006). Normalmente, o sistema radicular do cafeeiro tem características de desenvolvimento ligadas primordialmente à genética da planta, porém, diversos fatores podem modificar sua distribuição espacial, como a disponibilidade de água no solo e a disponibilização de nutrientes às plantas (Silva et al., 2020).

Em relação ao sistema reprodutivo, o café conilon é uma espécie diploide ($2n = 2x = 22$), alógama, que faz preferencialmente a polinização cruzada, e apresentam autoincompatibilidade do tipo gametofítica. Ou seja, são espécies que

não conseguem se autofecundar ou fecundar indivíduos com a mesma constituição genética nos gametas reprodutivos (Bragança et al., 2001). Segundo Schifino-Wittman e Dall'agnol (2002), a autoincompatibilidade é a incapacidade de uma planta fértil produzir zigotos após a autopolinização, ou seja, formar sementes quando fertilizada por seu próprio pólen. Este comportamento pode ser consequência da inibição da germinação do grão de pólen ou do crescimento do tubo polínico. Em consequência, esse sistema reprodutivo contribui para a manutenção da diversidade genética destas espécies, uma vez que favorece a formação natural de populações heterozigotas, com maior probabilidade de expressar o vigor dos indivíduos e menor probabilidade de expressar os efeitos deletérios da endogamia.

Por sua vez, *C. canephora* dispõe de mecanismos como o florescimento sincronizado (conforme a maturação precoce, intermediário e tardio) e a abundante produção de pólen que auxiliam na hora da polinização cruzada. Suas flores apresentam coloração branca e são aromáticas, com grande número de inflorescência nas axilas foliares, com pedúnculo curto e ovário ínfero, provido de dois lóculos que abrigam óvulos independentes (Melo e Sousa, 2011).

No geral, o período reprodutivo do cafeeiro inicia-se no segundo ano vegetativo, no estágio da florada. Após esse período inicia-se o estágio de expansão dos frutos, caracterizado por rápido aumento em volume e massa seca, período no qual ocorre alta demanda hídrica para a formação das sementes. Na 32ª semana, após o florescimento, inicia-se o processo de maturação dos frutos e em torno da 34ª semana, os frutos atingem a maturidade fisiológica ou estágio cereja (Petek et al., 2009).

Os frutos do cafeeiro apresentam formato e número variável em decorrência do genótipo de origem. Além disso, o fruto é revestido por uma parede (pericarpo) formada por três camadas de células: o epicarpo, mesocarpo e o endocarpo (Eira et al., 2006). As sementes são revestidas pelo endocarpo e uma película prateada, e apresenta o formato elíptico ou em formato de ovo, e são plano-convexa se os dois óvulos, um em cada loja do ovário, forem fertilizados (Eira et al., 2006).

Em cafeeiros, é comum a ocorrência de sementes do tipo chatas (achatadas) e sementes do tipo moca (ovaladas). As sementes mocas ocorrem se apenas um dos óvulos é fertilizado e assim a semente ocupará todo volume do

fruto, diferentemente da semente do tipo chato, que se caracteriza por apresentar duas faces (uma chata e outra convexa), resultantes da polinização das duas lojas (Laviola et al., 2006). Segundo Giomo et al. (2004) a diferença entre esses dois tipos de sementes é apenas morfológica, pois ambas demonstram ter o mesmo potencial genético e fisiológico, com a capacidade de originar plantas que poderão produzir tanto sementes chatas quanto sementes mocas.

As sementes do café são consideradas como recalcitrantes (Araujo et al., 2008) e, por consequência, grande parte do germoplasma é mantido em coleções a campo (*in vivo*). Isto se deve ao fato de que as sementes não sobrevivem aos protocolos de armazenamento convencionais recomendados para os bancos de germoplasma ($5 \pm 2\%$ de teor de água e $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Eira et al., 1999).

A espécie *C. canephora* pode ser propagada sexualmente por meio de sementes, ou assexuadamente via clones por meio de estaquias (Ferrão et al., 2017). As primeiras lavouras foram originadas de sementes, no entanto, apresentavam grande heterogeneidade, expressando desuniformidade no vigor, época e maturação dos frutos, formato, tamanho e peso dos grãos, sendo mais suscetíveis a pragas e doenças (Carvalho et al., 1991).

Para garantir maior estabilidade na produção, as lavouras oriundas de sementes começaram a ser substituídas por lavouras formadas de variedades clonais que são mais uniformes, o que garante a obtenção de um produto de maior qualidade final (Lashermes et al., 1994). Todavia, segundo Wouw et al., (2010), as substituições das lavouras oriundas de sementes por variedades clonais podem provocar o estreitamento da base genética da espécie e, conseqüentemente, ocasionar o insucesso das lavouras, podendo levar ao evento denominado “erosão genética” (Ferrão et al., 2017).

Portanto, para a formação das lavouras clonais, deve-se levar em consideração a composição genética das mudas, a capacidade de polinização dos genótipos, além da utilização de materiais mais diversos, a fim de facilitar o cruzamento entre as espécies. Pois o plantio de clones não compatíveis pode comprometer a produtividade e a qualidade dos grãos da lavoura (Ferrão et al., 2017).

2.3 Melhoramento genético e variabilidade genética em *Coffea canephora*

Diante da importância da cafeicultura para o país, são desenvolvidos trabalhos que visam obter informações genéticas para futuros lançamentos de variedades com maior produção, melhor arquitetura de planta, melhor maturação de frutos entre outros.

Para explorar a variabilidade, os programas de melhoramento do cafeeiro utilizam o sistema reprodutivo da espécie (alogamia e autoincompatibilidade genética), com o intuito de utilizar essas bases genéticas nos estudos, com ênfase na formação de híbridos. Além disso, outro fator que impulsiona as pesquisas cafeeiras é a estreita base genética presente na espécie. E por essa razão os pesquisadores estão investigando a herança genética de diversas características para identificar genótipos com características de interesse que possam contribuir para o aumento da variabilidade genética dos genótipos cultivados, o que irá contribuir para a recombinação de híbridos policlonais e variedades sintéticas.

A variabilidade genética é um requisito fundamental no melhoramento de plantas, pois permite a seleção de genótipos superiores e o incremento da frequência de genes favoráveis por meio de métodos de seleção adequados, que no fim irá gerar genótipos mais adaptados às condições ambientais diferentes em cada região (Ivoglio et al., 2008). Vale ressaltar que a variabilidade pode ser de origem genética ou ambiental, induzidas por fatores evolutivos de mutações, hibridações, migrações, seleções e deriva genética (Veasey et al., 2011).

Em razão da alogamia presente nas espécies, as populações formadas são altamente heterozigotas e heterogêneas. Assim, por meio de estudos prévios de compatibilidade genética nas plantas, é possível desenvolver cultivares clonais, que podem ser agrupados no mesmo local, auxiliando na troca de materiais genéticos. Vidigal et al. (1997) ressaltam que a dissimilaridade genética, isto é, a diferença nas frequências dos alelos das populações tem importância fundamental na escolha de genótipos a serem utilizados como genitores, já que a divergência genética entre os parentais é um indicativo para possível expressão de heterose nas progênies.

Os primeiros cultivos e trabalhos de melhoramento com *C. canephora* foram realizados na cidade de Java, na Indonésia, por volta de 1900, com a finalidade de estabelecer bases biológicas fundamentais ao melhoramento da

espécie. Outro fator que levou ao estudo da espécie foi o surto de ferrugem que afetou os cafezais da região, pois a espécie se mostrava resistente à doença e apresentava boa adaptação às condições climáticas desfavoráveis (Ivoglio, 2007).

Preocupados com a perda de variabilidade genética do café, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) começaram a coletar genótipos de diferentes regiões para os bancos de germoplasma. E assim, as espécies do gênero *Coffea* começaram a compor o acervo de genes e alelos úteis ao melhoramento genético das espécies (Ferrão et al., 2017). No Brasil, a coleção de germoplasma do Incaper, Embrapa Cerrado, Universidade Federal do Espírito Santo e Instituto Agronômico Campinas são locais que concentram grande número de exemplares coletados em algumas regiões do país.

Mais adiante, por volta de 1986, por meio de estudos bioquímicos, moleculares e caracterização de fenótipo, as populações de *C. canephora* foram divididas em dois grupos denominados de Guineano e Congolense (Montagnon et al., 2012).

No grupo Congolense, originário da África Central (República Centro Africana, Congo e Camarões), as espécies apresentam maior arquitetura de planta, crescimento ereto, folhas e frutos de maior tamanho, maturação tardia e maior resistência às nematoides e à ferrugem. Por meio de estudos de diversidade genética, o grupo Congolense foi dividido em outros subgrupos: SG1, SG2, subgrupos B e subgrupos C. No subgrupo SG1 encontra-se o café “Kouillou”, chamado no Brasil de conilon, enquanto o subgrupo SG2 compreende os genótipos “robusta” (Montagnon et al., 2012).

No que diz respeito ao grupo Guineano, originado no oeste da África (Guiné e Costa do Marfim), as plantas apresentam crescimento arbustivo, folhas alongadas, maior tolerância ao déficit hídrico e maior suscetibilidade às doenças (Ferrão et al., 2017).

Deve-se compreender no melhoramento de plantas, que a seleção atua sobre diferenças herdáveis, e que a seleção não cria a variabilidade, ela atua na variabilidade pré-existente. Para o melhor entendimento sobre as características, os melhoristas têm utilizado estimativas de parâmetros genéticos e de herdabilidade que podem vir a ser úteis na etapa de seleção de materiais promissores.

Trabalhos como o de Bragança et al. (2001) demonstram que, para *C. canephora*, existe variabilidade entre os clones, e que os mesmos apresentam maior produtividade comparados com variedades obtidas de semente. Ivoglo et al. (2008), estudando a divergência genética de 21 progênies de meios-irmãos de *C. canephora*, por meio de características morfoagronômicas, observaram divergência genética, ou seja, os materiais apresentam variabilidade genética. O mesmo foi observado por Guedes et al. (2013) em seu trabalho com divergência genética de características morfológicas entre 12 acessos de cafeeiros Maragogipe, pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Café do Estado de Minas Gerais. Estudos que avaliam a diversidade genética e o conjunto de informações disponíveis sobre as diferentes variedades clonais, variedades de sementes e híbridos podem contribuir para futuros estudos do melhoramento de plantas.

2.4 Germinação e avaliação do vigor das sementes

O principal método de produção de mudas no café conilon é via seminífera. Todavia, para o sucesso na obtenção das mudas, as sementes devem apresentar boa qualidade fisiológica, física, genética e sanitária. E a partir desse conjunto de características, as mudas originadas serão mais vigorosas, e com melhor capacidade de sobrevivência, principalmente quando submetidas às condições desfavoráveis.

A germinação das sementes é um processo fisiológico complexo que depende inicialmente da etapa de formação da semente a partir da fecundação do óvulo. Posteriormente, o embrião é formado e envolvido por camadas protetoras de tecidos vivos chamados endospermas, que possuem reservas energéticas suficientes para toda a etapa de formação da plântula (Carvalho e Nakagawa, 2012).

O processo de germinação é constituído basicamente por três fases. A Fase I, denominada de embebição, é caracterizada pelo processo de rápida absorção da água, ocasionada pelo gradiente de potencial hídrico entre a semente e o ambiente no qual a semente está exposta e ao aumento da taxa respiratória. Inicia-se a transformação das substâncias de reserva em substâncias mais simples para que ocorra o crescimento do embrião. Na Fase II, ocorre a

quebra de compostos de reservas maiores e o eixo embrionário permanece estável. Por fim, na Fase III ocorre a reorganização das substâncias para formação do novo citoplasma, do protoplasma e da parede celular, resultando na rápida absorção de água no meio e o crescimento radicular, conseqüentemente, a germinação da semente (Marcos Filho, 2015; Carvalho e Nakagawa, 2012).

Quando expostas para germinar em condições controladas tanto em laboratório quanto à campo, as sementes do café conilon apresentam germinação lenta e de maneira desuniforme (Meireles et al., 2007). Trabalhos com a espécie são realizados visando elucidar quais são os fatores que podem contribuir para o baixo desempenho germinativo. Dentre estes fatores, pode-se destacar a presença do endocarpo (pergaminho), os fatores abióticos e bióticos e as condições que foram expostas durante o armazenamento.

Nas sementes do cafeeiro, a presença do endocarpo envolto nas sementes é um dos principais fatores que afetam a velocidade de germinação. A presença do pergaminho age como uma barreira física que impede o desenvolvimento do embrião e, portanto, deve ser removido para que a germinação seja favorecida. Trabalhos realizados indicam que a remoção manual do pergaminho parece ser a única maneira eficaz de acelerar o processo de germinação de sementes de cafeeiro (Meireles et al., 2007). No entanto, é um procedimento oneroso que demanda maior tempo para ser realizado. Medidas alternativas como escarificação mecânica e a utilização de produtos químicos vêm sendo estudadas, a fim de facilitar e reduzir o tempo gasto para a remoção do pergaminho.

Ressalta-se que a escarificação mecânica, normalmente, provoca danos ao embrião (Freire et al., 2018). Rubim et al. (2010) descrevem que o método de remoção do pergaminho com o uso de hipoclorito de sódio é uma alternativa viável, uma vez que não afetou a germinação e vigor das sementes de café conilon.

Visto a influência do pergaminho na germinação das sementes de café, os fatores bióticos (fungos, substrato e sementeira) e abióticos (temperatura, luz e água) podem estar diretamente ligados à germinação das sementes. Uma vez que a exposição às elevadas temperaturas, podem resultar na redução da umidade interna dos frutos, ocasionando a ativação de inibidores de germinação e

a perda da qualidade fisiológica, reduzindo assim a velocidade de germinação nas sementes (Yamashita et al., 2009).

Por sua vez, fatores intrínsecos à semente, como o balanço hormonal, exercem grande influência no processo germinativo e na formação das plântulas. As giberelinas (GAS) são fitohormônios fundamentais para o processo germinativo, e atuam ativando o mecanismo de alongamento celular do embrião e induzindo a expressão de enzimas hidrolíticas, o crescimento do caule e o aumento na altura da planta (Pes e Arenhardt, 2015). Alguns autores relatam que a semente do cafeeiro apresenta baixos teores de substâncias promotoras da germinação e também substâncias inibidoras (Válio, 1980), enquanto outros relatam que as sementes do café liberam cafeína durante a germinação, o que pode levar a auto inibição da germinação (Pereira et al., 2002).

As sementes do café são recalcitrantes e, por sua vez, possuem o período de longevidade curto, mesmo quando acondicionadas em condições ideais de armazenamento (Walters et al., 2013). São sementes que permanecem metabolicamente ativas quando maduras e com umidade suficiente para germinar após a dispersão (Cardoso, 2009). Todavia, essas sementes devem ser armazenadas em alto grau de umidade e baixa temperatura (Júnior et al., 2006), e o método mais viável para o seu armazenamento é por meio da embalagem impermeável que impede o contato e troca de umidade com o ambiente (Silva et al., 2010).

Outro fator importante na germinação é o vigor, e que pode ser entendido como as propriedades que determinam o desempenho durante a emergência e desenvolvimento de plântulas. Fatores genéticos, ambientais, desenvolvimento, danos mecânicos, microrganismo, insetos, condições ambientais durante o armazenamento e a idade das sementes irão influenciar diretamente no vigor das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Os testes de vigor são amplamente utilizados para diferenciar os níveis de vigor entre as sementes, distinguindo-as também entre seus lotes. Estes testes são classificados em métodos diretos, que simulam condições de campos e métodos indiretos, que avaliam atributos (físicos, biológicos, fisiológicos) relacionados com vigor das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Com o objetivo de padronizar a avaliação das sementes, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu as Regras para

Análise de Sementes (RAS), que determinam os protocolos a serem seguidos para obter-se resultados seguros, precisos e uniformes. Contudo, cada espécie possui um protocolo específico para germinação permitindo assim comparar os resultados de diferentes amostras de sementes (Brasil, 2009).

Entre os métodos de vigor, podemos destacar os testes que avaliam o desempenho das plântulas:

Primeira contagem do teste de germinação: segue o princípio de que as amostras com maior porcentagem de plântulas normais, na primeira contagem, são as mais vigorosas. Neste caso, o fator analisado é a velocidade de germinação (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação: determina o vigor das amostras avaliando a velocidade de germinação em condições controladas, seguindo as condições do teste de germinação (Nakagawa, 1999).

Comprimento de plântulas: avalia o comprimento médio das plântulas normais ou de suas partes como hipocótilo, epicótilo e raiz primária e relaciona o desenvolvimento da plântula com o vigor das sementes. O teste deve estar exposto a condições bem controladas de laboratório, pois pequenas diferenças podem causar diferenças consideráveis nas avaliações (Nakagawa, 1999).

Na primeira contagem, todas as plântulas normais, que se apresentam bem desenvolvidas e morfologicamente perfeitas, são removidas e contabilizadas como normais (vigorosas), enquanto as plântulas que não se enquadram nos critérios estabelecidos para plântulas normais permanecem no teste até a ocasião da contagem final (Oliveira et al., 2009). Segundo Brasil (2009), *C. canephora* apresenta ótima capacidade germinativa em temperatura alternada de 20/30°C e 30°C. Normalmente, as sementes ficam expostas para germinar no período de 30 dias. Braz e Rossetto (2008) utilizaram temperatura constante de 30°C para obter a germinação de sementes de *C. arabica* com o intuito de avaliar o efeito do condicionamento fisiológico na germinação e no vigor das sementes armazenadas.

Na contagem final do período do teste de germinação, todas as plântulas remanescentes são avaliadas como normais ou anormais. Sendo as plântulas normais classificadas como aquelas que desenvolveram parte aérea e sistema radicular, e anormais aquelas que apresentam algum problema em sua estrutura.

2.5 Sistema de análise de sementes

As técnicas empregadas para o estudo da qualidade física e fisiológica por meio de análises de imagem vêm crescendo muito nos últimos anos. Isso remete ao fato desses testes serem não destrutivos, rápidos e objetivos.

Uma das técnicas utilizadas foi desenvolvida por Sako et al. (2001), na Universidade Estadual de Ohio – OSU, nos Estados Unidos, um sistema de avaliação de vigor (SVIS – *Seed Vigor Image System*) que, através de imagens digitais capturadas por um scanner, determina o vigor das sementes. Em 2011 no Brasil, a empresa Tbit Tecnologia e Sistemas desenvolveu sistema semelhante ao SVIS, denominado *GroundEye*[®], conhecido como SAS (sistema de análise de semente). O equipamento é composto por um módulo de captação e um *software* de análise e possui as versões (*GroundEye*[®] mini, *GroundEye*[®] Pro e o *GroundEye*[®] advanced) (Andrade, 2014).

Os materiais (sementes e/ou plântulas) são dispostos em uma bandeja acrílica e, por meio das câmeras fotográficas, são capturadas as imagens que posteriormente serão analisadas individualmente. Por meio das imagens de alta resolução obtidas, são extraídas informações como cor, textura e morfologia (geometria), permitindo adquirir índices de crescimento, uniformidade e vigor das plântulas. O *software* permite ainda gerar gráficos, histogramas entre outros, que facilitam a análise de imagem das sementes (Pinto et al., 2015).

As análises com ferramentas de captura de imagem vêm ganhando destaque em trabalhos com sementes, pois auxilia na diferenciação de acessos, na identificação de genótipos e na realização de futuros cruzamentos, disponibilizando uma base de dados para a identificação de possíveis grupos com maior grau de heterose.

As observações decorrentes da fenotipagem digital em programas de melhoramento genético podem ser utilizadas como importante ferramenta na detecção da variabilidade genética dentro das populações de uma mesma espécie. A análise geométrica, por exemplo, apresenta os descritores de área, circularidade e perímetro. Mediante ao manual do *GroundEye*[®], a área pode ser definida como medida de superfície de uma figura geométrica. A circularidade é um fator de forma mais sensível ao alongamento do objeto, vale 1 para objetos circulares e menos que 1 para objetos com outras formas. E o perímetro é a

medida do contorno de um objeto bidimensional, sendo a soma de todos os lados de uma figura geométrica.

Lima et al. (2018), utilizando o equipamento *GroundEye*[®], avaliaram coloração e características geométricas de diâmetro máximo e mínimo das sementes, juntamente com a avaliação do comprimento da plântula de *Bowdichia virgilioides* Kunth. Andriazzi et al. (2020) também alcançaram resultados promissores calculando o tamanho das estruturas vegetais de cada plântula de *Zea mays*, por meio do equipamento *GroundEye*[®] L800.

Torres et al. (2019) estudaram a diversidade genética de uma população segregada a partir do cruzamento entre *Passiflora edulis* e *Passiflora setacea* com base nas respostas fisiológicas e nas variáveis obtidas por fenotipagem digital de sementes. Os autores avaliaram características de vigor (primeira contagem da germinação, comprimento da plântula, comprimento da radícula e índice de velocidade de germinação), além de avaliar por meio do equipamento *GroundEye*[®] característica de cor, textura e geometria. E por meio desses estudos, foi possível determinar o índice de dissimilaridade entre os genótipos de maracujá e agrupar os genótipos pelo método UPGMA.

2.6 Análise multivariada

A análise multivariada corresponde ao conjunto de métodos e técnicas estatísticas que permitem analisar múltiplas medidas sobre um conjunto de dados, levando em consideração as correlações existentes entre elas (Hair et al., 2009).

As técnicas de análise de dados multivariados vêm ganhando destaque nos programas de melhoramento, principalmente por identificar possíveis genitores para futuros cruzamentos, estimar o grau de pureza, conhecer e identificar a base genética dos genótipos mais semelhantes, além de estimar o grau de erosão genética, entre outras funções (Machado et al., 2002).

Quando há interesse de verificar como as amostras se relacionam na análise multivariada, podem ser utilizados os métodos de análise de agrupamento e a análise fatorial com análise de componentes principais. A análise de componentes principais parte do princípio que os dados são obtidos de

experimentos sem repetições, enquanto as análises de agrupamento, para sua aplicação, são necessárias que haja repetições (Bertini et al., 2010).

A análise de agrupamento é um conjunto de técnicas, cujo principal objetivo é agregar os objetos com base nas características que elas possuem. Inicialmente, neste tipo de análise, desenvolve-se uma medida de similaridade ou dissimilaridade entre os objetos. Na medida de similaridade, quanto maior o valor observado, mais parecido serão os objetos. Já na medida de dissimilaridade, quanto maior for o valor observado, menos parecido serão os objetos.

As medidas de distâncias são diferentes para cada conjunto de variáveis que se pretende avaliar, sendo classificadas com variáveis quantitativas e qualitativas. O presente estudo será focado nas variáveis quantitativas.

Nas variáveis quantitativas, as medidas de dissimilaridade mais utilizadas são a Distância Euclidiana e Distância de Mahalanobis (Cruz, 2006). Quando utilizada a Distância Euclidiana a partir das variáveis originais, ocorre uma inconveniência causada pela escala, número de variáveis e pela correlação entre elas. Mediante a isto, é mais comum a utilização da Distância Euclidiana Média, juntamente com a padronização dos dados originais, garantindo maior segurança nos resultados finais. Já a Distância de Mahalanobis é a medida generalizada que explica a correlação entre as características analisadas por meio das matrizes de variância e covariância residual (Hair et al., 2009). É uma medida recomendada para observações de delineamentos experimentais, possibilitando maior precisão. Fonseca et al. (2006) utilizaram a distância de Mahalanobis para avaliar a dissimilaridade entre 32 clones de café conilon. A partir dos resultados, foi possível demonstrar quais os clones mais próximos, além de identificar que os genótipos mais divergentes fazem parte de uma variedade diferente.

Partindo do pressuposto de que já foram estimadas as medidas de distância, passa-se a escolher as técnicas de agrupamento. As técnicas de agrupamento permitem agregar os genótipos mais próximos, facilitando a avaliação da diversidade genética, principalmente, quando o número amostral é relativamente grande. Para maximizar as diferenças entre e dentro dos agrupamentos, são utilizados programas que tenham algoritmos como de métodos hierárquicos, não hierárquicos e de otimização (Hair et al., 2009).

Nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja formado o dendrograma. A avaliação

do dendrograma é baseada nas ramificações existentes, que irão estabelecer a proximidade ou a dissimilaridade entre os genótipos e, posteriormente, a formação dos grupos. No método não hierárquico não existe a formação de dendrogramas, e as classes são formadas antes da realização da análise, para maximizar a variabilidade entre os conjuntos. Por último, o método de agrupamento de otimização trata de um método de agrupamento simultâneo, e permite redesignar as observações, ou seja, o procedimento permite transferir a observação para o agregado mais semelhante (Cruz et al., 2014).

Dentro dos métodos hierárquicos, as técnicas de agrupamento mais utilizadas são UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average*) e Ward (Hair et al., 2009). Em estudos com café conilon, é notável grande utilização do método UPGA. Giles et al. (2018) utilizaram do método para investigar a diversidade genética de genótipos de *C. canephora* por meio de características morfo-agronômicas. Segundo os mesmos autores, foi possível por meio da técnica de agrupamento UPGMA separar os genótipos em três grupos. Silva et al. (2020) também utilizaram do método UPGMA para avaliar a divergência de genótipos de café conilon, com base nas características morfológicas de mudas. E por meio da formação do dendrograma pela técnica UPGMA, os autores observaram a formação de sete grupos, demonstrando que existe ampla variabilidade genética entre os genótipos.

Mediante as técnicas multivariadas existentes, os programas de melhoramento vêm utilizando muito desses benefícios, elaborando estudos completos que podem determinar a diversidade existente entre os genótipos de café conilon e entre outras espécies. Desta maneira, os estudos com diversidade genética com o uso de técnicas multivariadas podem contribuir nos estudos evolutivos, além de contribuir com a identificação de progenitores a serem utilizados para futuros cruzamentos.

2.7 Estimativas de parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos são fundamentais para o melhoramento genético, pois permitem obter informações sobre a natureza da ação dos genes, ou seja, se as características são de natureza herdáveis ou não. Além disso, por meio das estimativas, é possível conhecer a estrutura genética da

população, prever ganhos e fazer inferência da variabilidade genética. A partir desses resultados, torna-se mais fácil a escolha do método de melhoramento mais adequado para cada população, o que proporcionará sucesso no programa de melhoramento (Cruz et al., 2014).

No melhoramento de plantas, dentre os parâmetros genéticos, os mais utilizados nos estudos são variância, herdabilidade e índice de variação.

A variância de caráter fenotípico pode ser dividida em variância genética e ambiental. Todavia, o principal foco nos estudos é a estimativa da variância genética, que representa o caráter herdável das características. A mesma apresenta os componentes de variância genética aditiva, referente aos valores aditivos nos gametas e serão transmitidos para a próxima geração; variância genética de dominância, onde os valores são atribuídos na interação intra locos, ou seja, na complementação alélica e a variância genética de epistasia, os valores são referentes à interação inter locos (Ramalho et al., 2012)

Outro parâmetro utilizado é a herdabilidade (h^2), que representa a proporção fenotípica que será passada para a próxima geração. A herdabilidade pode ser no sentido amplo e no sentido restrito. A herdabilidade no sentido amplo é obtida através da proporção da variância genotípica e variância fenotípica, que irá expressar quanto da variância total é devido aos efeitos genéticos ou de efeitos ambientais. Os valores podem variar de 0 a 1. Quando os valores são zero ou próximo de zero, significa que maior parte da variância não é de origem genética, e está mais relacionada com efeitos de ambiente e, assim, a seleção não será eficiente. Quando o valor for mais próximo de 1 significa que a variância tem origem genética e, assim, a seleção se torna mais eficiente e nas próximas gerações serão obtidos maiores valores de ganho. Normalmente, a herdabilidade no sentido amplo é importante para plantas de propagação vegetativa ou de autofecundação. Já a herdabilidade no sentido restrito é mais utilizada, uma vez que quantifica a proporção da variância genética aditiva, relacionada diretamente aos gametas, sugerindo a variabilidade genética de certa característica deve-se à ação aditiva genes, indicando que esse caráter será transmitido (Borém et al., 2017)

O índice de variação (I_v) é estimado através do coeficiente de variação genético em razão ao coeficiente de variação ambiental. O resultado irá indicar a chance de sucesso para a seleção de genótipos superiores, facilitando na escolha

do método mais adequado, lançando mão de métodos mais simples de melhoramento (Rodrigues et al., 2012).

A complexidade presente nas características requer um cuidado maior no momento da seleção. Além dos parâmetros genéticos mais utilizados para observar a variabilidade genética nas populações, os pesquisadores estão utilizando técnicas de correlação genéticas ou fenotípicas entre caracteres de interesse para obter informações para facilitar na seleção indireta (Leite et al., 2015).

Outro parâmetro genético muito utilizado é a correlação fenotípica, que pode ser realizado através do Coeficiente de Correlação de Pearson. Os estudos de correlações têm grande importância em programas de melhoramento, uma vez que se mede a relação entre duas variáveis ou a intensidade de associação entre as mesmas. É muito comum utilizar a correlação com outros parâmetros genéticos para facilitar e levar progressos mais rápidos de seleção do caráter desejado.

Felizardo et al. (2015), por meio de estudos com correlação de características biométricas de frutos e sementes de *Oenocarpus bataua* Mart., observaram correlação forte positiva $r(\text{Pearson}) = 0,9719$ entre tamanho do fruto com tamanho da semente. Segundo os mesmos autores, os estudos por meio das correlações fenotípicas permitem avaliar a associação entre características distintas juntamente com as estimativas parâmetros genéticos que garantem progressos mais rápidos no melhoramento. Freitas et al. (2009) também utilizaram a combinação de parâmetros genéticos com correlações genéticas em cultivares de café arábica, com objetivo de avaliar o desempenho vegetativo e estimar a variabilidade.

2.8 Interação genótipo x ambiente

Nos programas de melhoramento tem se utilizado frequentemente a avaliação das respostas dos genótipos em diferentes locais, épocas e anos de plantios. A interação entre genótipo e ambiente indica a alteração no desempenho dos genótipos, quando submetida às diferentes condições e ambientes.

A interação GxA está diluída dentro do fenótipo de cada indivíduo. Todavia, existem dois principais fatores associados à existência de variação. O

primeiro caso chamado de simples está relacionado com a diferença entre os materiais (genótipos), já o segundo caso é denominado complexo e representa a falta de correlação entre os genótipos (Borém e Miranda, 2017).

O principal objetivo para estudar a interação G x E é selecionar materiais com maior estabilidade e com maior adaptabilidade em diversos ambientes. Para se obterem essas informações são necessárias experimentações realizadas em vários anos/locais para minimizar o efeito da interação e evitar superestimar a variância genética (Borém et al., 2017). Os principais fatores que influenciam a interação genótipo ambiente destacam-se fotoperíodo, tipo de solo, época de semeadura, temperatura, distribuição pluviométrica e a presença de patógenos (Borém et al., 2017).

Normalmente, é utilizada a análise de variância conjunta para se investigar as interações existentes. Dependendo do que se pretende obter, a ocorrência de significativa interação GxA nem sempre é desejável para os programas de melhoramento, levando o melhorista a criar situações para tentar atenuar os efeitos dessa interação, como: na identificação de genótipos específicos para cada ambiente; subdivisões de uma área heterogênea em sub-regiões mais uniformes, de modo que os genótipos não interajam significativamente com os ambientes; e na identificação de genótipos com maior estabilidade fenotípica (Pinto Júnior et al., 2006).

3. TRABALHOS

3.1 DIVERSIDADE GENÉTICA E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* VIA ATRIBUTOS DE SEMENTES

RESUMO

Os programas de melhoramento do cafeeiro têm o objetivo de desenvolver genótipos superiores e, para que isso ocorra, é importante explorar a variabilidade genética existente no café conilon/robusta. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a divergência e estimar os parâmetros genéticos para os caracteres relacionados à qualidade fisiológica de sementes de *Coffea canephora*, visando dar subsídios para a seleção de genótipos com sementes de qualidade superior. Para o estudo, foram utilizadas sementes de 43 genótipos *C. canephora* coletadas da fazenda experimental instalada no município de Nova Venécia. As sementes foram despulpadas e submetidas à avaliação de 11 características físicas e fisiológicas. Foram obtidas as estimativas dos parâmetros genéticos, de variância ambiental, variância fenotípica, variância genotípica, herdabilidade no sentido amplo e índice de variação e correlação de Pearson. A medida de dissimilaridade adotada foi a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), e o método de agrupamento escolhido foi o método hierárquico de UPGMA. A

importância relativa foi estimada pelo método de Singh. Observou-se elevada diversidade genética entre os 43 genótipos de *C. canephora*. Nos parâmetros genéticos, nota-se que a variância genotípica está diretamente influenciando as respostas dos genótipos. A herdabilidade (h^2) alcançou valores acima de 96%, enquanto no índice de variação, todos os valores foram superiores à unidade (1,0). Os genótipos Alecrim, Bamburral, Z39, AP, Tardio C são os mais divergentes. Pelo método hierárquico UPGMA, houve formação de três grupos, sendo a característica perímetro das sementes a que mais contribuiu para explicar a dissimilaridade entre os genótipos. Assim como a massa, tamanho e formato das sementes (sementes chata e moca) não influenciaram na germinação e vigor das sementes de *C. canephora*.

ABSTRACT

Coffee breeding programs aim to develop superior genotypes, so that this occurs, an important requirement is to explore the genetic variability existing in the population of Conilon coffee. The objective of this work was to evaluate the divergence and estimate the genetic parameters for the characters related to the physiological quality of *Coffea canephora* seeds, aiming to provide subsidies for the selection of genotypes with seeds of superior quality. For the study, seeds of 43 *C. canephora* genotypes collected from the experimental farm located in the municipality of Nova Venécia were used. Seeds were pulped and submitted to evaluation of 11 physical and physiological characteristics. As well as the genetic parameters, environmental, phenotypic and genotypic variance, heritability and variation index and Person correlation were estimated. The measure of dissimilarity adopted was the generalized Mahalanobis distance (D^2), and the clustering method chosen was the UPGMA hierarchical method. The relative importance was estimated by the Singh method. High genetic diversity was observed among the 43 genotypes of *C. canephora*. In genetic parameters, it is noted that the genotypic variance is directly influencing the responses of the genotypes. Heritability (h^2) reached values above 96% and while in the variation index, all values were higher than unity (1.0). The genotypes Alecrim, Bamburral,

Z39, AP, Tardio C are the most divergent. Using the UPGMA hierarchical method, six groups were formed, with the perimeter characteristic of the seeds contributing the most to explain the dissimilarity between the genotypes. As well as, the mass, size and shape of the seeds flat and peaberry seeds do not influence the germination and vigor of the seeds of *C. canephora*.

INTRODUÇÃO

O cafeeiro pertence ao gênero *Coffea* spp, o qual possui pelo menos 124 espécies encontradas em regiões tropicais de todo o mundo (Davis et al., 2011). Dentre estas espécies, podemos destacar o *C. canephora* Pierre ex Froehner, conhecido popularmente como café conilon e/ou robusta, que apresenta grande importância econômica nas indústrias de café torrado e moído e de solubilização, bem como seu uso em blends com café arábica (Vareltzis et al., 2020).

Por ser uma espécie diploide com autoincompatibilidade do tipo gametofítica, o café conilon se reproduz preferencialmente por alogamia, demonstrando indivíduos com grande heterogeneidade, heterozigotos e com alta variabilidade genética (Vázquez et al., 2019). Esta variabilidade genética permite identificar indivíduos com diferentes características (Giles et al., 2018, Giles et al., 2019; Martins et al., 2019), o que possibilita a seleção de genótipos para diferentes finalidades de cultivo, mas sempre tendo a produtividade como característica preponderante (Partelli et al., 2019; Dubberstein et al., 2020; Partelli et al., 2020b).

Explorar a variabilidade genética na população de café conilon pode revelar recursos genéticos de grande valor, que garantem maior sucesso nos programas de melhoramento genético. Além disso, a seleção de genótipos superiores pode contribuir com alelos favoráveis para as próximas gerações, garantindo genótipos mais produtivos e mais adaptados às adversidades climáticas (Ivoglio et al., 2008).

A variabilidade genética pode ser estimada por meio de análises multivariadas (Cruz et al., 2014). A diversidade existente entre os genótipos será determinada por diferenças com base nas características morfológicas,

fisiológicas, moleculares ou bioquímicas. Normalmente, esta diversidade pode ser quantificada por procedimentos multivariados, como a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), Distância euclidiana, componentes principais, entre outros. E os métodos de agrupamento mais utilizados são o UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average*), Ward, entre outros (Cruz, 2013). Por conseguinte, as análises de diversidade podem fornecer informações para a identificação de genitores cujo cruzamento garante um maior efeito heterótico, aumentando as possibilidades de descendentes com características superiores (Fonseca et al., 2006).

Já foram abordados trabalhos com estudo de diversidade genética do café (Ivoglio et al., 2008; Covre et al., 2016; Giles et al., 2018; Silva et al., 2020), no entanto, são necessários estudos voltados para a qualidade fisiológica das sementes, que visam obter conhecimento precoce por meio de teste de vigor e germinação entre as cultivares, subsidiando informações para os programas de melhoramento, e aperfeiçoando os genótipos para futuros plantios.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a divergência e estimar os parâmetros genéticos para os caracteres relacionados à qualidade fisiológica e física das sementes de *C. canephora*, visando dar subsídios para a seleção de genótipos com sementes de qualidade superior.

MATERIAL E MÉTODOS

Genótipos e condições experimentais

O experimento foi instalado no município de Nova Venécia, Espírito Santo, Brasil, em abril do ano de 2014, localizada a uma latitude 18°39'43" sul e longitude 40°25'52" oeste, altitude de 200 metros, e temperatura média anual de 23°C. A região possui clima tropical, caracterizado por verões quentes e úmidos, e invernos secos, classificado como Aw, de acordo com a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (Santos et al., 2018).

As plantas foram dispostas em delineamento em blocos casualizados, com três repetições, 43 genótipos de *C. canephora*, dos quais 42 são oriundos de propagação clonal via estaquia e apenas o genótipo 39 é oriundo de sementes (Tabela 1).

As parcelas experimentais (unidades experimentais) foram constituídas de sete plantas para cada tratamento, com espaçamento nas fileiras de três metros entre linhas por um metro entre plantas, o que equivale a uma densidade de 3.333 plantas ha⁻¹. Foram realizados tratos culturais conforme recomendações técnicas.

Tabela 1. Identificação dos 43 genótipos de *Coffea canephora*. Nova Venécia-ES, 2020

ID	Nome	ID	Nome	ID	Nome
1	Verdim R	15	Bamburral	29	Tardio C
2	B01	16	Pirata	30	A1
3	Bicudo	17	Peneirão	31	Cheique
4	Alecrim	18	Z39	32	P2
5	700	19	Z35	33	Emcapa 02
6	CH1	20	Z40	34	Emcapa 153
7	Imbigudinho	21	Z29	35	P1
8	AD1	22	Z38	36	LB1
9	Graudão HP	23	Z18	37	122
10	Valcir P	24	Z37	38	Verdim D
11	Beira Rio 8	25	Z21	39	Sementes
12	Tardio V	26	Z36	40	Emcapa 143
13	AP	27	Ouro Negro	41	Ouro negro 1
14	L80	28	18	42	Ouro negro 2
				43	Clementino

Genótipo 33 pertence à cultivar Emcapa 8111 e genótipos 34 e 39 à cultivar Emcapa 8131 (Bragança et al., 2001). Genótipos 30 e 35 pertencem à cultivar Andina (Partelli et al., 2019), 8, 7, 13, 17, 32, 36 pertencem à cultivar Monte Pascoal (Partelli et al., 2020a), 1, 11, 15, 16, 30 e 43 pertencem à cultivar Tributun (Giles et al., 2019, Partelli et al., 2020b). ID: identificação.

Os frutos foram coletados em campo no estádio cereja e enviados para o Laboratório do Setor de Produção e Tecnologia de Sementes da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (CCTA-UENF), em Campos dos Goytacazes, RJ, onde foram realizados os experimentos.

Caracterização da semente

Após a chegada do material, os frutos foram despulpados manualmente. Para a secagem, as sementes envoltas pelo pergaminho foram colocadas em bandejas de plástico até atingirem a umidade entre 14% a 15%, determinada com auxílio do determinador de umidade DOLE 500. Posteriormente, as sementes foram depositadas em sacos de polietileno, devidamente etiquetadas com a numeração dos genótipos, e colocadas dentro de sacos de papel (as duas embalagens protegem contra a umidade e exposição à luz) e levadas por 1 dia à câmara fria regulada a 10°C.

Características avaliadas

As sementes foram avaliadas quanto às características físicas e fisiológicas em laboratório. Para a montagem dos testes, as sementes foram utilizadas sem o endosperma (pergaminho). Foram avaliadas 11 características quantitativas: Índice de velocidade de germinação; Teste de germinação; Comprimento da parte aérea e do sistema radicular; Peso de mil sementes; Porcentagem de sementes moca; Porcentagem de sementes chatas; Área; Circularidade e Perímetro.

Inicialmente foram avaliadas as características físicas:

Peso de mil sementes (PMS): foi determinado com oito repetições de 100 sementes obtidas da porção de sementes puras, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e o resultado expresso em peso médio de mil sementes em gramas (Brasil, 2009). Além disso, calculou-se a variância, desvio padrão e coeficiente de variação da seguinte forma:

$$\text{Variância} = n (\sum x^2) - (\sum x)^2 / n (n - 1)$$

Onde:

x = peso de cada repetição

n = número de repetições

Σ = somatório

Desvio padrão (S) = $\sqrt{\text{variância}}$

Coeficiente de variação (CV) = S/\bar{x} (100)

Onde:

\bar{x} = Peso médio de 100 sementes.

De acordo com Brasil (2009), o coeficiente de variação não pode exceder 4%. Caso isso ocorra, outras oito repetições de 100 sementes serão contadas, pesadas, e calculado o PMS e o desvio padrão das 16 repetições.

Porcentagem de sementes chatas (%SC) e sementes mocas (%SM): foram retiradas ao acaso, 10 repetições de 100 sementes de cada genótipo, onde foram contabilizadas a quantidade de sementes do tipo moca e do tipo chata. Posteriormente, foi calculada a porcentagem de sementes mocas e chatas (Giomo et al., 2004).

Fenotipagem digital das sementes: com o auxílio do equipamento *GroundEye*[®], foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, quando as sementes foram dispostas em bandeja acrílica para a captura de imagem. Por meio do sistema de análise de imagens, o *software* gerou planilhas com os resultados das características geométricas: área (cm²), circularidade e perímetro expressos em (cm).

As avaliações fisiológicas foram realizadas com adaptações, de acordo com a Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009):

Teste de germinação (%G): foram dispostas quatro repetições de 50 sementes cada genótipo, em substrato entre papel umedecido com água na proporção de duas partes de água (Brasil, 2009). Adicionalmente foi aplicada uma solução de CAPTAN[®] na concentração de 1% sobre as sementes, para evitar possíveis contaminações por microrganismos (Macedo e Lopes, 2008). Os rolos foram colocados em sacos de polietileno transparente e levados para germinadores regulados à temperatura de 30°C e fotoperíodo ajustado para oito horas/dia e 16 horas/noite. O experimento foi disposto em Delineamento em blocos casualizados

(DBC). Após 30 dias, foram contabilizadas as plântulas normais, plântulas anormais e sementes não germinadas (Brasil, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem.

Índice de velocidade de germinação (IVG): durante o período do teste de germinação, a cada dois dias, foram avaliadas e contabilizadas as sementes que emitiram 0,5 cm de radícula. Para o cálculo do IVG, foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, \dots, G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda até a última contagem;

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semeadura à primeira, segunda até a última contagem.

Comprimento da parte aérea (CPA) e do sistema radicular (CSR): foram escolhidas aleatoriamente 10 plântulas do teste de germinação das primeiras fileiras. Com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, foi mensurado o tamanho da parte aérea e do sistema radicular, sendo os resultados expressos em cm.

Análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos

Para analisar a existência de variabilidade genética entre os genótipos, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos.

Modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + E_{ijk}$$

Onde:

Y_{ij} = observação referente à i-ésima família na j-ésima repetição.

μ = constante geral;

G_i = efeito da i -ésima família, $i = 1, 2, \dots, g$;

B_j = efeito do j -ésimo bloco, $j = 1, 2, \dots, r$;

E_{ijk} = erro experimental.

A partir do modelo, foi possível elaborar o Quadro de análise de variância, juntamente com as Esperanças dos Quadrados médios e a comparação do teste F.

FV	GL	QM	E(QM)	F
Blocos (R)	$r-1$	QMB	$\sigma^2 + g\sigma^2_b$	
Família (G)	$g-1$	QMG	$\sigma^2 + r\sigma^2_g$	QMG/QMR
Erro	$(r-1)(g-1)$	QMR	σ^2	
Total	$rg-1$			

Em que: b = número de blocos (repetições); g = número de genótipos (acessos); σ^2_b = componente de variância associado ao efeito de bloco; σ^2 = componente de variância do erro experimental; e σ^2_g = variabilidade genética entre acessos.

A partir da análise de variância, foram obtidas as estimativas dos parâmetros genéticos, de variância ambiental (σ^2_e), variância fenotípica (σ^2_f), variância genotípica (σ^2_g), herdabilidade (h^2) e o índice de variação genética (CV_g / CV_e), considerando as expressões propostas por Cruz et al. (2014):

Variância genotípica entre médias dos genótipos

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMG - QMR}{r}$$

Onde: QMG é o quadrado médio dos genótipos; QMR é o quadrado médio do erro; r é o número de repetições.

Variância fenotípica entre médias dos genótipos

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{r}$$

Variância ambiental entre médias dos genótipos

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{QMR}{r}$$

Herdabilidade em nível de média dos genótipos

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

Índice de variação

$$Iv = \frac{CV_g}{CV_e}$$

As médias dos genótipos também foram agrupadas pelo método proposto por Scott Knott (1974) em nível de 5% de significância.

Correlação de Pearson

Foi estimado o coeficiente de correlação linear de Pearson das 11 variáveis estudadas. Os valores limites de r são -1 e +1. Se r = +1 a correlação é perfeita positiva. Se r = -1 a correlação é perfeita negativa e se r = 0 não há correlação entre os pontos, ou a correlação não é linear.

Dissimilaridade entre os genótipos

A diversidade genética entre os genótipos foi avaliada pela técnica multivariada de análise de agrupamento aplicada às médias dos genótipos. Para testar a eficiência de cada método de agrupamento hierárquico, foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (CCC), pois, quanto maior este valor, maior é a eficiência do método em questão.

A medida de dissimilaridade adotada foi a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), sendo obtida:

$$D^2_{ii'} = \sum_{j=1}^n \sum_{j'=1}^n W_{JJ'} d_j d_{j'}$$

Em que: $D^2_{ii'}$: é a distância generalizada de Mahalanobis entre os acessos i e i' , $i=1, 2, \dots, g$; n = número de caracteres; $W_{JJ'}$ = elemento da j -ésima linha e j' -ésima coluna inversa da matriz de variâncias e covariâncias residuais entre os genótipos; e d_j = diferença entre as médias do j -ésimo caráter nos dois genótipos considerados.

A partir dos dados da matriz, foram realizadas as análises de agrupamento por meio do método hierárquico de UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). No método UPGMA, os indivíduos são agrupados no dendrograma aos pares, utilizando-se as médias aritméticas da dissimilaridade. O dendrograma prioriza os genótipos com maior similaridade, e as distâncias entre um indivíduo e um grupo formado pelos indivíduos i e j são calculados por:

$$d_{(ij)k} = \text{média}(d_{ik}; d_{jk}) = \frac{d_{ij} + d_{ij}}{2}$$

Em que: $d_{(ij)k}$ é dada pela média do conjunto de distância dos pares de indivíduos (i e k) e (j e k).

Importância relativa das características

A importância relativa das características foi calculada, utilizando-se o método proposto por Singh (1981), que se baseia na partição do total das estimativas das distâncias $D^2_{ii'}$, considerando todos os possíveis pares de indivíduos, para a parte devida a cada característica. Foram selecionadas apenas oito variáveis do total para realizar a importância relativa.

Os dados obtidos foram analisados utilizando-se os recursos computacionais do programa Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS

Os resultados da análise de variância revelam que houve diferença significativa entre os genótipos para todas as variáveis analisadas (Tabela 2). Nas estimativas dos parâmetros genéticos, observa-se que a variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) foi superior em todas as variáveis analisadas, enquanto a variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$) foi inferior. É possível observar que todas as variáveis alcançaram estimativas de herdabilidade no sentido amplo (h^2) acima de 96%. Neste mesmo parâmetro, nota-se que a maior estimativa foi alcançada pelo peso de mil sementes (PMS) (Tabela 2).

Os índices de variação (Iv) alcançaram valores superiores à unidade variando de 2,73 (CSR) a 17,98 (PMS). Na mesma sequência de dados, a variável perímetro das sementes também se destaca com índice de variação de 15,42 (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da análise de variância para as variáveis Índice de velocidade de germinação (IVG), Porcentagem de germinação (%G), Plântulas anormais (%PA), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Área, Circularidade, Perímetro, Peso de mil sementes (PMS), Porcentagem de sementes chatas (%SC) e Porcentagem de Sementes mocas (%SM), juntamente com a estimativa de parâmetros genéticos da variância fenotípica (σ_f^2), variância ambiental (σ_e^2), variância genética (σ_g^2), herdabilidade (h^2) e o índice de variação (lv)

FV	GL	QM										
		IVG	%G	%PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	PMS	%SC	%SM
Blocos	3	0,773	10,605	8,341	0,130	0,131	0,001	0,000	0,008	0,097	13,109	13,109
Genótipos	42	4,9423**	1937,4928**	1775,5725**	3,2249**	4,5502**	0,0252**	0,0084**	8,1278**	88,7956**	425,0316**	425,0316**
Resíduo	126	0,048	15,176	11,357	0,076	0,148	0,000	0,000	0,009	0,069	8,991	8,991
Total	171											
CV(%)		4,35	4,52	31,16	8,80	12,33	2,03	0,97	2,54	1,06	3,65	16,66
Parâmetros Genéticos												
$\hat{\sigma}_f^2$	-	1,236	484,373	443,893	0,806	1,138	0,006	0,002	2,032	22,199	106,257	106,257
$\hat{\sigma}_e^2$	-	0,012	3,794	2,839	0,019	0,037	0,000	0,000	0,002	0,017	2,247	2,247
$\hat{\sigma}_g^2$	-	1,223	480,579	441,054	0,787	1,101	0,006	0,002	2,029	22,181	104,010	104,010
h^2	-	99,01	99,22	99,36	97,64	96,75	99,46	99,4	99,89	99,92	97,88	97,88
lv	-	5,03	5,63	6,23	3,22	2,73	6,76	6,47	15,42	17,98	3,4	3,4

*, ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Com base na definição de Devore (2006), houve correlação muito forte negativa entre germinação (%G) e porcentagem de plântulas anormais (%PA) ($r = -0,9941$) e entre sementes chatas (%SC) e sementes mocas (%SM) ($r = -1$). Além disso, ocorreu correlação moderada positiva entre germinação (%G) e comprimento da parte aérea (CPA) ($r = 0,6732$). Entre porcentagem de plântulas anormais (%PA) com comprimento da parte aérea (CPA) ($r = -0,6893$) e com comprimento do sistema radicular (CSR) ocorreu uma correlação moderada negativa ($r = -0,6033$). Sequencialmente, nota-se correlação positiva muito forte entre área e peso de mil sementes (PMS) ($r = 0,9612$) (Tabela 3).

Com ênfase nas variáveis descritas que apresentaram correlações de moderada a muito forte, tem-se na variável germinação (%G) os genótipos: 7, 9, 12, 13, 21, 22, 24, 26, 28, 32, 33, 36, 37, 38 e 42 que alcançaram porcentagem de plântulas normais acima de 95% (Tabela 4). O genótipo 25 alcançou maior porcentagem de plântulas anormais (93%), seguido dos genótipos 27 com 85,5% e 5 com 73,5% em comparação aos demais genótipos. Em relação a variável comprimento da parte aérea (CPA), os genótipos 6, 33 e 37 alcançaram maior crescimento, diferindo estatisticamente dos demais. Na variável comprimento do sistema radicular (CSR), os genótipos 8, 11, 17, 18, 19, 22, 29, 38 e 39 alcançaram maior crescimento. Para a variável área da semente, observa-se que as sementes do genótipo 11 alcançaram maior área. (Tabela 4). Os genótipos 9 e 35 alcançaram maior peso de sementes. Em relação à variável porcentagem de sementes chatas (%SC), destaca-se 5, 7, 26, 33, 36 e 37, enquanto na variável porcentagem de sementes mocas (%SM) os genótipos 3 e 21 alcançaram maior porcentagem.

Das 11 variáveis analisadas foram selecionadas apenas oito variáveis que incluem germinação, vigor, e características físicas que são de grande importância para estimar a diversidade genética, sendo elas: índice de velocidade de germinação (IVG); porcentagem de germinação (%G); porcentagem de plântulas anormais (%PA); comprimento da parte aérea (CPA); comprimento do sistema radicular (CSR); área; circularidade e perímetro da semente.

Tabela 3: Matriz de correlação fenotípica de características de germinação, vigor e geometria de sementes de 43 genótipos

Variáveis	IVG	%G	%PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	%SC	%SM	PMS
IVG	1	0,3771*	-0,3337*	0,3357*	-0,0146	-0,2626	-0,0452	-0,1099	0,3828*	-0,3828*	-0,2446
%G		1	-0,9941**	0,6732**	0,5907**	-0,3476*	-0,2154	0,0009	-0,039	0,0385	-0,3506*
%PA			1	-0,6893**	-0,6033**	0,3430*	0,2210	0,0047	0,0584	-0,058	0,3496*
CPA				1	0,5461**	-0,332*	0,0005	0,0433	0,1381	-0,138	-0,3191*
CSR					1	-0,1736	-0,3051*	0,0424	0,0434	-0,043	-0,1828
Área						1	-0,2975*	-0,0324	-0,069	0,0689	0,9612**
Circularidade							1	-0,1120	-0,06	0,0602	-0,1638
Perímetro								1	-0,186	0,1859	-0,0884
%SC									1	-1**	-0,0962
%SM										1	0,1043
PMS											1

IVG: Índice de velocidade de germinação; %G: Porcentagem de Germinação; %PA: Porcentagem de Plântulas anormais; CPA: Comprimento da parte aérea; CSR: Comprimento do sistema radicular; Área; Circularidade; Perímetro; %SC: Porcentagem de sementes chatas; %SM: Porcentagem de sementes mocas; PMS: Peso de mil sementes. Os símbolos * e ** são significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 4: Agrupamento de médias dos 43 genótipos (G) pelo teste de Scott Knott para as variáveis Índice de velocidade de germinação (IVG), Porcentagem de germinação (%G), Plântulas anormais (%PA), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Área, Circularidade, Perímetro, Peso de mil sementes (PMS), Porcentagem de Sementes mocas (%SM) e Porcentagem de sementes chatas (%SC)

G	Variáveis										
	IVG	G	PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	PMS	SM	SC
		----- % -----		----- cm -----		-- cm ² --	----- cm -----		g	----- % -----	
1	6,487 c	91,0 b	4,5 f	2,840 f	2,212 e	0,552 i	0,722 g	3,002 g	202,23 r	11,4 g	88,6 b
2	5,165 g	79,5 d	19,5 d	2,682 f	3,312 c	0,565 h	0,707 i	2,940 g	220,53 p	13,3 f	86,7 c
3	4,562 h	94,5 b	0,5 g	3,695 c	2,640 d	0,677 d	0,662 k	3,292 e	309,65 d	40,0 a	60,0 h
4	4,525 h	74,5 d	22,5 d	2,450 g	2,602 d	0,542 i	0,695 i	7,525 b	220,57 p	27,2 c	72,8 f
5	5,720 e	22,5 e	73,5 c	1,862 h	1,455 f	0,727 b	0,710 h	3,445 e	329,71 c	5,8 h	94,2 a
6	5,037 g	90,5 b	2,5 g	4,667 a	3,177 c	0,587 g	0,682 j	3,042 f	232,71 n	15,4 f	84,6 c
7	7,030 b	99,0 a	0,5 g	2,450 g	2,160 e	0,605 g	0,635 l	3,165 f	250,88 j	5,9 h	94,1 a
8	4,365 i	92,5 b	2,0 g	4,267 b	4,287 a	0,585 g	0,785 b	2,995 g	273,12 g	30,3 c	69,7 f
9	4,762 h	95,0 a	3,0 g	2,702 f	2,225 e	0,745 b	0,685 j	3,442 e	346,51 a	16,2 f	83,8 c
10	4,672 h	93,5 b	5,0 f	3,990 c	3,085 c	0,500 k	0,767 d	2,742 h	198,50 s	20,8 e	79,2 d
11	3,575 k	87,5 c	6,5 f	2,320 g	4,725 a	0,772 a	0,637 l	3,715 d	327,11 c	14,0 f	86,0 c
12	5,547 f	99,0 a	0,0 g	3,437 d	3,640 b	0,597 g	0,762 d	3,590 d	252,14 j	36,1 b	63,9 g
13	6,135 d	95,0 a	5,0 f	4,210 b	1,770 f	0,530 j	0,787 b	7,405 b	218,58 p	9,0 g	91,0 b
14	4,067 j	93,0 b	3,5 f	3,792 c	3,462 c	0,650 e	0,747 e	3,162 f	298,60 e	34,4 b	65,6 g
15	3,985 j	93,0 b	4,0 f	2,852 f	3,517 c	0,497 k	0,740 f	6,880 c	209,52 q	36,0 b	64,0 g
16	4,552 h	87,5 c	3,0 g	4,230 b	3,472 c	0,567 h	0,695 i	3,002 g	227,15 o	9,5 g	90,5 b
17	4,175 i	89,5 b	9,0 f	2,822 f	4,595 a	0,665 d	0,722 g	3,412 e	301,48 e	13,0 f	87,0 c
18	4,047 j	89,0 b	4,5 f	3,287 e	4,277 a	0,532 j	0,695 i	6,802 c	209,12 q	22,8 d	77,2 e

Tabela 4, Cont;

19	4,142 i	90,0 b	4,5 f	3,827 c	4,530 a	0,437 m	0,730 g	2,662 i	172,30 v	14,5 f	85,5 c
20	3,212 l	86,0 c	12,5 e	2,097 h	2,840 d	0,677 d	0,727 g	3,385 e	301,00 e	17,7 e	82,3 d
21	5,602 f	96,5 a	2,0 g	2,740 f	1,795 f	0,562 h	0,782 b	2,935 g	237,84 m	40,8 a	59,2 h
2	4,830 h	99,0 a	1,0 g	3,237 e	4,377 a	0,507 k	0,665 k	2,970 g	205,40 r	9,9 g	90,1 b
23	7,287 a	94,0 b	2,5 g	3,232 e	3,787 b	0,527 j	0,720 h	3,095 f	236,02 m	17,2 e	82,8 d
24	5,405 f	95,5 a	2,0 g	3,465 d	3,150 c	0,567 h	0,750 e	2,967 g	237,00 m	17,9 e	82,1 d
25	3,187 l	0,0 g	93,0 a	0,000 i	0,000 g	0,570 h	0,785 b	3,055 f	246,98 k	26,9 c	73,2 f
26	7,522 a	100,0 a	0,0 g	4,235 b	3,832 b	0,602 g	0,737 f	3,160 f	280,65 f	3,1 h	96,9 a
27	3,705 j	8,0 f	85,5 b	1,902 h	1,350 f	0,730 b	0,807 a	3,407 e	343,30 b	7,7 g	92,3 b
28	5,397 f	95,0 a	4,0 f	3,037 e	3,177 c	0,450 m	0,737 f	2,637 i	179,76 u	13,1 f	86,9 c
29	5,405 f	91,5 b	8,0 f	3,827 c	4,007 a	0,575 h	0,697 i	8,425 a	220,62 p	21,8 e	78,2 d
30	3,795 j	90,5 b	5,0 f	3,080 e	3,807 b	0,570 h	0,700 i	3,425 e	226,98 o	28,4 c	71,6 f
31	3,567 k	81,0 d	15,0 e	2,420 g	2,462 e	0,545 i	0,777 c	2,985 g	231,30 n	10,8 g	89,2 b
32	6,130 d	98,5 a	1,0 g	3,687 c	3,275 c	0,557 i	0,792 b	2,917 g	241,98 l	19,2 e	80,8 d
33	5,175 g	96,5 a	1,5 g	4,717 a	3,920 b	0,532 j	0,805 a	3,315 e	230,40 n	4,2 h	95,8 a
34	5,270 g	92,5 b	7,0 f	2,835 f	3,905 b	0,607 f	0,667 k	3,625 d	260,79 i	15,4 f	84,6 c
35	3,942 j	79,0 d	16,5 e	2,422 g	2,467 e	0,710 c	0,715 h	3,655 d	348,62 a	35,2 b	64,8 g
36	7,025 b	95,5 a	4,0 f	3,090 e	1,755 f	0,592 g	0,717 h	3,047 f	267,05 h	4,2 h	95,8 a
37	5,832 e	98,0 a	0,5 g	4,607 a	3,090 c	0,482 k	0,715 h	2,930 g	178,09 u	4,3 h	95,7 a
38	6,835 b	99,5 a	0,0 g	3,402 d	4,645 a	0,535 j	0,720 h	2,872 g	222,41 p	13,4 f	86,6 c

Tabela 4, Cont.

39	5,092 g	93,0 b	6,5 f	3,095 e	4,500 a	0,542 i	0,697 i	3,012 g	235,92 m	18,7 e	81,3 d
40	4,612 h	92,5 b	5,0 f	3,022 e	3,787 b	0,565 h	0,775 c	3,382 e	246,00 k	9,3 g	90,7 b
41	5,155 g	84,0 c	14,5 e	1,977 h	1,500 f	0,525 j	0,782 b	2,847 h	212,19 q	27,4 c	72,6 f
42	6,080 d	98,0 a	1,0 g	3,140 e	2,820 d	0,465 l	0,767 d	2,630 i	184,98 t	15,8 f	82,2 d
43	5,150 g	88,0 c	3,5 f	3,092 e	2,817 d	0,500 k	0,807 a	3,350 e	211,45 q	13,5 f	86,5 c

Observam-se, na tabela 5, os genótipos pertencentes a cada grupo do dendrograma (Figura 1). Por meio de análise de agrupamento e avaliação das oito variáveis, ocorreu o agrupamento dos 43 genótipos conforme suas similaridades. Estão representados no eixo X, os diferentes genótipos e no eixo Y o valor de distância média entre eles. Mediante a um corte arbitrário, separaram-se os genótipos em três grupos. Observa-se que a correlação cofenética foi de 0,9487 (Figura 1).

O grupo I proporcionou a formação do maior agrupamento, correspondendo a 81% dos genótipos estudados. Observa-se que o grupo alcançou média de 92,4% de germinação, 5,1 no IVG e 3,29 cm no comprimento do sistema radicular (CSR), destacando-se positivamente dos demais grupos. As demais variáveis de vigor e de geometria como plântulas anormais (%PA) (4,8%) de comprimento da parte aérea (CPA) (3,27 cm), área (0,58 cm²), circularidade (0,73 cm) responderam de forma intermediária. Observa-se também redução em relação ao perímetro das sementes (3,12 cm).

O grupo II proporcionou o agrupamento de três genótipos. Entres estes, é possível observar que o grupo alcançou média de 84% de plântulas anormais (%PA) e 10,17% de germinação (%G). Por conseguinte, o grupo alcançou o menor IVG (4,2), redução do comprimento da parte aérea (CPA) (1,26 cm) e comprimento do sistema radicular (CSR) (0,94 cm). Em relação às variáveis geométricas, nota-se um incremento na área das sementes (0,68 cm²) e na circularidade (0,77 cm), enquanto o perímetro dos genótipos destaca-se de forma intermediária (3,30 cm).

O grupo III foi composto de cinco genótipos. Neste grupo, a média de porcentagem de germinação (%G) alcançada foi de 88,6%, enquanto a variável plântulas anormais (%PA) foi de 8,8%. Em relação ao comprimento das plântulas, nota-se maior comprimento da parte aérea (CPA) (3,33 cm) quando comparado aos demais grupos. Além disso, esse grupo demonstra incremento na variável geométrica Perímetro da semente, com média de 7,41 cm, e redução na área (0,54 cm²) e circularidade (0,72 cm) das sementes. As variáveis IVG (4,8) e comprimento do sistema radicular (CSR) (3,24 cm) responderam de forma intermediária em relação aos demais grupos.

O espaçamento indicado pelo comprimento das barras horizontais e as ramificações no dendrograma permitem a visualização da magnitude das

distâncias e aproximações dos genótipos. No dendrograma, observa-se que os genótipos 4, 13, 15, 18 e 29 pertencentes ao grupo I foram os que mais se distanciaram geneticamente dos demais grupos (Figura 1). Os mesmos apresentaram maior perímetro das sementes, com destaque para o genótipo 29 que se destacou com maior perímetro (Tabela 4).

Na Figura 2, os genótipos foram dispostos no mapa conforme sua localização geográfica de origem, além de serem identificados por grupos formados no dendrograma. No grupo I, a maioria dos genótipos está localizada no município de Marilândia, seguidos de Vila Valério e Nova Venécia, e os demais estão nas cidades de Jaguaré, Aracruz, São Mateus, Rio Bananal, Sooretama, Linhares, Itabela- BA e Teixeira de Freitas- BA. No grupo II os genótipos estão localizados nos municípios de São Mateus, Nova Venécia e Aracruz. No grupo III a maioria dos genótipos está localizada no município de São Mateus, os demais em Nova Venécia e Pinheiros.

No estudo da diversidade genética, a importância relativa das oito variáveis foi analisada pelo método de Singh (1981). Constatou-se que a característica que mais contribuiu para a divergência foi o perímetro da semente, com 61,29%, sendo esta uma característica geométrica da semente. Verificou-se que a característica com menor contribuição foi porcentagem de germinação (0,61%) (Figura 3).

Tabela 5: Agrupamento dos 43 genótipos de *C. canephora*, pelo método UPGMA considerando oito características de qualidade fisiológica das sementes

Grupos	Identificação	Genótipos
I	7, 35, 20, 17, 14, 11, 9, 3, 32, 21, 24, 41, 10, 40, 12, 33, 8, 31, 43, 36, 1, 26, 38, 23, 42, 28, 37, 19, 22, 30, 16, 6, 34, 39, 2	Imbigudinho, P1, Z40, Peneirão, L80, Beira Rio 8, Graudão HP, Bicudo, P2, Z29, Z37, Ouro negro 1, Valcir P, Emcapa 143, Tardio V, Emcapa 02, AD1, Cheique, Clementino, LB1, Verdim R, Z36, Verdim D, Z18, Ouro negro 2, 18, 122, Z35, Z38, A1, Pirata, CH1, Emcapa 153, Sementes, B01
II	27, 25, 5	Ouro Negro, Z21, 700
III	18, 15, 4, 29, 13	Z39, Bamburral, Alecrim, Tardio C, AP

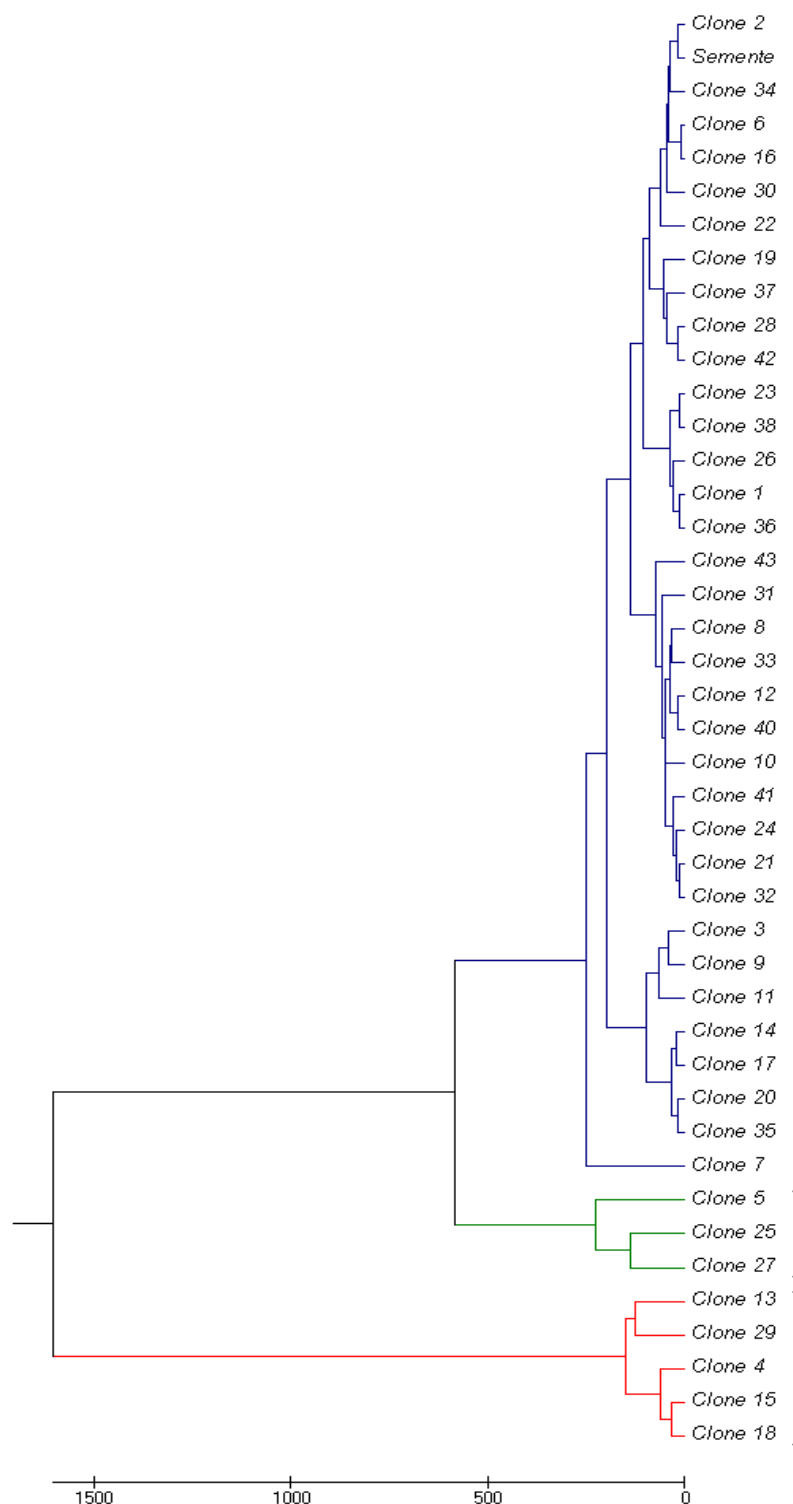


Figura 1: Dendrograma representando a dissimilaridade genética entre 43 genótipos de *Coffea canephora*, considerando oito características de qualidade fisiológica das sementes. As distâncias genéticas foram consideradas mediante a distância generalizada de Mahalanobis e foi utilizado o método do UPGMA como critério de agrupamento.

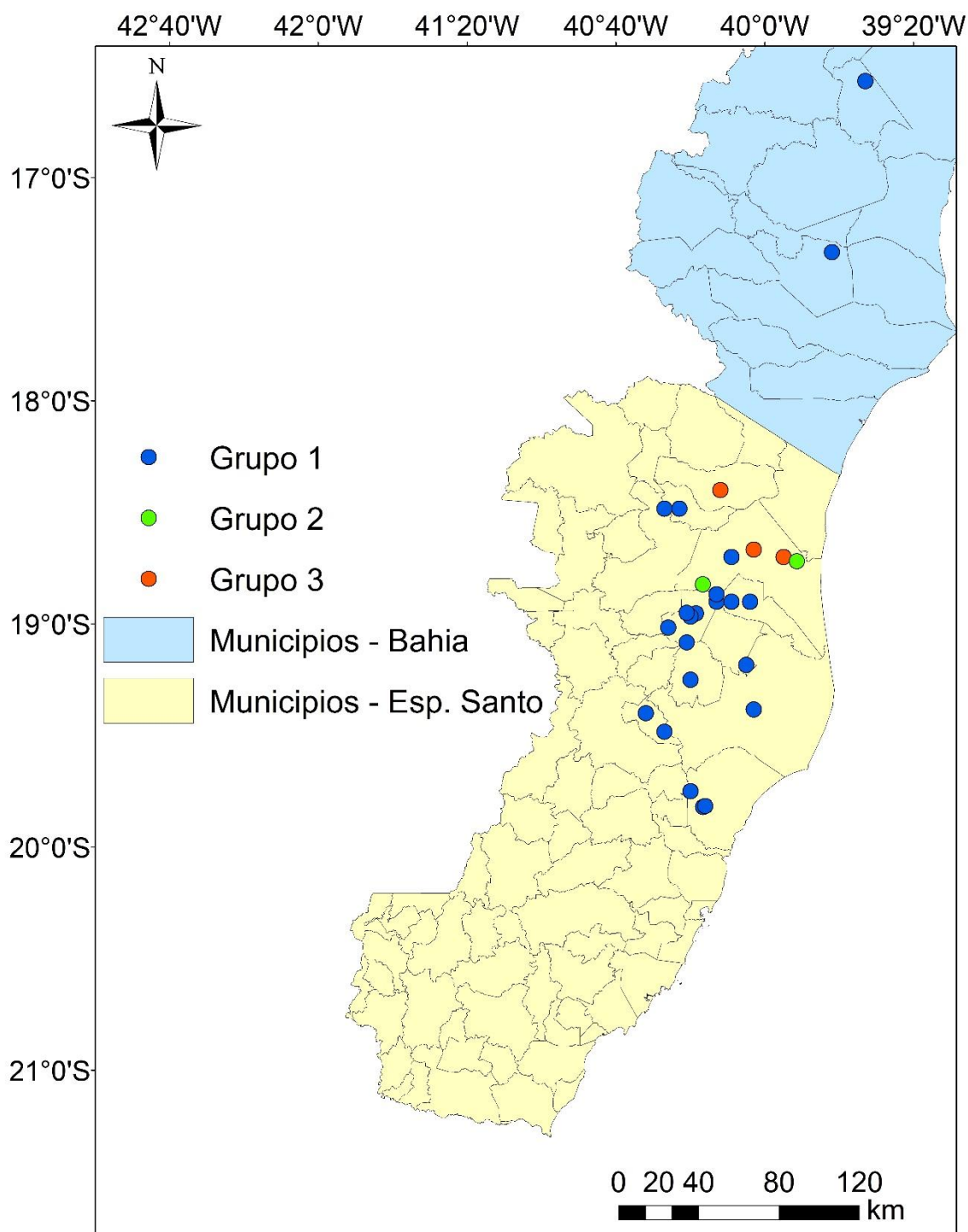


Figura 2: Disposição de 43 genótipos na localização geográfica de origem e identificados por grupos formados no dendrograma

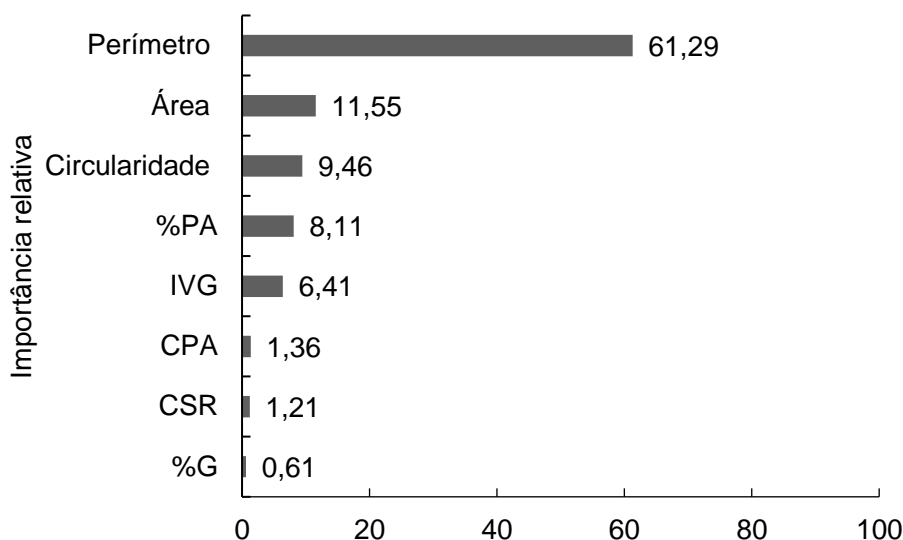


Figura 3: Importância relativa de oito variáveis, Perímetro das sementes, Área, Circularidade, Porcentagem de Plântulas anormais (%PA), Índice de velocidade de germinação (IVG), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Porcentagem de Germinação (%G), analisadas mediante o critério de Singh (1981) baseado na distância de Mahalanobis.

DISCUSSÃO

Em um programa de melhoramento, a variabilidade genética é de suma importância entre os genótipos. A partir deste conhecimento, é possível melhorar a eficiência na identificação e momento da combinação entre os genótipos, garantindo populações com maior variabilidade genética (Rocha et al., 2013). De acordo com o resultado exposto na Tabela 2, é possível evidenciar que existe variabilidade genética entre os genótipos estudados.

As estimativas das variâncias e da herdabilidade são baseadas na variação existente em uma característica que pode ocorrer devido a diferentes causas. Os principais contribuintes para a variação fenotípica são as diferenças nos genes e, por meio da estimativa dos parâmetros genéticos, é possível determinar se a variância é devido às diferenças genéticas ou é uma resposta em relação ao ambiente (Brookfield, 2012).

Analisando as variâncias genotípicas, fenotípicas e ambientais (Tabela 2), observa-se que para todas as variáveis, a variância fenotípica é influenciada pela variância genotípica, portanto, grande parte destas características é expressa geneticamente, com o ambiente exercendo pouca influência. Resultados semelhantes são encontrados no trabalho de Donkor et al. (2020) com genótipos de *C. canephora*.

Com relação à herdabilidade (Tabela 2), o peso de mil sementes (PMS) alcança maior valor em comparação às demais variáveis. Esse mesmo comportamento é observado no trabalho de Cardoso et al. (2009) com sementes de *Carica papaya*, que demonstram herdabilidade de 95,62% em massa de mil sementes e 81,18% para germinação. Resultados semelhantes também foram encontrados nos trabalhos de Weldemichael et al. (2017), demonstrando herdabilidade de 80,21% no peso de cem grãos de *C. arabica*.

Com a análise da variância fenotípica das variáveis em estudo (Tabela 2), nota-se que, apesar de todas as características serem expressas geneticamente, a variância fenotípica do peso de mil sementes (PMS) foi menos influenciada pelo ambiente, justificando o porquê da herdabilidade, no sentido amplo, ser maior do que para as demais variáveis. Além do PMS, outras características geométricas (área, circularidade e perímetro) e de vigor (IVG, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR) também foram pouco influenciadas. Desta forma, as variáveis mais afetadas por fatores ambientais foram a germinação (%G), plântulas anormais (%PA), porcentagem de sementes chatas (%SC) e porcentagem de sementes mocas (%SM). Assim, nota-se que não existe um comportamento único para a herdabilidade expressa nas sementes, e que a herdabilidade será determinada pela origem genética ou as condições em que a semente amadureceu.

No índice de variação (I_v), todas as variáveis alcançaram valores superiores a 1,0 (Tabela 2). Segundo Yokomizo e Farias Neto (2003), os valores de índice de variação tendem a ser maior ou menor que 1,0, sendo que os maiores valores indicam maior influência genética do que ambiental. O índice de variação (I_v), juntamente com a herdabilidade, é utilizado como indicativos para facilitar o processo de seleção no melhoramento (Yokomizo e Farias Neto, 2003 e Rodrigues et al., 2012). Altos valores de herdabilidade sugerem grandes possibilidades de ganho genético (Cruz et al., 2014), e o índice de variação (I_v)

indica a chance de sucesso para a seleção de genótipos superiores, além de facilitar na escolha do método mais adequado, lançando mão de métodos mais simples de melhoramento (Rodrigues et al., 2012). Como se pode observar, os maiores valores de índice de variação (*Iv*) estão presentes nas variáveis de perímetro e peso de mil sementes (PMS), indicando que a seleção para estes caracteres apresenta as condições mais favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos.

Estudos por meio das correlações fenotípicas permitem avaliar a associação entre características distintas. Essas informações, juntamente com as estimativas de herdabilidade de cada variável, garantem progressos mais rápidos no melhoramento. Segundo Devore (2006), os valores de correlação muito fracas variam de 0,00 a 0,19; de 0,20 a 0,39, correlação fraca; de 0,40 a 0,69, correlação moderada; de 0,70 a 0,89, correlação forte; e de 0,90 a 1,00, correlação muito forte.

Com base nos resultados da Tabela 3, a correlação negativa entre germinação (%G) e a porcentagem de plântulas anormais (%PA) demonstra que os valores são inversamente proporcionais. A variável porcentagem de germinação apresenta herdabilidade de 99,22% e, portanto, é possível obter melhores respostas por meio da estimativa dessa característica (Tabela 2). Mesmo resultado é observado no trabalho de Giomo et al. (2004) com sementes de *C. arabica*. Além disso, também houve correlação moderada positiva entre germinação (%G) e comprimento da parte aérea (CPA), indicando que há possibilidade de obter genótipos com maior número de plântulas normais e com maior desenvolvimento da parte aérea. Também ocorreu correlação moderada negativa entre porcentagem de plântulas anormais (%PA) com comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento do sistema radicular (CSR), indicando que plântulas anormais apresentam menor crescimento, não estando aptas para a sobrevivência em condições de campo (Tabela 3).

Ainda sobre os dados na Tabela 3, houve correlação muito forte negativa entre as sementes chatas (%SC) e as sementes mocas (%SM), demonstrando que quanto maior a porcentagem de sementes chatas menor será a de sementes mocas. Os lotes de sementes de café são constituídos principalmente desses dois tipos de sementes, além de outros materiais indesejáveis que podem interferir na pureza física e na qualidade do lote (Giomo et al., 2008). De acordo com a Tabela

4, os genótipos 3 e 21 alcançaram maior porcentagem de sementes mocas. Normalmente, este tipo de material não é atrativo em um lote de sementes. Quanto ao vigor, ambos os genótipos alcançaram valores acima de 94% na germinação (Tabela 4). Pelo fato dessas variáveis (germinação (%G) e porcentagem de sementes mocas (%SM)) não se correlacionarem (Tabela 3), podemos inferir que esse tipo de semente não influencia na qualidade fisiológica das plântulas.

A correlação perfeita positiva entre a área da semente e o peso de mil sementes (PMS) demonstra que quanto maior o tamanho da semente, maior o peso (Tabela 3). No entanto, neste trabalho, essas variáveis não influenciaram na qualidade fisiológica das sementes, como foi observado no trabalho de Vinhal-Freitas et al. (2011) com sementes de soja, onde as sementes de maior tamanho alcançaram maior porcentagem de plântulas normais. No presente estudo, os genótipos com maior área de semente (genótipo 11) e peso de mil sementes (genótipo 35), não se destacam com maior porcentagem de plântulas normais. Contudo, o genótipo 9 alcançou maior peso de mil sementes e germinação superior a 95% (Tabela 4). Portanto, as variáveis em destaque não exercem influência no vigor e germinação das sementes.

Por meio das médias aritméticas (método UPGMA), os genótipos foram agrupados aos pares, aproximando-os com maior similaridade. A partir deste agrupamento, nota-se a formação de três grupos (Tabela 5). A quantidade de grupos formados demonstra que existe ampla variabilidade genética entre os genótipos estudados, e o alto valor do coeficiente cofenético (0,9487) indica um ajuste muito bom entre a matriz de dissimilaridade e o gráfico. Covre et al. (2016) trabalhando com mudas de 34 genótipos de *C. canephora* e Silva et al. (2020) com 43 genótipos de *C. canephora*, ambos autores estudaram genótipos presentes neste trabalho, observaram a formação de sete grupos e quatro grupos, respectivamente. Fonseca et al. (2006), com estudo de 32 genótipos de café Conilon, e Giles et al. (2018) com 30 genótipos de café Conilon, observaram a formação de três grupos. Apenas os resultados apresentados por Fonseca et al. (2006) e Giles et al. (2018) corroboram este trabalho, demonstrando a mesma quantidade de agrupamento. No entanto, vale ressaltar que as avaliações presentes neste estudo são relacionadas às características de sementes e todos os autores citados trabalharam com características da planta.

Como observado na Figura 1, cada grupo apresenta uma característica determinante. O grupo I alcançou maior IVG, porcentagem de germinação (%G) e comprimento do sistema radicular (CSR). Enquanto o grupo II se destaca com características geométricas de área e circularidade. Os genótipos 4, 13, 15, 18 e 29 pertencentes ao grupo III, foram os genótipos que mais se distanciaram geneticamente dos demais (Tabela 4). Estes genótipos alcançaram maior comprimento de parte aérea (CPA) e perímetro de sementes, sendo esta uma característica de maior contribuição para a diversidade (Figura 3). Segundo Valeriano et al. (2019), dentro da mesma espécie podem ocorrer variações individuais na biometria das sementes, em função das condições ambientais e características genéticas durante o seu desenvolvimento. De acordo com o mesmo autor, estudos voltados para a morfologia das sementes contribuem para o conhecimento das espécies, permitindo correlacionar características físicas e fisiológicas, servindo de pré-requisitos para os estudos sobre o vigor, secagem e armazenamento, que contribua para o melhoramento da espécie.

Todos os genótipos se encontram na Região Norte do Estado do Espírito Santo e na Região Sul da Bahia (Figura 2). Como se pode observar, os grupos não apresentam um padrão de dispersão. Vale ressaltar que todos os genótipos foram coletados nas regiões como demonstrado na Figura 2 e replantados na região de Nova Venécia, onde foi realizada a colheita dos frutos para o presente estudo.

As primeiras lavouras de *C. canephora* introduzidas no Estado do Espírito Santo ocorreram nos municípios de Cariacica, Cachoeiro de Itapemirim e Itabapoana e, posteriormente, foram levadas para a Região Norte do Estado (Partelli, 2016). Inicialmente, havia maior concentração de lavouras na Região Sul e, posteriormente, foram expandindo para a Região Norte do Estado (Ferrão et al., 2017). Assim, pode-se inferir que os genótipos, principalmente os do Sul da Bahia, como observado na Figura 2, tenham sido levados do Espírito Santo.

No melhoramento de plantas, é de grande interesse a seleção de genótipos superiores que expressem as melhores características e que apresentem divergência, para garantir variabilidade nas próximas gerações filiais. A partir do método de Singh (1981), pela importância relativa, a característica que mais contribuiu para a divergência foi o perímetro da semente, e a característica com menor contribuição foi a porcentagem de germinação (Figura 3). Resultados

semelhantes foram encontrados no trabalho de Fachi et al. (2019) em que as variáveis de geometria contribuíram para quantificar a diversidade genética entre famílias de irmãos completos (*Passiflora edulis*). Apesar da baixa contribuição na variável porcentagem de germinação (%G), o descarte da mesma não é sugerido, por possuírem contribuições importantes para a discriminação da divergência genética da população.

CONCLUSÕES

Observa-se elevada diversidade genética entre os 43 genótipos de *C. canephora*, o que contribuirá para futuros estudos de melhoramento genético. Através da estimativa dos parâmetros genéticos, nota-se que todas as variáveis estão sendo influenciadas por fatores genéticos. As variáveis alcançaram valores herdabilidade no sentido amplo (h^2) acima de 96%. Na estimativa do índice de variação, houve variação de 2,73 no comprimento do sistema radicular a 17,98 no peso de mil sementes, indicando que a seleção para todos os caracteres estudados apresenta as condições favoráveis em termo de ganho imediato. Os genótipos Alecrim, Bamburral, Z39, AP, Tardio C são os mais divergentes. O método hierárquico UPGMA contribuiu para a formação de seis grupos, sendo a característica perímetro das sementes a que mais contribui para explicar a dissimilaridade entre os genótipos. A massa e o tamanho das sementes não influenciaram na germinação e vigor das sementes de *C. canephora*, assim como o formato da semente chato ou moca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L., Sparovek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728.

- Bragança, S.M., Carvalho, C.H.S.D., Fonseca, A.F.A.D., Ferrão, R.G. (2001) Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (5):765-770.
- Brasil (2009) *Regras para análise de sementes*: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 395p.
- Brookfield, J.F. (2012) Heritability. *Current Biology*, 22 (7):217-219.
- Cardoso, D.L., Silva, R.F.D., Pereira, M.G., Viana, A.P., Araújo, E.F. (2009) Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. *Revistas Ceres*, 56 (5):572-579.
- Covre, A.M., Canal, L., Partelli, F.L., Alexandre, R.S., Ferreira, A., Vieira, H.D. (2016) Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. *Australian Journal of Crop Science*, 10 (3):385-392.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S., Regazzi, A.J. (2014) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, 514p.
- Cruz, C.D. (2013) *Programa Genes: Análise Multivariada e Simulação*. 1 ed. Viçosa, MG: UFV, 175p.
- Davis, A.P., Tosh, J., Ruch, N., Fay, M.F. (2011) Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167 (4):357-377.
- Devore, J.L (2006) *Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências*. 6 ed. Thomson Pioneira: São Paulo, 706p.
- Donkor, E.F., Ohene-Asare, D., Adjei, R.R. (2020) Association and variability studies for yield and yield components of robusta coffee hybrids (*Coffea canephora*). *Journal of Genetics, Genomics & Plant Breeding* 4 (3):103-111.
- Dubberstein, D., Partelli, F.L., Guilhen, J.H.S., Rodrigues, W.P., Ramalho, J.C., Ribeiro-Barros, A.I. (2020) Biometric traits as a tool for the identification and breeding of *Coffea canephora* genotypes. *Genetics and Molecular Research*, 19 (2):1-17.
- Fachi, L.R., Krause, W., Vieira, H.D., Araújo, D.V., Luz, P.B., Viana, A.P. (2019) Digital image analysis to quantify genetic divergence in passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds. *Genetics and Molecular Research*. 18 (3):1-12.

- Ferrão, R.G., Fonseca, A.F.A., Ferrão, M.A.G., Muner, L.H (2017) *Café conilon*. 2 ed. Atual: Vitória, ES: Incaper, 784p.
- Fonseca, A.F.A.D., Sediyaama, T., Cruz, C.D., Sakaiyama, N.S., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Bragança, S.M. (2006) Divergência genética em café conilon. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 41 (4):599-605.
- Giles, J.A.D., Partelli, F.L., Ferreira, A., Rodrigues, J.P., Oliosi, G., Silva, F. H. L. (2018) Genetic diversity of promising 'conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90 (2):2437-2446.
- Giles, J.A.D., Ferreira, A.D., Partelli, F.L., Aoyama, E.M., Ramalho, J.C., Ferreira, A., Falqueto, A.R. (2019) Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. *Scientia Horticulturae*, 245, 231-236.
- Giomo, G.S., Razera, L.F., Gallo, P.B. (2004) Beneficiamento e qualidade de sementes de café arábica. *Bragantia*, 63 (2):291-297.
- Giomo, G.S., Nakagawa, J., Gallo, P.B. (2008) Beneficiamento de sementes de café e efeitos na qualidade física. *Bragantia*, 67 (4):997-1010.
- Ivoglo, M.G., Fazuoli, L.C., Oliveira, A.C.B.D., Gallo, P.B., Mistro, J.C., Silvarolla, M.B., Toma-Braghini, M. (2008) Divergência genética entre progênies de café robusta. *Bragantia*, 67 (4):823-831.
- Macedo, C.M.P.D., Lopes, J.C. (2008). Qualidade fisiológica de semente de café arábica na presença de alumínio. *Revista Brasileira de Sementes*, 30 (1):66-73.
- Maguire, J.D. (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science, Madison*, 2 (2):176-177.
- Martins, M.Q., Partelli, F.L., Ferreira, A., Bernardes, C.de.O., Golynski, A., Vieira, H.D, Freitas, M.S.M., Ramalho, J.C. (2019) Genetic variability on nutrient contents in *Coffea canephora* genotypes cultivated at 850 meters of altitude in two crop seasons. *Functional Plant Breeding Journal*, 1 (1):1-12.
- Partelli, F.L. (2016) *História de VILA VALÉRIO: Colonização, Desenvolvimento e Café Conilon*. 1 ed. Vila Valério, ES, 164p.
- Partelli, F.L., Covre, A.M., Oliosi, G., Covre, D. T. (2020) Monte Pascoal: Primeira Cultivar para Bahia. In: Partelli, F.L., Campanharo, A. *Café conilon: Desafios e oportunidades*. Espírito Santo: CAUFES, p.15-22a.

- Partelli, F.L., Giles, J.A.D., Olios, G., Covre, A.M., Ferreira, A., Rodrigues, V.M. (2020) Tributun: a coffee cultivar developed in partnership with farmers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20 (2):1-4b.
- Partelli, F.L., Golynski, A., Ferreira, A., Martins, M.Q., Mauri, A.L., Ramalho, J.C., Vieira, H.D. (2019). Andina-first clonal cultivar of high-altitude conilon coffee. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 19 (4):476-480.
- Rocha, R.B., Vieira, D.D.S., Ramalho, A.R., Teixeira, A.L. (2013) Caracterização e uso da variabilidade genética de banco ativo de germoplasma de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. *Coffee Science*, 8 (4):478-485.
- Rodrigues, W.N., Tomaz, M.A., Ferrão, R.G., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A.D., Miranda, F.D.D. (2012) Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café conilon. *Coffee Science*, 7 (2):177-186.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B., Cunha, T. (2018) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 187p.
- Silva, L.O.E., Schmidt, R., Valani, G.P., Ferreira, A., Ribeiro Barros, A.I., Partelli, F.L. (2020) Root Trait Variability in *Coffea canephora* Genotypes and Its Relation to Plant Height and Crop Yield. *Agronomy*, 10 (9):1394.
- Singh, D. (1981) The relative importance of characters affecting genetic divergence. *Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*, 41:237-245.
- Valeriano, F.R., Nery, M.C., Pinto, N.A.V.D., Melo Campos, A.R.de, Santos, A.O,dos, Fialho, C.M.T. (2019) Morfologia de sementes de gergelim. *Acta Iguazu*, 8 (2):23-36.
- Vareltzis, P., Gargali, I., Kiroglou, S., Zeleskidou, M. (2020) Production of instant coffee from cold brewed coffee; process characteristics and optimization. *Food Science and Applied Biotechnology*, 3 (1):39-46.
- Vázquez, N., López-Fernández, H., Vieira, C.P., Fdez-Riverola, F., Vieira, J., Reboiro-Jato, M. (2019) BDBM 1.0: a desktop application for efficient retrieval and processing of high-quality sequence data and application to the identification of the putative *Coffea* s-locus. *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*, 11 (1):57-67.
- Vinhal-Freitas, I.C., Nunes Junior, J.E.G., Segundo, J.P., Vilarinho, M.S. (2011) Germinação e vigor de sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. *Agropecuária Técnica*, 32 (1):108-114.

- Weldemichael, G., Alamerew, S., Kufa, T. (2017) Genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits in coffee (*Coffea arabica* L.) accessions in Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 12 (21):1824-1831.
- Yokomizo, G.K.I., Farias Neto, J.T.D. (2003) Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de pupunheira para palmito. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38 (1):67-72.

3.2 INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES VIA CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FISIOLÓGICAS DE SEMENTES DE *Coffea canephora*

RESUMO

O café conilon é uma espécie com autoincompatibilidade do tipo gametofítica, formando a partir do cruzamento, plantas heterozigotas e com alta variabilidade genética. O melhoramento do cafeeiro vem utilizando técnicas a fim de explorar a variabilidade existente entre os materiais, contribuindo para a seleção de genótipos com melhores características. A partir disso, objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos de características fisiológicas e físicas de sementes de 43 genótipos de *Coffea canephora*, com base no genótipo e na interação Genótipo x Ano, a fim de estabelecer estratégias de melhoramento visando dar subsídios para futuros trabalhos com a espécie. Para a realização do estudo, o material foi coletado em estádio cereja, despulpados e submetidos à avaliação de 11 características fisiológicas e físicas, incluindo índice de velocidade de germinação, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas anormais, comprimento de parte aérea e comprimento do sistema radicular, peso de mil sementes, porcentagem de sementes chatas, porcentagem de sementes mocas, juntamente com a fenotipagem digital das sementes (área, circularidade e perímetro) utilizando o equipamento *GroundEye*[®]. Através do programa estatístico Genes, foram realizadas as análises individuais para os anos de 2019 e 2020. Também foram estimados os parâmetros genéticos de variância

ambiental, variância fenotípica, variância genotípica, herdabilidade no sentido amplo e índice de variação. Nas análises conjuntas foram estimados os parâmetros genéticos de variância genotípica, variância da interação genótipo por ambiente, herdabilidade no sentido amplo, e índice de variação, juntamente com o agrupamento de médias referentes aos anos de 2019 e 2020. Observou-se variabilidade genética entre os genótipos para todas as características físicas e fisiológicas. As estimativas de herdabilidade no sentido amplo (h^2) alcançaram valores superiores a 97,67%, e de índice de variação, destaca que o peso de mil sementes (PMS), dentre as demais variáveis apresentam condições favoráveis para a seleção. Os genótipos Imbigudinho, Z38, LB1, 122, Bicudo e Emcapa 153 apresentam respostas semelhantes para no mínimo três características físicas e/ou fisiológicas comparadas nos anos de estudo. O genótipo Z21 não se destacou como genótipo promissor para os programas de melhoramento genético, voltados para estudos com sementes.

ABSTRACT

Conilon coffee is a species with self-incompatibility of the gametophytic type, forming from the crossing, heterozygous plants and with high genetic variability. The improvement of the coffee tree has been using techniques in order to explore the existing variability between the materials, contributing to the selection of genotypes with better characteristics. From this, the objective of this work was to estimate the genetic parameters of physiological and physical characteristics of seeds of 43 genotypes of *Coffea canephora*, based on the genotype and the Genotype x Year interaction, in order to establish breeding strategies aiming at providing subsidies for future work with the species. To carry out the study, the material was collected in cherry stage, pulped and submitted to the evaluation of 11 physiological and physical characteristics, including germination speed index, germination percentage, percentage of abnormal seedlings, , length of aerial part and length of the root system, weight of a thousand seeds, percentage of flat seeds, percentage of peaberry seeds, together with digital seed phenotyping (area, circularity and perimeter) using the GroundEye® equipment. Through the

Genes statistical program, individual analyzes were carried out for the years 2019 and 2020. The genetic parameters of environmental variance, phenotypic variance, genotypic variance, heritability in the broad sense and variation index were also estimated. In the joint analyzes, the genetic parameters of genotypic variance, variance of the genotype interaction by environment, heritability in the broad sense, and variation index were estimated, together with the grouping of averages for the years 2019 and 2020. Genetic variability was observed between genotypes for all physical and physiological characteristics. The estimates of heritability in the broad sense (h^2) reached values above 97.67%, and the variation index highlights that the weight of a thousand seeds (PMS), among the other variables, present favorable conditions for selection. The Imbigudinho, Z38, LB1, 122, Bicudo and Emcapa 153 genotypes show similar responses for at least three physical and/or physiological characteristics compared in the years of study. The Z21 genotype did not stand out as a promising genotype for genetic improvement programs aimed at seed studies.

INTRODUÇÃO

O Brasil segue como líder mundial na produção de *Coffea*, com 49,31 milhões de sacas beneficiadas no ano de 2019, correspondendo a 70% da produção de café arábica (*C. arabica*) e 30% de conilon (*C. canephora*) (Conab, 2020). Na produção do café conilon destaca-se o Estado do Espírito Santo com a maior produção, seguido de Bahia e Rondônia (Conab, 2020).

O café conilon é uma espécie diploide ($2n= 2x= 22$), alógama, a qual se reproduz por polinização cruzada e apresenta autoincompatibilidade do tipo gametofítica. Assim, não conseguem se autofecundar ou fecundar indivíduos com a mesma constituição genética nos gametas reprodutivos (Vázquez et al., 2019).

Por conta da autoincompatibilidade genética, as plantas formadas desses cruzamentos são heterozigotas e com alta variabilidade genética, sendo essa uma situação favorável para os programas de melhoramento (Vázquez et al., 2019).

A disponibilidade de populações com diversidade genética irá facilitar no momento da seleção de genótipos, contribuindo para a formação de culturas com menor vulnerabilidade aos estresses bióticos e abióticos, com elevada produção e com melhores características vegetativas (Derero et al., 2017; Machado et al., 2017).

Os parâmetros genéticos e fenotípicos podem auxiliar no direcionamento e nos estudos da variabilidade existente nos genótipos do cafeeiro. São estimados parâmetros como a variância genotípica, variância fenotípica, variância ambiental e herdabilidade. A herdabilidade representa a proporção fenotípica que será passada para a próxima geração, além de estimar quanto da variabilidade está relacionada aos efeitos genéticos e quanto está relacionada aos efeitos ambientais (Weldemichael et al., 2017). Outro parâmetro genético muito utilizado é o índice de variação, indicando chance de sucesso para a seleção de genótipos superiores e auxiliando a escolha do método de melhoramento mais adequado (Rodrigues et al., 2012).

Vários autores como Resende et al. (2001), Mistro et al. (2004), Ferrão et al. (2008), Mistro et al. (2007), Weldemichael et al. (2017) e Donkor et al. (2020) utilizaram dessas técnicas a fim de obter estimativas genéticas para diversas características morfoagronômicas do cafeeiro, envolvendo produção, arquitetura de planta, peso e tamanho do grão e do fruto. No entanto, nota-se escassez de trabalhos para características físicas e fisiológicas das sementes do cafeeiro. O que possivelmente facilitaria a seleção por meio do estudo precoce de vigor e germinação, contribuindo para futuros trabalhos com a espécie.

Assim, objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos de características fisiológicas e físicas de sementes de 43 genótipos de *Coffea canephora*, com base no genótipo e na interação Genótipo x Ano, a fim de estabelecer estratégias de melhoramento visando dar subsídios para futuros trabalhos com a espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Genótipos e condições experimentais

Foram avaliados 43 genótipos de *C. canephora*, sendo 42 oriundos de propagação vegetativa e um genótipo oriundo de sementes (Tabela 1). Os frutos foram coletados em estágio cereja nos anos de 2019 e 2020. O material foi coletado em experimento instalado no município de Nova Venécia, Espírito Santo, Brasil em abril do ano de 2014, localizada a uma latitude 18°39'43" sul e longitude 40°25'52" oeste, altitude de 200 metros, e temperatura média anual de 23°C. A região possui clima tropical, caracterizado por verões quentes e úmidos, e invernos secos, classificados como Aw, de acordo com a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (Santos et al., 2018). O experimento foi conduzido em blocos casualizados com três repetições, e cada unidade experimental foi composta de sete plantas por tratamento, com espaçamento de três metros entre fileiras, e um metro entre as plantas.

Após a coleta, os frutos foram enviados ao Laboratório do Setor de Produção e Tecnologia de Sementes da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (CCTA-UENF), em Campos dos Goytacazes, RJ, onde foram realizados os experimentos.

Tabela 1: Identificação dos 43 genótipos de *Coffea canephora*, que foram coletados em Nova Venécia- ES, 2020

ID	Nome	ID	Nome	ID	Nome
1	Verdim R	15	Bamburral	29	Tardio C
2	B01	16	Pirata	30	A1
3	Bicudo	17	Peneirão	31	Cheique
4	Alecrim	18	Z39	32	P2
5	700	19	Z35	33	Emcapa 02
6	CH1	20	Z40	34	Emcapa 153
7	Imbigudinho	21	Z29	35	P1
8	AD1	22	Z38	36	LB1
9	Graudão HP	23	Z18	37	122
10	Valcir P	24	Z37	38	Verdim D
11	Beira Rio 8	25	Z21	39	Sementes
12	Tardio V	26	Z36	40	Emcapa 143
13	AP	27	Ouro Negro	41	Ouro negro 1
14	L80	28	18	42	Ouro negro 2
				43	Clementino

Genótipo 33 pertence à cultivar Emcapa 8111 e genótipos 34 e 39 à cultivar Emcapa 8131 (Bragança et al., 2001). Genótipos 30 e 35 pertencem à cultivar Andina (Partelli et al., 2019), 8, 7, 13, 17, 32, 36 pertencem à cultivar Monte Pascoal (Partelli et al., 2020a), 1, 11, 15, 16, 30 e 43 pertencem à cultivar Tributun (Giles et al., 2019, Partelli et al., 2020b). ID: identificação.

Características avaliadas

Inicialmente, os frutos foram despulpados manualmente e deixados sobre a bancada em temperatura ambiente até atingirem umidade entre 14% e 15%, determinada com o auxílio do DOLE 500. Antes de ser disposta para germinação, a semente ficou armazenada por um dia em câmara fria na temperatura de 10°C.

Inicialmente, o endosperma foi removido das sementes e, posteriormente, realizados os testes fisiológicos e físicos. Foram avaliadas 11 características, sendo seis características físicas (Peso de Mil sementes, Porcentagem de sementes chatas, Porcentagem de sementes mocas, e características geométricas de Área, Circularidade e Perímetro) e cinco características

fisiológicas (Índice de velocidade de germinação, Teste de germinação, Porcentagem de Plântulas anormais, Comprimento da parte aérea e Comprimento do sistema radicular).

Em relação às variáveis físicas, para se obter o peso de mil sementes (PMS), foram pesadas oito repetições de 100 sementes em balança analítica de precisão (0,0001 g) conforme Brasil (2009). Os resultados foram expressos em peso médio de mil sementes (g). Para avaliar a porcentagem de sementes moca (%SM) e porcentagem de sementes chatas (%SC), foram contabilizadas 10 repetições de 100 sementes para cada genótipo, e contabilizado quantas sementes chatas e mocas haviam por repetição. O resultado foi expresso em porcentagem (Giomo et al., 2004). Para as variáveis geométricas de área, circularidade e perímetro foi utilizado o equipamento *GroundEye*[®] que captura a imagem digital. Foram dispostas na bandeja acrílica quatro repetições de 50 sementes e, após a análise do *software*, os dados foram expressos em centímetros (cm ou cm²).

Para as avaliações fisiológicas, foram realizadas adaptações de acordo com a Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009). Para o teste de germinação (%G), foram dispostas em substrato entre papel umedecido com duas partes de água, quatro repetições de 50 sementes. Todas as repetições antes de serem levadas para germinadores regulados à temperatura de 30°C e fotoperíodo ajustado para oito horas/dia e 16 horas/noite, foram umedecidas com solução de CAPTAN[®] na concentração de 1%. O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados (DBC), e os rolos permaneceram nos germinadores por 30 dias. Após esse período, foram mensuradas a porcentagem de plântulas normais, a porcentagem de plântulas anormais (%PA) e sementes não germinadas. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi adaptado de Maguire (1962). A cada dois dias, durante o período do teste de germinação (30 dias), foram contabilizadas as sementes que emitiram 0,5 cm de radícula. No final do trigésimo dia, foram separadas 10 plântulas dispostas nas primeiras fileiras de cada teste e, com o auxílio de uma régua milimetrada, foram mensurados o comprimento da parte aérea (CPA) e o comprimento do sistema radicular (CSR) (Brasil, 2009).

Análise de variância individual e conjunta

Foram realizadas as análises de variância individual através do modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + E_{ijk}$, em que Y_{ij} é a observação referente do i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco; μ é a constante geral; G_i é o efeito do i -ésimo genótipo, B_j é o efeito do j -ésimo bloco; e E_{ijk} é o erro experimental (\sim NID, 0, σ^2). Também foi realizada a análise conjunta dos dados visando a interação genótipo x Ano (anos de 2019 e 2020), mediante o modelo: $Y_{ijk} = \mu + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$ em que Y_{ijk} é a observação do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente no k -ésimo bloco; μ é a constante geral; G_i é o efeito aleatório do i -ésimo genótipo; B/A_{jk} é o efeito do k -ésimo bloco dentro do ambiente j ; A_j efeito fixo do j -ésimo ambiente; GA_{ij} efeito aleatório da interação entre o i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente; e E_{ijk} é o erro experimental (\sim NID, 0, σ^2). Na análise de variância conjunta considerou-se a fonte de variação dos genótipos fixos e os efeitos dos anos aleatórios.

A partir da análise de variância individual, foram obtidas as estimativas dos parâmetros genéticos: variância genotípica (σ_g^2), variância fenotípica (σ_f^2), variância ambiental (σ_e^2), herdabilidade no sentido amplo (h^2) e o índice de variação (Iv), considerando as expressões propostas por Cruz et al. (2014).

Mediante a análise de variância conjunta foram estimados os componentes de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), variância da interação genótipo por ambiente ($\hat{\sigma}_{gxe}^2$), herdabilidade no sentido amplo (h^2), e índice de variação (Iv). A herdabilidade no sentido amplo foi obtida pelo modelo:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{gxe}^2 + \hat{\sigma}_e^2/r}$$

Em que: $\hat{\sigma}_g^2$ é a variância genotípica; $\hat{\sigma}_{gxe}^2$ é a variância da interação genótipo x ambiente; $\hat{\sigma}_e^2$ é a variância ambiental; r é a média do número de repetições.

As médias dos genótipos foram agrupadas pelo método proposto por Scott Knott (1974), em nível de 5% de significância e as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS

Em relação à análise de variância individual, referente aos anos de 2019 e 2020, foram observadas diferenças significativas pelo teste F a 1% de significância, para todas as características avaliadas, em ambos os anos. Chama-se atenção para os coeficientes de variação (CV%) das variáveis porcentagem de germinação (%G) com aumento de 67% no ano de 2020 e de porcentagem de plântulas anormais (%PA) que foi de 31,16% no ano de 2019 e de 59,89% no ano de 2020, correspondendo a um aumento de 92,2% (Tabela 2).

Mediante as estimativas dos parâmetros genéticos, a variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) foi superior à variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$) para todas as variáveis avaliadas. Nota-se que, em 2020, ocorreu a redução dos parâmetros de variância fenotípica, genotípica e ambiental para as variáveis: índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação (%G), porcentagem de plântulas anormais (%PA), comprimento de parte aérea (CPA), perímetro das sementes e porcentagem de sementes chatas (%SC) e mocas (%SM) (Tabela 3).

Em relação à herdabilidade (h^2), foram alcançados valores superiores a 92%. No entanto, observa-se uma redução desta estimativa do ano de 2020 comparada ao ano de 2019 para todas as variáveis, com exceção da porcentagem de sementes chatas (%SC) e porcentagem de sementes mocas (%SM), que alcançaram incremento de 1% (Tabela 3).

No índice de variação (lv) houve redução no ano de 2020 em comparação com 2019 para: índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação (%G), porcentagem de plântulas anormais (%PA), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR) e do perímetro das sementes (Tabela 3).

Tabela 2: Análise de variância individuais, para as variáveis Índice de velocidade de germinação (IVG), Germinação (%G), Plântulas anormais (%PA), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Área, Circularidade, Perímetro, Peso de mil sementes (PMS), Porcentagem de sementes chatas (%SC) e Porcentagem de Sementes mocas (%SM) de 43 genótipos de *C. canephora* analisadas em dois anos

FV	GL	QM										
		2019										
		IVG	%G	%PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	PMS	%SC	%SM
Blocos	3	0,773	10,605	8,341	0,130	0,131	0,001	0,000	0,008	0,097	13,109	13,109
Genótipos	42	4,942**	1937,493**	1775,573**	3,225**	4,550**	0,0252**	0,008**	8,128**	88,796**	425,032**	425,032**
Resíduo	126	0,048	15,176	11,357	0,076	0,148	0,000	0,000	0,009	0,069	8,991	8,991
Total	171											
CV(%)		4,35	4,52	31,16	8,80	12,33	2,03	0,97	2,54	1,06	3,65	16,66

FV	GL	QM										
		2020										
		IVG	%G	%PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	PMS	%SC	%SM
Blocos	3	0,115	129,078	123,744	0,136	0,682	0,002	0,000	0,022	0,256	3,049	3,049
Genótipos	42	1,345**	676,373**	486,495**	2,257**	5,100**	0,030**	0,015**	0,610**	103,579**	322,643**	322,643**
Resíduo	126	0,034	42,538	36,125	0,100	0,281	0,000	0,000	0,004	0,052	6,325	6,325
Total	171											
CV(%)		4,73	7,55	59,89	11,32	15,56	2,11	0,10	2,00	1,02	2,96	16,76

*, ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros genéticos de variância fenotípica (σ_f^2), variância ambiental (σ_e^2), variância genotípica (σ_g^2), herdabilidade no sentido amplo (h^2) e o índice de variação (I_V) para as variáveis Índice de velocidade de germinação (IVG), Germinação (%G), Plântulas anormais (%PA), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Área, Circularidade, Perímetro, Peso de mil sementes (PMS), Porcentagem de sementes chatas (%SC) e Porcentagem de Sementes mocas (%SM), nos anos 2019 e 2020

Variáveis	Parâmetros genéticos	Anos	
		2019	2020
IVG	$\hat{\sigma}_f^2$	1,236	0,336
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,012	0,008
	$\hat{\sigma}_g^2$	1,223	0,328
	h^2	99,01	97,48
	I_V	5,03	3,11
%G	$\hat{\sigma}_f^2$	484,373	169,093
	$\hat{\sigma}_e^2$	3,794	10,634
	$\hat{\sigma}_g^2$	480,579	158,459
	h^2	99,22	93,71
	I_V	5,63	1,93
%PA	$\hat{\sigma}_f^2$	443,893	121,624
	$\hat{\sigma}_e^2$	2,839	9,031
	$\hat{\sigma}_g^2$	441,054	112,592
	h^2	99,36	92,57
	I_V	6,23	1,77
CPA	$\hat{\sigma}_f^2$	0,806	0,564
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,019	0,025
	$\hat{\sigma}_g^2$	0,787	0,539
	h^2	97,64	95,55
	I_V	3,22	2,31
CSR	$\hat{\sigma}_f^2$	1,38	1,275
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,037	0,070
	$\hat{\sigma}_g^2$	1,101	1,205
	h^2	96,75	94,49
	I_V	2,73	2,07
Área	$\hat{\sigma}_f^2$	0,006	0,008
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,000	0,000
	$\hat{\sigma}_g^2$	0,006	0,007
	h_2	99,46	99,57
	I_V	6,76	7,61

Tabela 3, Cont.

Circularidade	$\hat{\sigma}_f^2$	0,002	0,004
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,000	0,000
	$\hat{\sigma}_g^2$	0,002	0,004
	h_2	99,4	99,69
	I_V	6,47	9,03
Perímetro	$\hat{\sigma}_f^2$	2,032	0,153
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,002	0,001
	$\hat{\sigma}_g^2$	2,029	0,152
	h_2	99,89	99,36
	I_V	15,42	6,25
PMS	$\hat{\sigma}_f^2$	22,199	25,895
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,017	0,013
	$\hat{\sigma}_g^2$	22,181	25,882
	h_2	99,92	99,95
	I_V	17,98	22,32
%SC	$\hat{\sigma}_f^2$	106,257	80,661
	$\hat{\sigma}_e^2$	2,247	1,581
	$\hat{\sigma}_g^2$	104,010	79,080
	h_2	97,88	98,04
	I_V	3,40	3,54
%SM	$\hat{\sigma}_f^2$	106,257	80,661
	$\hat{\sigma}_e^2$	2,247	1,581
	$\hat{\sigma}_g^2$	104,010	79,080
	h_2	97,88	98,04
	I_V	3,40	3,54

Na análise conjunta, foram observadas diferenças significativas nos genótipos (G) e na interação (G x A) pelo teste F ($p < 0,01$) para todas as características analisadas. Quanto aos anos (A), foram observadas diferenças significativas apenas na variável índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 8). Os componentes de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) foram superiores ao componente de variância de interação ($\hat{\sigma}_{gxe}^2$) em todas as variáveis avaliadas. Em relação ao parâmetro de herdabilidade no sentido amplo (h^2), as variáveis alcançaram estimativas superiores a 97,67% (Tabela 4).

O índice de variação (I_V) oscilou entre os caracteres, com valor mínimo de 1,67 para o comprimento do sistema radicular (CSR) e máximo de 18,83 no peso de mil sementes (PMS) (Tabela 4).

Tabela 4: Análise de variância conjunta dos anos de 2019 e 2020 para as variáveis Índice de velocidade de germinação (IVG), Germinação (%G), Plântulas anormais (%PA), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Área, Circularidade, Perímetro, Peso de mil sementes (PMS), Porcentagem de sementes chatas (%SC) e Porcentagem de Sementes mocas (%SM), juntamente com os componentes de variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), variância da interação genótipo por ambiente ($\hat{\sigma}_{gxe}^2$), herdabilidade no sentido amplo (h^2), e índice de variação (Iv)

FV	GL	QM										
		IVG	%PN	%PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	PMS	%SC	%SM
Bloco/Ano	6	0,096	69,841	66,043	0,133	0,406	0,001	0,000	0,015	0,177	8,099	8,099
Genótipo	42	4,671**	1554,567**	1299,822**	3,789**	5,019**	0,049**	0,021**	5,146**	171,046**	632,500**	632,500**
Ano	1	117,596**	1,965 ^{ns}	52,197 ^{ns}	9,678 ^{ns}	6,911 ^{ns}	0,122 ^{ns}	0,027 ^{ns}	22,907 ^{ns}	466,543 ^{ns}	764,131 ^{ns}	764,131 ^{ns}
Gen, X Ano	84	3,144**	1306,933**	1131,033**	2,741**	4,825**	0,027**	0,011**	4,369**	96,186**	373,844**	373,844**
Resíduo	252	0,041	28,857	23,741	0,088	0,214	0,000	0,000	0,006	0,060	7,644	7,644
Total	343											
CV(%)		4,53	6,22	46,74	10,01	14,19	2,06	0,96	2,33	1,05	3,31	16,76
Parâmetros Genéticos												
$\hat{\sigma}_g^2$	-	0,579	190,714	159,510	0,463	0,601	0,006	0,003	0,643	21,373	78,107	78,107
$\hat{\sigma}_{gxe}^2$	-	0,197	128,805	117,313	0,201	0,552	0,001	0,000	0,448	2,658	13,443	13,443
h^2	-	99,12	98,14	98,17	97,67	95,73	99,73	99,77	99,88	99,96	98,79	98,79
Iv	-	3,75	2,57	2,59	2,29	1,67	6,82	7,37	10,17	18,83	3,20	3,20

ns, * e ** - não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente, não significativo pelo teste F.

Mediante a significância da análise de variância conjunta, foram realizadas tabelas de médias agrupadas pelo teste de Scott Knott (1974), para os anos de 2019 e 2020 (Tabela 5 e 6). Foram selecionadas cinco características de interesse para o melhoramento do cafeeiro, sendo elas porcentagem de germinação (%G); comprimento total de plântula (CTP), correspondendo ao somatório do comprimento de parte aérea e do sistema radicular; área da semente; peso de mil sementes (PMS) e porcentagem de sementes chatas (%SC) para as quais foi realizada uma tabela de média analisada em conjunto, referente aos dois anos (Tabela 7).

Para a porcentagem de germinação (%G), os genótipos foram agrupados em sete grupos. O grupo I e o grupo II destacaram-se com 14 genótipos cada, atingindo 95,7% e 90,5% de germinação. Enquanto o grupo III, IV, V e VI, alcançaram médias de 84,1%, 76,5%, 58%, e 51,2%, respectivamente. Destaca-se o grupo VII, com o genótipo 25 que alcançou média inferior aos demais grupos (23%) (Tabela 7).

Em relação ao comprimento total das plântulas (CTP), foram formados sete grupos. O Grupo I alcançou média de 9,089 cm de comprimento ganhando destaque comparado aos demais grupos. Os grupos II e III alcançaram médias de 8,135 cm e 7,081cm de comprimento, respectivamente. O Grupo IV apresentou crescimento de 6,432 cm. O grupo V proporcionou a formação do maior agrupamento, sendo representado por 12 genótipos, alcançando 5,317 cm no tamanho das plântulas. O grupo VI e grupo VII alcançaram os menores comprimentos de plântulas, com médias de 4,561 cm e 1,736 cm, respectivamente (Tabela 7).

As variáveis área de sementes e peso de mil sementes (PMS), se destacam com maior formação de grupos, 16 e 22 grupos, respectivamente (Tabela 7).

Nota-se que o grupo I apresentou maior área de semente, destacando-se dos demais grupos com média de 0,764 cm². Em seguida, o Grupo II também alcançou maior área de semente com média de 0,739 cm². Os Grupos III, IV, V, e VI alcançaram médias que variaram de 0,689 cm² a 0,608 cm² no tamanho das sementes em comparação com os demais grupos. Os grupos VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII variaram de 0,594 cm² a 0,500 cm² em área da semente, apresentando tamanho intermediário em comparação aos demais grupos. Os

grupos XIV, XV, XVI alcançaram as menores áreas das sementes, variando de 0,482 cm² a 0,407 cm² (Tabela 7).

Em relação ao peso de mil sementes (PMS), o grupo I se destaca com maior peso alcançando média de 352,91 g. Os Grupos II, III, IV, V, VI e VII variaram de 328,70 g a 270,56 g. Os grupos VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV alcançaram médias que variaram de 262,22 g a 210,19 g, respondendo de forma intermediária em comparação aos demais grupos. Os grupos XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI e XXII apresentaram menores valores de peso da semente, variando de 204,23 g a 166,68 g, juntamente com o grupo XXII com média de 153,42 g (Tabela 7).

Na variável porcentagem de sementes chatas (%SC), foram formados 11 grupos. Os genótipos do grupo I alcançaram 95,3% de sementes chatas, seguidos do grupo II com 90,9%. Os grupos III, IV e V apresentaram médias de 87,4%, 84,9% e 81%. Enquanto os grupos VI, VII, VIII variaram de 79,3% a 72%. Os grupos IX e X alcançaram médias de 69% e 62,5%. O grupo XI se destacou com menor porcentagem de sementes chatas, com média de 58,3% (Tabela 7).

Entre os grupos formados, analisando as respostas dos genótipos para cada característica, é possível observar que os genótipos 22 e 37 apresentaram-se estáveis durante os anos, demonstrando as melhores médias nas variáveis de porcentagem de germinação (%G), comprimento total de plântula (CTP) e em porcentagem de sementes chatas (%SC). Os genótipos 7 e 36, por sua vez, alcançaram destaque em relação à germinação (%G) e porcentagem de sementes chatas (%SC), além de apresentar médias intermediárias para área e peso de mil sementes (PMS). Destacam-se também os genótipos 3 e 34 que, apesar de responder positivamente nas variáveis estudadas, alcançaram baixa porcentagem de sementes chatas (%SC) entre as repetições (Tabela 7).

Tabela 5: Agrupamento de médias pelo teste de Scott Knott dos 43 genótipos (G) de *Coffea canephora* no ano de 2019, referente às variáveis Índice de velocidade de germinação (IVG), Germinação (%G), Plântulas anormais (%PA), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Área, Circularidade, Perímetro, Peso de mil sementes (PMS), Porcentagem de sementes chatas (%SC) e Porcentagem de Sementes mocas (%SM)

G	Variáveis										
	IVG	G	PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	PMS	SC	SM
		----- % -----		----- cm -----		-- cm ² --	----- cm -----		g	----- % -----	
1	6,487 c	91,0 b	4,5 f	2,84 f	2,212 e	0,552 j	0,722 g	3,002 g	202,23 r	88,6 b	11,4 g
2	5,165 g	79,5 d	19,5 d	2,682 f	3,312 c	0,565 i	0,707 i	2,940 g	220,53 p	86,7 c	13,3 f
3	4,562 h	94,5 b	0,5 g	3,695 c	2,640 d	0,677 e	0,662 k	3,292 e	309,65 d	60,0 h	40,0 a
4	4,525 h	74,5 d	22,5 d	2,450 g	2,602 d	0,542 j	0,695 i	7,525 b	220,57 p	72,8 f	27,2 c
5	5,720 e	22,5 e	73,5 c	1,862 h	1,455 f	0,727 c	0,710 h	3,445 e	329,71 c	94,2 a	5,8 h
6	5,037 g	90,5 b	2,5 g	4,667 a	3,177 c	0,587 h	0,682 j	3,042 f	232,71 n	84,6 c	15,4 f
7	7,030 b	99,0 a	0,5 g	2,450 g	2,160 e	0,605 g	0,635 l	3,165 f	250,88 j	94,1 a	5,9 h
8	4,365 i	92,5 b	2,0 g	4,267 b	4,287 a	0,585 h	0,785 b	2,995 g	273,12 g	69,7 f	30,3 c
9	4,762 h	95,0 a	3,0 g	2,702 f	2,225 e	0,745 b	0,685 j	3,442 e	346,51 a	83,8 c	16,2 f
10	4,672 h	93,5 b	5,0 f	3,990 c	3,085 c	0,500 l	0,767 d	2,742 h	198,50 s	79,2 d	20,8 e
11	3,575 k	87,5 c	6,5 f	2,320 g	4,725 a	0,772 a	0,637 l	3,715 d	327,11 c	86,0 c	14,0 f
12	5,547 f	99,0 a	0,0 g	3,437 d	3,640 b	0,597 g	0,762 d	3,590 d	252,14 j	63,9 g	36,1 b
13	6,135 d	95,0 a	5,0 f	4,210 b	1,770 f	0,530 k	0,787 b	7,405 b	218,58 p	91,0 b	9,0 g
14	4,067 j	93,0 b	3,5 f	3,792 c	3,462 c	0,650 f	0,747 e	3,162 f	298,60 e	65,6 g	34,4 b
15	3,985 j	93,0 b	4,0 f	2,852 f	3,517 c	0,497 l	0,740 f	6,880 c	209,52 q	64,0 g	36,0 b
16	4,552 h	87,5 c	3,0 g	4,230 b	3,472 c	0,567 i	0,695 i	3,002 g	227,15 o	90,5 b	9,5 g
17	4,175 i	89,5 b	9,0 f	2,822 f	4,595 a	0,665 e	0,722 g	3,412 e	301,48 e	87,0 c	13,0 f
18	4,047 j	89,0 b	4,5 f	3,287 e	4,277 a	0,532 k	0,695 i	6,802 c	209,12 q	77,2 e	22,8 d

Tabela 5, Cont.

19	4,142 i	90,0 b	4,5 f	3,827 c	4,530 a	0,437 o	0,730 g	2,662 i	172,30 v	85,5 c	14,5 f
20	3,212 l	86,0 c	12,5 e	2,097 h	2,840 d	0,677 e	0,727 g	3,385 e	301,00 e	82,3 d	17,7 e
21	5,602 f	96,5 a	2,0 g	2,740 f	1,795 f	0,562 i	0,782 b	2,935 g	237,84 m	59,2 h	40,8 a
22	4,830 h	99,0 a	1,0 g	3,237 e	4,377 a	0,507 l	0,665 k	2,970 g	205,40 r	90,1 b	9,9 g
23	7,287 a	94,0 b	2,5 g	3,232 e	3,787 b	0,527 k	0,720 h	3,095 f	236,02 m	82,8 d	17,2 e
24	5,405 f	95,5 a	2,0 g	3,465 d	3,150 c	0,567 i	0,750 e	2,967 g	237,00 m	82,1 d	17,9 e
25	3,187 l	0,0 g	93,0 a	0,000 i	0,000 g	0,570 i	0,785 b	3,055 f	246,98 k	73,2 f	26,9 c
26	7,522 a	100,0 a	0,0 g	4,235 b	3,832 b	0,602 g	0,737 f	3,160 f	280,65 f	96,9 a	3,1 h
27	3,705 j	8,0 f	85,5 b	1,902 h	1,350 f	0,730 c	0,807 a	3,407 e	343,30 b	92,3 b	7,7 g
28	5,397 f	95,0 a	4,0 f	3,037 e	3,177 c	0,450 o	0,737 f	2,637 i	179,76 u	86,9 c	13,1 f
29	5,405 f	91,5 b	8,0 f	3,827 c	4,007 a	0,575 i	0,697 i	8,425 a	220,62 p	78,2 d	21,8 e
30	3,795 j	90,5 b	5,0 f	3,080 e	3,807 b	0,570 i	0,700 i	3,425 e	226,98 o	71,6 f	28,4 c
31	3,567 k	81,0 d	15,0 e	2,420 g	2,462 e	0,545 j	0,777 c	2,985 g	231,30 n	89,2 b	10,8 g
32	6,130 d	98,5 a	1,0 g	3,687 c	3,275 c	0,557 j	0,792 b	2,917 g	241,98 l	80,8 d	19,2 e
33	5,175 g	96,5 a	1,5 g	4,717 a	3,920 b	0,532 k	0,805 a	3,315 e	230,40 n	95,8 a	4,2 h
34	5,270 g	92,5 b	7,0 f	2,835 f	3,905 b	0,607 g	0,667 k	3,625 d	260,79 i	84,6 c	15,4 f
35	3,942 j	79,0 d	16,5 e	2,422 g	2,467 e	0,710 d	0,715 h	3,655 d	348,62 a	64,8 g	35,2 b
36	7,025 b	95,5 a	4,0 f	3,090 e	1,755 f	0,592 h	0,717 h	3,047 f	267,05 h	95,8 a	4,2 h
37	5,832 e	98,0 a	0,5 g	4,607 a	3,090 c	0,482 m	0,715 h	2,930 g	178,09 u	95,7 a	4,3 h
38	6,835 b	99,5 a	0,0 g	3,402 d	4,645 a	0,535 k	0,720 h	2,872 g	222,41 p	86,6 c	13,4 f
39	5,092 g	93,0 b	6,5 f	3,095 e	4,500 a	0,542 j	0,697 i	3,012 g	235,92 m	81,3 d	18,7 e
40	4,612 h	92,5 b	5,0 f	3,022 e	3,787 b	0,565 i	0,775 c	3,382 e	246,00 k	90,7 b	9,3 g
41	5,155 g	84,0 c	14,5 e	1,977 h	1,500 f	0,525 k	0,782 b	2,847 h	212,19 q	72,6 f	27,4 c
42	6,080 d	98,0 a	1,0 g	3,140 e	2,820 d	0,465 n	0,767 d	2,630 i	184,98 t	82,2 d	15,8 f
43	5,150 g	88,0 c	3,5 f	3,092 e	2,817 d	0,500 l	0,807 a	3,350 e	211,45 q	86,5 c	13,5 f

Tabela 6: Agrupamento de médias pelo teste de Scott Knott dos 43 genótipos (G) de *Coffea canephora* no ano de 2020, referente às variáveis Índice de velocidade de germinação (IVG), Germinação (%G), Plântulas anormais (%PA), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento do sistema radicular (CSR), Área, Circularidade, Perímetro, Peso de mil sementes (PMS), Porcentagem de sementes chatas (%SC) e Porcentagem de Sementes mocas (%SM)

G	Variáveis										
	IVG	G	PA	CPA	CSR	Área	Circularidade	Perímetro	PMS	SC	SM
		%		----- cm -----		-- cm ² --	----- cm -----		g	--- % ---	
1	3,926 c	93,5 a	6,5 c	2,680 e	3,623 b	0,455 m	0,683 j	2,636 m	164,32 u	88,9 c	11,1 e
2	3,671 d	96,0 a	3,5 d	3,043 d	4,148 b	0,464 m	0,669 k	2,722 l	178,92 s	93,9 b	6,1 f
3	4,014 c	93,5 a	2,5 d	3,690 b	3,785 b	0,672 c	0,625 n	3,719 b	296,65 d	56,9 g	43,1 a
4	4,400 b	99,0 a	1,0 d	3,018 d	3,943 b	0,457 m	0,790 c	3,749 b	196,70 q	85,8 d	14,3 d
5	4,345 b	93,5 a	6,0 c	2,840 d	3,280 c	0,529 j	0,641 m	3,115 h	213,68 n	90,1 c	9,9 e
6	3,529 e	90,0 b	2,0 d	4,040 b	4,253 b	0,517 j	0,626 n	3,11 h	201,37 p	86,0 d	14,0 d
7	3,668 d	90,0 b	8,5 c	2,418 e	3,880 b	0,542 i	0,611 o	3,182 g	207,15 o	92,4 b	7,6 f
8	3,835 d	88,0 b	10,0 c	3,833 b	3,520 c	0,549 i	0,758 e	3,055 h	249,63 i	69,1 f	30,9 b
9	3,836 d	73,0 c	24,0 b	2,328 e	2,210 d	0,641 d	0,618 o	3,375 e	268,14 g	93,2 b	6,8 f
10	3,706 d	86,5 b	11,5 c	3,380 c	3,905 b	0,464 m	0,780 d	2,735 l	176,94 s	77,8 e	22,2 c
11	2,763 g	62,5 d	30,0 b	1,293 f	2,667 c	0,756 a	0,644 m	3,546 c	316,02 b	87,2 c	12,8 e
12	3,702 d	97,5 a	1,0 d	1,713 f	2,575 d	0,626 e	0,748 f	3,363 e	286,14 e	87,5 c	12,5 e
13	3,523 e	68,5 c	23,0 b	2,438 e	2,375 d	0,525 j	0,774 d	3,064 h	214,16 n	84,4 d	15,6 d
14	3,429 e	90,0 b	2,5 d	4,640 a	6,373 a	0,538 i	0,754 f	2,936 j	227,55 l	71,0 f	29,0 b
15	4,011 c	96,0 a	3,0 d	2,438 e	2,873 c	0,509 k	0,722 h	3,687 b	212,36 n	78,8 e	21,2 c
16	3,478 e	84,0 b	5,5 c	4,263 a	6,125 a	0,554 h	0,616 o	3,184 g	207,64 o	86,5 c	13,5 e
17	3,539 e	93,0 a	3,0 d	2,343 e	2,973 c	0,686 b	0,697 i	3,485 d	316,62 b	84,4 d	15,6 d
18	3,915 c	93,0 a	6,0 c	2,363 e	4,378 b	0,581 g	0,717 h	3,057 h	271,29 g	83,5 d	16,5 d

Tabela 6, Cont.

19	4,474 b	87,0 b	7,0 c	2,520 e	3,385 c	0,500 k	0,688 j	2,811 k	198,14 q	84,0 d	16,0 d
20	3,075 f	77,0 c	17,0 b	1,840 f	2,420 d	0,669 c	0,694 i	3,473 d	282,60 f	96,0 a	4,0 g
21	4,206 c	94,0 a	4,5 d	3,530 c	5,935 a	0,480 l	0,763 e	2,923 j	184,17 r	86,9 c	13,1 e
22	4,158 c	97,5 a	1,5 d	3,583 c	3,018 c	0,430 n	0,665 k	2,765 l	150,79 x	91,0 b	9,0 f
23	4,661 b	89,5 b	6,5 c	2,938 d	3,775 b	0,494 l	0,668 k	3,029 i	202,74 p	88,0 c	12,0 e
24	4,388 b	87,5 b	8,5 c	3,030 d	2,985 c	0,522 j	0,772 d	2,819 k	216,17 n	77,0 e	23,0 c
25	2,464 h	46,0 e	41,5 a	1,940 f	1,532 d	0,536 i	0,818 a	2,874 k	230,44 k	77,5 e	22,5 c
26	4,026 c	59,5 d	38,5 a	1,700 f	1,943 d	0,606 f	0,692 j	3,519 c	261,09 h	98,0 a	2,0 g
27	3,595 e	94,5 a	3,5 d	2,540 e	3,135 c	0,749 a	0,803 b	3,582 c	362,52 a	88,3 c	11,7 e
28	4,072 c	89,0 b	10,0 c	2,178 e	3,303 c	0,472 l	0,726 g	2,863 k	179,30 s	93,8 b	6,3 f
29	4,476 b	98,0 a	1,5 d	3,178 d	2,393 d	0,556 h	0,718 h	3,249 f	221,05 m	83,5 d	16,5 d
30	2,811 g	62,5 d	28,5 b	1,770 f	1,978 d	0,557 h	0,661 k	3,189 g	231,40 k	71,8 f	28,3 b
31	2,746 g	64,5 d	26,5 b	1,603 f	1,632 d	0,547 i	0,753 f	3,144 g	229,01 k	84,4 d	15,6 d
32	4,571 b	83,5 b	15,5 c	2,583 e	3,378 c	0,480 l	0,793 c	2,783 l	195,30 q	89,3 c	10,7 e
33	3,767 d	69,5 c	26,5 b	2,265 e	3,103 c	0,562 h	0,792 c	3,079 h	226,31 l	95,4 a	4,6 g
34	4,511 b	96,5 a	0,5 d	3,053 d	2,843 c	0,556 h	0,641 m	3,338 e	220,07 m	89,1 c	10,9 e
35	3,772 d	93,5 a	2,0 d	3,128 d	3,098 c	0,658 c	0,687 j	4,298 a	308,78 c	60,4 g	39,6 a
36	4,619 b	97,0 a	2,5 d	3,410 c	4,043 b	0,562 h	0,704 i	3,147 g	243,29 j	94,6 b	5,4 f
37	7,879 a	99,0 a	0,0 d	2,950 d	4,123 b	0,442 n	0,647 l	2,697 l	155,28 v	88,5 c	11,5 e
38	4,206 c	88,5 b	8,0 c	2,723 e	2,100 d	0,461 m	0,651 l	2,816 k	175,74 s	86,5 c	13,5 e
39	4,272 c	95,5 a	3,0 d	3,485 c	5,688 a	0,455 m	0,778 d	2,614 m	172,55 t	93,9 b	6,1 f
40	4,195 c	96,0 a	0,0 d	2,545 e	2,595 d	0,548 i	0,766 e	3,556 c	232,57 k	84,0 d	16,0 d
41	4,112 c	93,0 a	5,0 d	2,243 e	3,875 b	0,548 i	0,747 f	2,939 j	225,52 l	76,3 e	23,8 c
42	4,966 a	99,0 a	0,0 d	3,583 c	2,970 c	0,349 p	0,735 g	2,343 o	121,86 z	92,8 b	7,2 f
43	3,182 f	69,5 c	24,0 b	3,260 c	4,283 b	0,413 o	0,825 a	2,500 n	153,68 v	86,7 c	13,3 e

Tabela 7: Agrupamento de médias pelo teste de Scott Knott dos 43 genótipos (G) de *Coffea canephora* referente aos dois anos (2019 e 2020), referente às variáveis Porcentagem de Germinação (%G), Comprimento total de plântulas (CTP, cm), Área das sementes (cm²), Peso de mil sementes (PMS, g) e Porcentagem de sementes chatas (%SC)

G	Variável %G	G	Variável CTP	G	Variável Área	G	Variável PMS	G	Variável %SC
42	98,5 a	14	9,133 a	11	0,764 a	27	352,91 a	26	97,4 a
37	98,5 a	16	9,045 a	27	0,739 b	35	328,70 b	33	95,5 a
22	98,2 a	39	8,384 b	9	0,693 c	11	321,57 c	36	95,2 a
12	98,2 a	6	8,068 b	35	0,684 c	17	309,05 d	7	93,4 a
36	96,2 a	8	7,954 b	17	0,675 d	9	307,32 d	5	92,2 b
21	95,2 a	37	7,385 c	3	0,674 d	3	303,15 e	37	92,0 b
29	94,7 a	10	7,180 c	20	0,673 d	20	291,80 f	2	90,4 b
34	94,5 a	18	7,152 c	5	0,628 e	5	271,69 g	22	90,4 b
15	94,5 a	19	7,131 c	12	0,612 f	26	270,86 g	27	90,2 b
7	94,5 a	22	7,107 c	26	0,604 f	12	269,14 g	28	90,2 b
40	94,2 a	33	7,002 c	14	0,594 g	14	263,07 h	20	89,2 c
39	94,2 a	21	7,000 c	34	0,581 h	8	261,37 h	9	88,6 c
38	94,0 a	3	6,905 c	36	0,577 h	36	255,17 i	1	88,5 c
3	94,0 a	23	6,866 c	7	0,573 i	34	240,42 j	16	88,3 c
1	92,2 b	43	6,726 d	8	0,567 i	18	240,20 j	42	87,3 c
28	92,0 b	29	6,702 d	29	0,565 i	40	239,29 j	13	87,6 c
23	91,7 b	2	6,592 d	30	0,563 i	25	238,71 j	39	87,5 c
24	91,5 b	32	6,461 d	16	0,560 i	31	230,15 k	40	87,2 c
14	91,5 b	38	6,435 d	18	0,556 j	30	229,19 k	34	86,9 c
17	91,2 b	17	6,366 d	40	0,556 j	7	229,01 k	31	86,9 c

Tabela 7, Cont.

32	91,0 b	34	6,318 d	25	0,553 j	33	228,35 k	43	86,6 c
18	91,0 b	24	6,315 d	6	0,552 j	24	226,58 k	38	86,5 c
8	90,2 b	42	6,256 d	33	0,547 j	29	220,83 l	11	86,3 c
6	90,2 b	36	6,149 d	31	0,546 j	23	219,38 l	17	85,5 d
10	90,0 b	4	6,006 e	24	0,544 j	41	218,85 l	23	85,2 d
41	88,5 b	40	5,975 e	41	0,536 k	32	218,63 l	32	84,9 d
19	88,5 b	26	5,855 e	13	0,527 k	16	217,39 m	19	84,7 d
2	87,7 b	28	5,847 e	21	0,521 l	6	217,04 m	6	84,5 d
4	86,7 c	15	5,840 e	32	0,518 l	13	216,37 m	29	81,0 e
35	86,2 c	12	5,682 e	2	0,514 l	21	211,00 n	18	80,0 f
16	85,7 c	1	5,677 e	23	0,510 l	15	210,94 n	24	79,4 f
9	84,0 c	35	5,557 e	1	0,503 m	4	208,64 n	4	79,4 f
33	83,0 c	11	5,502 e	15	0,503 m	39	204,23 o	10	78,7 f
13	81,7 c	7	5,454 e	4	0,499 m	2	199,72 p	12	76,2 g
20	81,5 c	13	5,396 e	39	0,499 m	38	199,07 p	25	74,9 g
26	79,7 d	30	5,317 e	38	0,498 m	10	187,72 q	41	74,6 g
43	78,7 d	41	4,797 f	10	0,482 n	19	185,22 r	21	72,9 h
30	76,5 d	9	4,732 f	19	0,469 o	1	183,27 s	15	71,7 h
11	75,0 d	5	4,718 f	22	0,468 o	43	182,56 s	30	71,5 h
31	72,7 d	20	4,598 f	37	0,462 o	28	179,52 t	8	69,6 i
5	58,0 e	27	4,463 f	28	0,461 o	22	178,09 t	14	68,5 i
27	51,2 f	31	4,058 f	43	0,456 o	37	166,68 u	35	62,5 j
25	23,0 g	25	1,736 g	42	0,407 p	42	153,42 v	3	58,3 k

DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância ao nível de 1% de significância, verificase a existência de variabilidade nos genótipos para as diferentes características avaliadas (Tabela 2). A variabilidade observada é indicativo para a possível realização da seleção de indivíduos para o melhoramento genético da cultura. Observou-se também alto valor de CV (%) para a porcentagem de germinação (%G) e porcentagem de plântulas anormais (%PA). Contudo, o elevado CV (%) no cafeeiro pode estar relacionado ao tamanho do experimento, ao manejo da cultura, e à resposta dos frutos às variações ambientais ao longo dos anos (Ferrão et al., 2008).

A partir do resultado significativo da análise de variância individual, foi realizada a análise de variância conjunta (Tabelas 2 e 4), no qual os valores significativos dos genótipos (G) e da interação (G x A) evidenciam as diferenças de respostas dos genótipos ao longo dos anos (Tabela 4), demonstrando assim, a existência de resposta diferenciada dos genótipos e evidenciando a importância de se avaliar diferentes combinações.

O efeito significativo da interação G x A, indica que os genótipos apresentaram variação no desempenho ao longo dos anos em decorrência das mudanças ambientais. Apesar do baixo valor da interação como demonstrado na Tabela 4, os parâmetros genéticos de herdabilidade (h^2) (superiores 92%), valores de índice de variação (lv) (superiores 1,77), juntamente com a variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) exercendo maior influência na resposta dos genótipos, demonstra que a seleção dos genótipos pode ocorrer nos dois anos seguidos (2019 e 2020) (Tabela 3).

No efeito de ano (A) não houve diferença significativa pelo Teste F ($p < 0,01$) nas variáveis analisadas, exceto para o índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 4). A diferença significativa observada na variável IVG deve-se ao fato de que as sementes do ano de 2019 demonstraram maior vigor por alcançarem os maiores valores de IVG. Contudo, no ano de 2020 houve redução para todos os genótipos avaliados. As alterações observadas podem estar relacionadas aos diferentes fatores como as condições climáticas da área onde a semente foi produzida e/ou a nutrição da planta mãe (Rodrigues et al.,

2020). Desta forma, pode-se observar que processos de seleção para esse conjunto de características podem ser realizados com base na média dos dois anos de avaliação, e os métodos de melhoramento podem atuar como forma de capitalizar o ganho genético.

Em relação aos parâmetros genéticos estimados individualmente nota-se que a variância genotípica é influenciada diretamente por fatores genéticos. Portanto, a maioria das características avaliadas é expressa geneticamente, no qual o ambiente exerce pouca influência na expressão das características (Tabela 3). Mesma resposta é observada nos parâmetros genéticos da análise conjunta, sendo que a variação da interação ($\hat{\sigma}_{gxe}^2$) apresentou menor magnitude em relação à variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), destacando a influência genética sobre a qualidade fisiológica das sementes (Tabela 4). Mesmos resultados são observados no trabalho de Martins et al. (2019), em que as variâncias atribuídas sobre os genótipos foram maiores quando comparadas com a interação.

Contudo, os parâmetros genéticos (fenotípicos, genotípicos e ambientais) estimados foram superiores no ano de 2019, com leve redução em 2020 (Tabela 3). Ramalho et al. (2016), estimando parâmetros genéticos da produção de café beneficiado (*C. canephora*), observaram que a variância genética oscilou conforme os anos. Além disso, os autores observaram que a variância genética contribuiu para maior expressão fenotípica. Donkor et al. (2020), avaliando a diversidade e estimando os parâmetros genéticos de características de produção de 24 híbridos de *C. arabica*, observaram que a variância genotípica foi maior que a ambiental. Os resultados de Ramalho et al. (2016) e Donkor et al. (2020) expressam as mesmas condições genéticas presentes nas variáveis deste trabalho e, portanto, essa condição pode indicar que as características são pouco controladas pelo ambiente e podem responder de maneira satisfatória à seleção de genótipos superiores, porém, vale ressaltar que as características estudadas pelos autores são diferentes das avaliadas neste trabalho (Tabela 3).

Em relação à estimativa de herdabilidade na análise individual, foi superior a 92% (Tabela 3). Todavia, ao comparar os diferentes anos (2019 e 2020), observa-se redução na estimativa de herdabilidade das variáveis do ano de 2020, quando comparadas ao ano de 2019. Possivelmente, decorrência dos diferentes genes que estão se expressando ao longo do desenvolvimento das plantas, assim como pela influência da variação climática ao longo dos anos.

Enquanto isso, na análise conjunta a herdabilidade obtida alcançou estimativas superiores a 97,67% (Tabela 4).

A estimativa de herdabilidade é a principal ferramenta utilizada pelo melhorista nos programas de melhoramento genético. Por meio desta, é possível indicar quanto da variabilidade é devido à herança genética e quanto é referente ao ambiente. As altas estimativas de herdabilidade observadas (Tabela 3 e 4) sugerem que os genótipos avaliados possuem alto potencial de uso em programas de melhoramento, com possível ganho genético via aplicação de métodos simples de melhoramento, tais como a seleção massal e suas derivações.

Mistro et al. (2007), através da estimativa de parâmetros genéticos em sementes de *C. arabica*, obtiveram herdabilidade de 92,72% para sementes chatas, 92,49% para sementes mocas e 91,16% para tamanho das sementes, corroborando as estimativas obtidas no presente estudo. Contudo, os valores estimados deste trabalho divergem dos resultados obtidos por Vasconcelos et al. (2012), que ao estimarem a herdabilidade na germinação de sementes de soja, uma espécie autógama, obtiveram variação de 49,20% e 66,61%. Assim como de Weldemichael et al. (2017), por meio da avaliação de diferentes características quantitativas em *C. arabica*, estimaram 80,21% de herdabilidade para peso de 100 grãos, sendo esta uma variável semelhante ao peso de mil sementes (PMS) discutida neste trabalho.

No índice de variação (I_v) obtido pela razão entre o coeficiente de variação genética e experimental, é possível observar altos valores estimados, tanto para análise individual e análise conjunta (Tabela 3 e 4) que indicam que a seleção pode ser realizada em ambos os anos (2019 e 2020) sem que haja prejuízo ao processo de seleção de genótipos. Pois, quando os resultados expressos são superiores à unidade (1,0), caracteriza-se a predominância de fatores genéticos sobre os ambientais nas características, indicando maior chance para a seleção de genótipos superiores e maior facilidade na escolha do método mais adequado para o melhoramento (Rodrigue et al., 2012).

Dentre as diferentes variáveis avaliadas em conjunto, em relação ao I_v , destaca-se peso de mil sementes (PMS) com a maior estimativa (18,83) (Tabela 4), indicando que a seleção para este caractere apresenta as condições mais favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos.

Desta maneira, estimar os parâmetros genéticos para as diferentes características se faz necessário, uma vez que possuem relação direta com a seleção. De tal forma que, quanto maior o valor estimado, maior será a chance de sucesso com a seleção (Vasconcelos et al., 2012).

Com base na análise conjunta envolvendo as avaliações nos dois anos, observa-se a formação de vários grupos para cada característica, demonstrando ampla variabilidade genética existente entre os genótipos estudados. Martins et al. (2019), com estudos de produtividade de 28 genótipos de *C. canephora*, observaram variabilidade nos materiais. Pedro et al. (2011) também evidenciaram variabilidade entre progênies de *C. arábica*.

Como observado, os genótipos foram agrupados de formas distintas entre as características. Destacam-se os genótipos 3, 7, 22, 34, 36 e 37 que alcançaram respostas semelhantes nos dois anos, pelo menos em três características (Tabela 7).

O melhoramento do cafeeiro tem buscado estudar, além do vigor da planta (Silva et al., 2020 e Weldemichael et al., 2017), aspectos relacionados com a qualidade voltado principalmente para o tamanho das sementes ou grãos (Pedro et al., 2011). Além disso, outros aspectos que podem ser levados em consideração para genótipos de qualidade do cafeeiro é a porcentagem de sementes chatas (%SC), considerada uma variável voltada para qualidade visual e de rendimento do lote (Vacarelli et al., 2003). Neste sentido, é oportuno mencionar que os genótipos 11 e 27, que alcançaram maior área e peso de mil sementes (PMS), não se destacam nas variáveis de vigor. Da mesma forma que os genótipos 3 e 34, que apesar de apresentar boas características de vigor, assim como área e peso, não se destacaram com elevada porcentagem de sementes chata (Tabela 7).

Assim, é possível fazer a seleção dos genótipos 7, 22, 36 e 37 sendo os genótipos que alcançaram maior estabilidade em relação às variáveis, além de demonstrar pelas estimativas dos parâmetros genéticos grande chance de sucesso e de ganhos para o melhoramento do cafeeiro (Tabela 7). Através das estimativas dos parâmetros genéticos, tornam-se possíveis métodos de melhoramento simples, como a seleção massal, contribuindo para a seleção de indivíduos promissores.

CONCLUSÕES

Por meio das estimativas de variância, é possível observar variabilidade genética entre os genótipos para todas as características físicas e fisiológicas, indicando sucesso na seleção de genótipos superiores para os programas de melhoramento genético.

A herdabilidade no sentido amplo (h^2) estimada na interação alcançou valores superiores a 97,67%.

A estimativa de índice de variação destaca que todas as variáveis, com ênfase no peso de mil sementes (PMS) (18,83), apresentam condições favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos.

Os genótipos Imbigudinho, Z38, LB1 e 122 apresentaram respostas semelhantes para pelo menos três características físicas e fisiológicas das sementes comparadas nos anos de estudo.

Os genótipos Bicudo e Emcapa 153 apresentaram boas características somente para as variáveis de vigor, área e peso de sementes.

O genótipo Z21 não se destacou como genótipo promissor para os programas de melhoramento genético, voltados ao estudo da qualidade fisiológica das sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L., Sparovek, G. (2013) Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728.
- Bragança, S.M., Carvalho, C.H.S.D., Fonseca, A.F.A.D., Ferrão, R.G. (2001) Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (5):765-770.
- Brasil (2009) *Regras para análise de sementes*: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 395p.

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2020) *Acompanhamento da safra brasileira: Café*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 6v, 65p.
- Cruz, C.D. (2013) *Programa Genes: Análise Multivariada e Simulação*. 1 ed. Viçosa, MG: UFV, 175p.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S., Regazzi, A.J. (2014) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, 514p.
- Derero, A., Tesfaye, G., Woldemariam, Z. (2017) Variation in seed traits and seedling vigour of *Cordia africana* Lam. provenances in Ethiopia. *Journal of Forestry Research*, 28 (5):925-933.
- Donkor, E.F., Ohene-Asare, D., Adjei, R.R. (2020) Association and variability studies for yield and yield components of robusta coffee hybrids (*Coffea canephora*). *Journal of Genetics, Genomics & Plant Breeding* 4 (3):103-111.
- Ferrão, R.G., Cruz, C.D., Ferreira, A., Cecon, P.R., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F. A.D., Carneiro, P.C.S. Silva, M.F.D. (2008) Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (1):61-69.
- Giles, J.A.D., Ferreira, A.D., Partelli, F.L., Aoyama, E.M., Ramalho, J.C., Ferreira, A., Falqueto, A.R. (2019) Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. *Scientia Horticulturae*, 245, 231-236.
- Giomo, G.S., Razera, L.F., Gallo, P.B. (2004) Beneficiamento e qualidade de sementes de café arábica. *Bragantia*, 63 (2):291-297.
- Machado, C.M.S., Pimentel, N.S., Golynsk, A., Ferreira, A., Vieira, H. D., Partelli, F.L. (2017) Genetic diversity among 16 genotypes of *Coffea arabica* in the Brazilian cerrado. *Genetics and Molecular Research*, 16 (3):01-13.
- Maguire, J.D. (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science, Madison*, 2 (2):176-177.
- Martins, M.Q., Partelli, F.L., Golynski, A., Pimentel, N. de.S, Ferreira, A., Bernardes, C.de.O, Ribeiro- Barros, A.I., Ramalho, J.C. (2019) Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. *Scientia Horticulturae*, 252: 238-242.
- Mistro, J.C., Fazuoli, L.C., Gonçalves, P.S.de., Guerreiro Filho, O. (2004) Estimates of genetic parameters and expected genetic gains with selection in robust coffee. *Crop breeding and applied biotechnology*, 4 (1):86-91.

- Mistro, J.C., Fazuoli, L.C., Gallo, P.B., Oliveira, A.C.B.de., Toma-Braghini, M., Silvarolla, M.B. (2007). Estimates of genetic parameters in *Arabic coffee* derived from the Timor hybrid. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7 (2):41-147.
- Partelli, F.L., Covre, A.M., Oliosi, G., Covre, D.T. (2020) Monte Pascoal: Primeira Cultivar para Bahia. *In: Partelli, F.L., Campanharo, A. Café conilon: Desafios e oportunidades*. Espírito Santo: CAUFES, p.15-22a.
- Partelli, F.L., Giles, J.A.D., Oliosi, G., Covre, A.M., Ferreira, A., Rodrigues, V.M. (2020) Tributun: a coffee cultivar developed in partnership with farmers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20 (2):1-4b.
- Partelli, F.L., Golynski, A., Ferreira, A., Martins, M.Q., Mauri, A.L., Ramalho, J.C., Vieira, H.D. (2019) Andina-first clonal cultivar of high-altitude conilon coffee. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 19 (4):476-480.
- Pedro, F.C., Guimarães, R.J., Carvalho, G.R., Botelho, C.E., Rezende, J.C.D., Carvalho, A. M. (2011) Comportamento agrônômico de progênies F4 de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. *Revista Ceres*, 58 (3):315-322.
- Ramalho, A.R., Rocha, R.B., Souza, F.F., Veneziano, W., Teixeira, A.L. (2016) Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. *Revista Ciência Agronômica*, 47 (3):516-523.
- Resende, M.D.V.D., Furlani-Júnior, E.N.E.S., Moraes, M.L.T.D., Fazuoli, L.C. (2001) Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. *Bragantia*, 60 (3):185-193.
- Rodrigues, M.H.B.S., Silva Santos, A.da., Melo, E.N.de., Silva, J.N.da., Oliveira, C.J.A. (2020) Vigor de sementes: métodos para análise e fatores que o influenciam. *Meio Ambiente (Brasil)*, 2 (3):043-052.
- Rodrigues, W.N., Tomaz, M.A., Ferrão, R.G., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A.D., Miranda, F.D.D. (2012) Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café conilon. *Coffee Science*, 7 (2):177-186.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B., Cunha, T. (2018) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 187p.

- Silva, L.O.E., Schmidt, R., Valani, G.P., Ferreira, A., Ribeiro Barros, A.I., Partelli, F.L. (2020) Root Trait Variability in *Coffea canephora* genotypes and its relation to plant height and crop yield. *Agronomy*, 10 (9):1394.
- Vacarelli, V. N., Medina Filho, H. P., Fazuoli, L.C. (2003) Avaliação de frutos chochos e de sementes do tipo moca no rendimento de híbridos arabustas tetraploides (*Coffea arabica* x *C. canephora*). *Bioscience Journal*, 19 (3):155-165.
- Vasconcelos, E.S., Reis, M.S., Sedyama, T., Cruz, C.D. (2012) Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. *Semina: Ciências Agrárias*, 33 (1): 65-76.
- Vázquez, N., López-Fernández, H., Vieira, C.P., Fdez-Riverola, F., Vieira, J., Reboiro-Jato, M. (2019) BDBM 1.0: a desktop application for efficient retrieval and processing of high-quality sequence data and application to the identification of the putative *Coffea* s-locus. *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*, 11 (1):57-67.
- Weldemichael, G., Alamerew, S., Kufa, T. (2017) Genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits in coffee (*Coffea arabica* L.) accessions in Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 12 (21):1824-1831.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A pesquisa teve como objetivo identificar genótipos de *Coffea canephora* mais divergentes quanto à qualidade fisiológica e física das sementes. Foram realizados dois experimentos com sementes de 43 genótipos de *C. canephora*.

O primeiro experimento foi realizado no ano de 2019, e teve o intuito de estimar os parâmetros genéticos e avaliar a diversidade, visando dar subsídios para a seleção de genótipos que tenham sementes de qualidade superior. Foram mensuradas as variáveis peso de mil sementes, porcentagem de sementes chatas, porcentagem de sementes mocas, fenotipagem digital das sementes (área, circularidade e perímetro), índice de velocidade de germinação, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas anormais, comprimento de parte aérea e comprimento do sistema radicular das plântulas normais. Foram estimados, a partir da análise de variância, os parâmetros genéticos de variância genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, herdabilidade no sentido amplo e índice de variação. Também foi realizado correlação de Pearson entre as características. A divergência genética entre os genótipos foi avaliada pela técnica de análise multivariada, onde foi adotada a medida de dissimilaridade Distância de Mahalanobis e o método de agrupamento UPGMA. Pelo método de Singh, foi estimada a contribuição relativa de oito características estudadas.

A segunda pesquisa teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos de todas as características fisiológicas e físicas a partir das análises individuais do ano de 2019 e 2020, bem como a análise conjunta, com base na interação

genótipo x ano, com o intuito de estabelecer estratégias de melhoramento do cafeeiro. Foram novamente avaliadas as variáveis de peso de mil sementes, porcentagem de sementes chatas, porcentagem de sementes mocas, fenotipagem digital das sementes (área, circularidade e perímetro), índice de velocidade de germinação, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas anormais, comprimento de parte aérea e comprimento do sistema radicular. Foram estimados, a partir das análises de variâncias individuais, os parâmetros genéticos de variância genotípica, variância fenotípica, variância ambiental, herdabilidade no sentido amplo e índice de variação, referentes aos anos de 2019 e 2020. A partir da análise conjunta, foram estimados os parâmetros genéticos de variância genotípica, variância da interação genótipo x ambiente, herdabilidade no sentido amplo e índice de variação, juntamente com o agrupamento de médias dos dois anos.

Da análise dos genótipos foi possível observar elevada divergência genética entre os genótipos para atributos relacionados à qualidade fisiológica e física das sementes, indicando sucesso na seleção de genótipos superiores para os programas de melhoramento genético. O método hierárquico UPGMA contribuiu para a formação de três grupos, sendo os genótipos Alecrim, Bamburral, Z39, AP, Tardio C os mais divergentes. Possivelmente, esses genótipos podem ser utilizados no melhoramento para cruzamentos com os demais materiais. A característica perímetro das sementes apresentou maior contribuição relativa, sendo o principal contribuinte para a dissimilaridade entre os genótipos estudados. Foi observado que a massa e o tamanho das sementes não influenciaram na germinação e vigor das sementes, assim como o formato da semente chata ou moca.

Mediante a análise conjunta, onde foi estimado o índice de variação, todas as variáveis, com ênfase, no peso de mil sementes (PMS) apresentam condições favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos. A herdabilidade no sentido amplo (h^2) estimada na interação alcançaram valores superiores a 97,67%. Os genótipos Imbigudinho, Z38, LB1 e 122 apresentaram maior estabilidade para três características físicas e fisiológicas das sementes. Enquanto os genótipos Bicudo e Emcapa 153 apresentaram boas características somente para as variáveis de vigor, área e peso de sementes. O genótipo Z21 não se destacou como genótipo promissor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, E., Souza, C.A. de., Rocha, R., Pereira, L., Lima, P.P. de., Lourenço, J. (2020) Efeito da fermentação na qualidade da bebida de robustas amazônicas. *Revista Ifes ciência*, 6 (3):159-170.
- Andrade, D.B. (2014) *Sistema de Análises de Sementes (SAS) na detecção de misturas varietais e de sementes esverdeadas em soja*. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras - UFLA, 78p.
- Andriuzzi, C.V.G., Rocha, D.K., Souza, I.C.P. de, Bichuette, S.A. (2020) Evaluation of physiological quality of Corn seeds by GroundEye L800® system. *Revista Agro@ambiente On-line*, 14:1-10
- Araujo, R.F., Araujo, E.F., Cecon, P.R., Sofiatti, V. (2008) Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) despulpado e não despulpado. *Revista Brasileira de Sementes*, 30 (3):71-78.
- Barreto, C.V.G., Sakai, E., Arruda, F.B., da Silva, E.A., Matos Pires, R.C. de. (2006) Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado por gotejamento em Campinas. *Bragantia*, 65 (4):641-647.
- Belan, L.L., Silva, K.G. da., Tomaz, M.A., Jesus Junior, W.C. de., Amaral, J.A.T. do., Amaral, J.F.T. do. (2011) Aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon: uma abordagem sistemática. *Nucleus*, 8 (1):225-240.

- Bertini, C.H.C.D.M., Almeida, W.S.D., Silva, A.P.M.D., Silva, J.W.L., Teófilo, E.M. (2010) Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32 (4):613-619
- Borém, A., Miranda, G.V. Fritsche- Neto. R. (2017) *Melhoramento de Plantas*. 6. ed. Viçosa: Editora UFV, 521p.
- Bragança, S.M., Carvalho, C.H.S.D., Fonseca, A.F.A.D., Ferrão, R.G. (2001) Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36 (5):765-770.
- Brasil (2009) *Regras para análise de sementes*: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 395p.
- Braz, M.R.S., Rossetto, C.A.V. (2008) Condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes armazenadas de café. *Ciência Rural*, 38 (7): 1849-1856.
- Cardoso, V.J.M. (2009) Conceito e classificação da dormência em sementes. *Oecologia Brasiliensis*, 13 (4):619-631.
- Carvalho, A., Medina filho, H.P., Fazuoli, L.C., Guerreiro filho, O., Lima, M.M.A (1991) Aspectos genéticos do cafeeiro. *Revista Brasileira de Genética*, 14 (1):135-183.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012) *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 590p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2019) *Acompanhamento da safra brasileira: Café*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 6v, 65p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2020) *Acompanhamento da safra brasileira: Café*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 5v, 45p.
- Covre, A.M., Canal, L., Partelli, F.L., Alexandre, R.S., Ferreira, A., Vieira, H.D. (2016) Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. *Australian Journal of Crop Science*, 10 (3):385-392.
- Cruz, C.D. (2006) *Programa Genes: Análise Multivariada e Simulação*. Viçosa, MG: UFV, 175p.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S., Regazzi, A.J. (2014) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, 514p.
- Davis, A.P., Tosh, J., Ruch, N., Fay, M.F. (2011) Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data;

- implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167 (4):357-377.
- Eira, M.T., Silva, E.A., Castro, R. D. de., Dussert, S., Walters, C., Bewley, J.D., Hilhorst, H.W. (2006) *Coffea* seed physiology. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (1):149-163.
- Eira, M.T., Walters, C., Caldas, L.S., Fazuoli, L.C., Sampaio, J.B., Dias, M.C.L. (1999) Tolerance of *Coffea* spp. seeds to desiccation and low temperature. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 11 (2):97-105.
- Felizardo, S.A., Freitas, A.D.D.de., Souza Marques, N. de., Bezerra, D.A. (2015) Características biométricas de frutos e sementes de *Oenocarpus bataua* Mart. com procedência em Almeirim, Pará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10 (5):9-15.
- Ferrão, R.G., Fonseca, A.F.A., Ferrão, M.A.G., Muner, L.H (2017) Café conilon. 2 ed. Atual: Vitória, ES: Incaper, 784p.
- Fonseca, A.F.A.D., Sediyaama, T., Cruz, C.D., Sakaiyama, N.S., Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Bragança, S.M. (2006) Divergência genética em café conilon. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 41 (4):599-605.
- Freire, A.M., Abreu, M., Rezende, R.M., Freitas, A.S.de., Miranda, W.L., Rezende, R.A.L.S. (2018) Germinação de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes tratamentos de remoção do pergaminho. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 16 (3):1-6.
- Freitas, Z.M.de., Oliveira, F.J.D., Carvalho, S.P.D., Santos, V.F.D., Silva, G.C. (2009) Variabilidade e correlações genéticas em cultivares de café arábica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4 (2):122-127.
- Giles, J.A.D., Partelli, F.L., Ferreira, A., Rodrigues, J.P., Oliosi, G., Silva, F.H.L. (2018) Genetic diversity of promising 'conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90 (2):2437-2446.
- Giles, J.A.D., Ferreira, A.D., Partelli, F.L., Aoyama, E.M., Ramalho, J.C., Ferreira, A., Falqueto, A.R. (2019) Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. *Scientia Horticulturae*, 245, 231-236.
- Giomo, G.S., Razera, L.F., Gallo, P.B. (2004) Beneficiamento e qualidade de sementes de café arábica. *Bragantia*, 63 (2):291-297.

- Guedes, J.M., Vilela, D.J.M., Rezende, J.C., Silva, F.L., Botelho, C.E., Carvalho, S.P. (2013) Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. *Bragantia*, 72 (2):127-132.
- Guerreiro Filho, O., Mendes, A.N.G., Carvalho, G.R., Silvarolla, M.B., Botelho, C.E., Fazuoli, L.C. (2008) Origem e classificação botânica do cafeeiro. *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café, 27-33p.
- Hair, J.F., Black, W., Babin, B., Anderson, R.E., Tatham, R.L. (2009) *Análise Multivariada de Dados*. 6 ed. Porto Alegre: Editora Bookman. 688p.
- Ivoglo, M.G. (2007) *Divergência genética entre progênies de café robusta*. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Campinas - SP, Instituto Agrônomo de Campinas, 75p.
- Ivoglo, M.G., Fazuoli, L.C., Oliveira, A.C.B.D., Gallo, P.B., Mistro, J.C., Silvarolla, M.B., Toma-Braghini, M. (2008) Divergência genética entre progênies de café robusta. *Bragantia*, 67 (4):823-831
- Júnior, P.C.A., Corrêa, P.C., Goneli, A.L.D., Botelho, F.M. (2006) Secagem, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes do cafeeiro. *Revista Brasileira. Armazenamento* (9): 67-82.
- Lashermes, P., Couturon, E., Charrier, A. (1994) Combining ability of doubled haploids in *Coffea canephora* P. *Plant breeding*, 112 (4):330-337.
- Laviola, B.G., Mauri, A.L., Martinez, H.E.P., Araújo, E.F., Neves, Y.P. (2006). Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, 1 (1):36-42.
- Leite, W.D.S., Pavan, B.E., Matos Filho, C.H.A., Feitosa, F.S., Oliveira, C.B.de. (2015) Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agrônômicos em genótipos de soja. *Nativa*, 3 (4):241-245.
- Lemos, M.F., Perez, C., Cunha, P.H.P.da., Filgueiras, P.R., Pereira, L.L., Fonseca, A.F.A.da, Ifa, D.R, Scherer, R. (2020) Chemical and sensory profile of new genotypes of Brazilian *Coffea canephora*. *Food chemistry*, (310):1-8.
- Lima, J.D.S., Silva, S.A., Fonseca, A.S.da, Pajehu, L.F. (2020) Quality of *Coffea canephora* beverage as a function of genotype, processing method and grain size. *Coffee Science*, 15:151714.

- Lima, J.M.E., Smiderle, O.J., Oliveira, J.A., Carvalho, M.L.M.D. (2018) Técnicas de análise de imagem para caracterização da qualidade de sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth). *Ciência Florestal*, 28 (3):1202-1216.
- Marcolan, A.L., Espindula, M.C. (2015) *Café Amazônia*. 1. ed. Brasília: DF: Embrapa Rondônia, 474p.
- Marcos-Filho, J. (2015) *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Brasil, Londrina: ABRATES, 659p.
- Machado, C.D.F., Nunes, G.H.D.S., Ferreira, D.F., Santos, J.B.D. (2002) Divergência genética entre genótipos de feijoeiro a partir de técnicas multivariadas. *Ciência Rural*, 32 (2):251-258.
- Machado, C.M.S., Pimentel, N.S., Golynsk, A., Ferreira, A., Vieira, H.D., Partelli, F.L. (2017) Genetic diversity among 16 genotypes of *Coffea arabica* in the Brazilian cerrado. *Genetics and Molecular Research*, 16 (3):1-13.
- Meireles, R.C., Araujo, E.F., Reis, M.S., Sediyaama, C.S., Sakiyama, N.S., Reis, L.S.D. (2007) Secafé: metodologia para acelerar a germinação das sementes de café. *Revista Brasileira de Sementes*, 29 (3):90-96.
- Melo, B., Sousa, L.B. (2011) Biologia da reprodução de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. *Revista Verde*, 6 (2):01-07.
- Mendonça, R.F.de., Rodrigues, W.N., Martins, L.D., Tomaz, M.A. (2011) Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. *Enciclopédia Biosfera*, 7 (13):1-9.
- Montagnon, C., Cubry, P., Leroy, T. (2012) Amélioration génétique du caféier *Coffea canephora* Pierre: connaissances acquises, stratégies et perspectives. *Cahiers Agricultures*, 21 (2-3):143-153.
- Nakagawa, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C., Vieira, D.R., Neto, J.B.F. (1999) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. 1. ed. Londrina: ABRATES, 218p.
- Oliveira, A.C.S., Martins, G.N., Silva, R.F., Vieira, H.D. (2009) Teste de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. *Inter Science Place*, 1 (4):1-21.
- Pereira, C.E., Pinho, E.V.R.V., Oliveira, D.F.D., Kikuti, A.L.P., Rosa, S. D.V.F.D. (2002) Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café. *Revista Brasileira de Sementes*, 24 (1):306-311.
- Pes, L.Z., Arenhardt, M.H. (2015) *Fisiologia vegetal*. Brasil: Rede e-Tec, 81p.

- Petek, M.R., Sera, T., Fonseca, I.C.D.B. (2009) Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. *Bragantia*, 68 (1):169-181.
- Pinto, C.A.G., Carvalho, M.L.M.D., Andrade, D.B.D., Leite, E.R., Chalfoun, I. (2015) Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds¹. *Revista Ciência Agronômica*, 46 (2):319-328.
- Pinto Júnior, J.E., Sturion, J.A., Resende, M.D.V.de., Ronzelli Júnior, P. (2006) Avaliação simultânea de produtividade, adaptabilidade e estabilidade genotípica de *Eucalyptus grandis* em distintos ambientes do Estado de São Paulo. *Pesquisas Florestas brasileiras*, (53):79-108.
- Ramalho, M.A.P., Abreu, A.F.B., Santos, J.B., Nunes, J.A. (2012) *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. 1. ed. Lavras: UFLA, 522p.
- Rego, B., Paula, F.D. (2012) O mercado futuro e a comercialização de café: influências, riscos e estratégias com o uso de hedge. *Gestão & Conhecimento*, 7 (1):1-26.
- Rodrigues, W.N., Tomaz, M.A., Ferrão, R.G., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A.D., Miranda, F.D.D. (2012) Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café conilon. *Coffee Science*, 7 (2):177-186.
- Rubim, R.F., Vieira, H.D., Araújo, E.F., Viana, A.P., Coelho, F.C. (2010) Tratamento com hipoclorito de sódio para remoção do pergaminho e aceleração da germinação de sementes de café conilon. *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (4):88-98.
- Sako, Y., McDonald, M.B., Fujimura, K., Evans, A.F., Bennett, M.A. (2001) A system for automated seed vigour assessment. *Seed science and technology*, 29 (3):625-636.
- Schifino-Wittmann, M.T., Dall'Agnol, M. (2002) Auto-incompatibilidade em plantas. *Ciência Rural*, 32 (2):1083-1090.
- Silva, L.O.E., Schmidt, R., Valani, G.P., Ferreira, A., Ribeiro Barros, A.I., Partelli, F.L. (2020) Root Trait Variability in *Coffea canephora* Genotypes and Its Relation to Plant Height and Crop Yield. *Agronomy*, 10 (9):1394.
- Silva, F.D., Porto, A.G., Pascuali, L.C., Silva, F.D. (2010) Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. *Revista de ciências agro-ambientais*, 8 (1):45-56.

- Sturm, G.M., Coser, S.M., Senra, J.D.B., Ferreira, M.D.S., Ferreira, A. (2010) Qualidade Sensorial de Café Conilon em Diferentes Altitudes. *Enciclopédia Biosfera*, 6:1-7.
- Thomazini, A., Tomaz, M.A., Martins, L.D., Rodrigues, W. (2011) Abordagem sobre qualidade da bebida no café conilon. *Enciclopédia Biosfera*, 7 (12):1-16.
- Torres, G.X., Viana, A.P., Vieira, H.D., Rodrigues, D.L., Santos, V.O.dos. (2019) Contribution of seed traits to the genetic diversity of a segregating population of *Passiflora* spp. *Chilean journal of agricultural research*, 79 (2):288-295.
- Válio, I.F.M. (1980) Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo) by the endocarp. *Journal of Seed Technology*, 5 (1):32-39.
- Vareltzis, P., Gargali, I., Kiroglou, S., Zeleskidou, M. (2020) Production of instant coffee from cold brewed coffee; process characteristics and optimization. *Food Science and Applied Biotechnology*, 3 (1):39-46.
- Veasey, E.A., Piottoi, F.A., Nascimento, W.F., Rodrigues, J.F., Mezette, T.F., Borges, A., Biguzzi, F.A., Santos, F.R.C., Sobierajski, G.R., Recchia, G.H., Mistro, J.C. (2011) Processos evolutivos e a origem das plantas cultivadas. *Ciência Rural*, 41: 1218-1228.
- Vidigal, M.C.G., Vidigal Filho, P.S., Amaral Júnior, A.T., Braccini, L.E. (1997) Divergência genética entre cultivares de mandioca por meio de estatística multivariada. *Bragantia*, 56 (2):263-271.
- Walters, C., Berjak, P., Pammenter, N., Kennedy, K., Raven, P. (2013) Preservation of recalcitrant seeds. *Science*, 339 (6122):915-916.
- Wouw, M.V.de, Kik, C., Hintum, T.V., Treuren, R.V., Visser, B. (2010) Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources*, 8 (1):1-15.
- Yamashita, O.M., Guimarães, S.C., Silva, J.L., Carvalho, M.A.C., Camargo, M.F. (2009) Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. *Planta daninha*, 27 (4):673-681.