

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

CLEIDSON ALVES DA SILVA

CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES E
MORFOLOGIA FLORAL EM GENÓTIPOS DE *Coffea*
canephora

São Mateus - ES

Fevereiro de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

**CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES E
MORFOLOGIA FLORAL EM GENÓTIPOS DE *Coffea*
*canephora***

CLEIDSON ALVES DA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli

São Mateus - ES

Fevereiro de 2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S586c Silva, Cleidson Alves da, 1991-
Concentração foliar de nutrientes e morfologia floral em genótipos de Coffea canephora / Cleidson Alves da Silva. - 2020. 56 f. : il.

Orientador: Fábio Luiz Partelli.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Café. 2. Análise multivariada. 3. Análise foliar. 4. Morfologia vegetal. I. Partelli, Fábio Luiz. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 63

CLEIDSON ALVES DA SILVA

**CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES E MORFOLOGIA
FLORAL EM GENÓTIPOS DE *Coffea canephora***

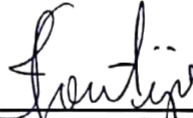
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 07 de fevereiro de 2020.

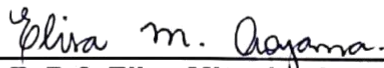
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Ivoney Gontijo
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Elisa Mitsuko Aoyama
Universidade Federal do Espírito Santo

A Deus, que colocou em meu caminho boas pessoas e ferramentas para que tudo pudesse ser alcançado.

A minha família! em especial aos meus pais.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente por ter me dado à vida, pela bondade e amor incondicional, por ter me dado o direito de viver e chegar onde meus pés não poderiam alcançar.

A minha família que sempre me apoiou e nunca me deixou faltar recursos para que pudesse continuar na formação acadêmica, em especial aos meus pais, Carlos e Luzeir, que mesmo nas condições que tinham me deram as melhores condições possíveis. A minha namorada, que desde o início entendeu o meu caminho e me apoiou.

Ao meu Orientador, Fábio Luiz Partelli, pela amizade, pela inefável confiança depositada, sempre me ajudou a crescer e me concedeu oportunidades de aprendizado que vão além daqueles oferecidos pelo conhecimento acadêmico.

Aos meus amigos, Filipe, Vinícius, Marcelo, Jhonny, pessoas incríveis que sem dúvida alguma tenho muito carinho e admiração, fizeram com que o curso fosse o melhor possível. Ao Gleison e Alex pela amizade e ajuda oferecida durante a condução dos experimentos.

Ao grupo de Pesquisas cafeeiras pelo apoio, ensinamentos e ajuda nos desafios propostos durante o curso.

A UFES, em especial aos professores e pesquisadores da Pós-graduação em Agricultura Tropical pelo conhecimento oferecido durante o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização e condução do experimento.

Aos agricultores, que são os primeiros “melhoristas”, que realizam a seleção inicial da maioria dos genótipos superiores disponíveis atualmente, e ao agricultor Thekson Pianissoli pela disponibilidade de manejar a lavoura dos 42 genótipos.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 CAPÍTULOS	3
2.1 DIVERSIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i> PARA CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES	4
Resumo	4
Abstract	5
Introdução	6
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão.....	10
Conclusões	19
Referências	20
2.2 DIVERSIDADE GENÉTICA EM <i>Coffea canephora</i> COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FLORAIS	24
Resumo	24
Abstract	25
Introdução	26
Material e Métodos.....	27
Resultados e discussão	30
Conclusões	37
Referências	37
3 CONCLUSÕES GERAIS	41
4 REFERÊNCIAS	42

RESUMO

SILVA, Cleidson Alves da; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2020; **Concentração foliar de nutrientes e morfologia floral em genótipos de *Coffea canephora***; Orientador: Fábio Luiz Partelli.

A busca por genótipos altamente produtivos e adaptados para cada região produtora tem impulsionado os trabalhos de caracterização e seleção de genótipos superiores e divergentes. Compreender a diversidade genética em *Coffea canephora*, utilizando as informações obtidas podem favorecer o melhor manejo reprodutivo das lavouras, além de auxiliar programas de melhoramento genético. Desta forma, considerando ainda a importância econômica da cultura, objetivou-se avaliar a diversidade genética de *C. canephora* com base em características nutricionais para o primeiro estudo e características florais para o segundo. O primeiro estudo, com o título “Diversidade genética em genótipos de *C. canephora* para concentração foliar de nutrientes” teve como objetivo avaliar a concentração foliar de nutrientes em genótipos cafeeiros no período de pré-florada e enchimento de grãos do cafeeiro. O segundo, com o título “Diversidade genética em *C. canephora* com base em características morfológicas florais” teve como objetivo avaliar a diversidade genética existente em genótipos de café Conilon com base em características morfológicas florais. Para ambos os estudos, foi realizada a análise multivariada, e verificou-se que existe diversidade genética entre os genótipos de *C. canephora* baseadas em concentração foliar de nutrientes, assim como para as características morfológicas florais. Adotando um limite máximo de 60% de dissimilaridade entre os genótipos, foram observados a formação de quatro e três grupos pelo método UPGMA para a concentração foliar de nutrientes e características morfológicas florais, respectivamente. Pelos resultados obtidos e pelas informações geradas, os estudos podem servir de base auxiliando o manejo nutricional e o entendimento do processo de polinização cruzada e reprodução de *C. canephora*. E ainda, auxiliar no uso de recursos genéticos de interesse em programas de melhoramento genético.

Palavras-chave: Café Conilon, Variabilidade genotípica, Nutrição mineral, Morfologia Floral, Análise multivariada.

ABSTRACT

SILVA, Cleidson Alves da; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; February de 2020; **Leaf nutrient concentration and floral morphology in genotypes of *Coffea canephora***; Advisor: Fábio Luiz Partelli.

The search for highly productive and adapted genotypes for each producing region has driven the work of characterization and selection of superior and divergent genotypes. Understanding the genetic diversity in *Coffea canephora*, using the information obtained can favor the best reproductive management of crops, in addition to assisting breeding programs. Thus, considering the economic importance of the crop, the objective was to evaluate the genetic diversity of *C. canephora* based on nutritional characteristics for the first study and floral characteristics for the second. The first study, entitled "Genetic diversity in *C. canephora* genotypes for leaf nutrient concentration", aimed to evaluate the leaf nutrient concentration in coffee genotypes in the pre-flowering and filling of coffee beans. The second, entitled "Genetic diversity in *C. canephora* based on floral morphological characteristics", aimed to evaluate the genetic diversity existing in Conilon coffee genotypes based on floral morphological characteristics. For both studies, multivariate analysis was performed, and it was found that there is genetic diversity among *C. canephora* genotypes based on leaf nutrient concentration, as well as for floral morphological characteristics. Adopting a maximum limit of 60% of dissimilarity between the genotypes, the formation of four and three groups was observed by the UPGMA method for the foliar concentration of nutrients and floral morphological characteristics, respectively. Based on the results obtained and the information generated, the studies can serve as a basis for helping nutritional management and understanding the process of cross-pollination and reproduction of *C. canephora*. Also, assist in the use of genetic resources of interest in genetic improvement programs.

Keywords: Conilon coffee, Genetic variability, Mineral nutrition, Floral morphology, Multivariate analysis.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O café é uma bebida consumida mundialmente, fazendo parte da rotina de milhões de pessoas. A popularização desta bebida em inúmeros países tem despertado o interesse de pesquisadores em diversas áreas. A exemplo, pesquisas têm sido realizadas para verificar a associação do consumo de café com o risco de hipertensão (D'ELIA et al., 2019), a ação protetora contra doenças como a diabetes (YARMOLINSKY et al., 2015), entre outras doenças. De maneira geral, pesquisas têm demonstrado que o consumo de café diariamente é mais frequentemente associado a benefícios a saúde humana do que a danos (POOLE et al., 2017).

Existem diversas espécies de café pertencentes ao gênero *Coffea*, compreendendo pelo menos 124 espécies (DAVIS et al., 2011). Destas espécies de café, somente duas se destacam pelo alto volume produzido, a espécie *C. arabica* (café arábica) e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (Café Conilon/Robusta), que produzem um volume mundial de café de aproximadamente 9,9 milhões de toneladas (ICO, 2020).

Entre os principais países produtores de café, o Brasil se destaca sendo o país de maior produção e exportação de café, produzindo em 2019 cerca de 2,96 milhões de toneladas de café beneficiado. O café arábica representa mais de 70% da produção total (arábica e Conilon) de café do país. No entanto, a produção de café Conilon merece destaque, produzindo um volume de aproximadamente 0,92 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

No Brasil, o estado do Espírito Santo se destaca na produção do cafeeiro Conilon apresentando excelente desempenho nas produtividades médias. Em

seguida, os estados da Bahia e Rondônia também se destacam como principais produtores de café da espécie *C. canephora*, sendo o segundo e terceiro estado de maior produção, respectivamente (CONAB, 2020).

Diversas tecnologias têm sido aplicadas nas regiões produtoras de *C. canephora*. Entre elas, pode-se destacar o uso adequado de irrigação, aumento da densidade de plantio, controle fitossanitário, manejo nutricional adequado e principalmente a utilização de genótipos superiores (PARTELLI et al., 2018). A busca por genótipos altamente produtivos e adaptados para cada região produtora tem impulsionado os trabalhos de caracterização e posteriormente a seleção de genótipos superiores e divergentes.

A diversidade genética pode ser analisada com base em diferentes caracteres. Para a espécie *C. canephora*, pode-se encontrar indivíduos altamente divergentes em inúmeras características, entre elas, características nutricionais e morfológicas. Estes estudos de divergência genética têm grande importância, principalmente para os programas de melhoramento que, para se obter sucesso necessitam de informações sobre os genitores, de modo que o cruzamento seja de indivíduos superiores e divergentes, causando maior efeito heterótico nas próximas gerações (CRUZ et al., 2014).

Diversos estudos de diversidade genética têm sido realizados para a espécie *C. canephora*. Estes estudos se utilizam de avaliações de características nutricionais (GOMES et al., 2016; MARTINS et al., 2019a), morfoagronômicas (GILES et al., 2018), morfoanatômicas foliares (GILES et al., 2019), morfológicas (COVRE et al., 2016), moleculares (FERRÃO et al., 2013), entre outras.

Para a verificação de diversidade genética, a análise multivariada tem sido adotada como método. Este modelo de análise permite ordenar os genótipos em grupos, seguindo algum critério de dissimilaridade, sendo os métodos de otimização e os hierárquicos, os mais utilizados em diversidade genética quantitativa (CRUZ et al., 2014).

Compreender a diversidade genética em *C. canephora*, utilizando as informações obtidas podem favorecer o melhor manejo reprodutivo das lavouras, além de auxiliar programas de melhoramento genético. Diante do exposto, considerando ainda a importância econômica da cultura, objetivou-se avaliar a diversidade genética de *C. canephora* com base em características nutricionais e morfológicas florais.

2 CAPÍTULOS

2.1 DIVERSIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* PARA CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES

Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar a diversidade genética em genótipos de *Coffea canephora* por meio de análises estatística univariada e multivariada baseadas na concentração foliar de macro e micronutrientes em período de pré-florada e granação do cafeeiro. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, conduzido em esquema fatorial 42x2, em que o fator um foram os genótipos avaliados, e o fator dois, os períodos de amostragem das folhas, pré-florada e granação. Os valores obtidos de concentração foliar de nutrientes foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,01$), e foram estimados parâmetros genéticos. Para o estudo da diversidade genética realizou-se o agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico UPGMA. Foi aplicado também o estudo da importância relativa dos caracteres para predição de diversidade genética. Existe divergência genética para os genótipos de *C. canephora* em relação a concentração foliar de nutrientes. Com um limite máximo de 60% de dissimilaridade entre os genótipos, foram observados a formação de quatro grupos pelo método UPGMA. A concentração foliar de S foi a característica de maior contribuição para a diversidade genética existente entre os 42 genótipos avaliados. A variabilidade genotípica deve ser considerada para maior eficiência do diagnóstico nutricional.

Palavras-chave: Café Conilon, Período de amostragem, Nutrição mineral, Análise multivariada.

Abstract

This study analyzed the genetic diversity in *Coffea canephora* genotypes by univariate and multivariate statistical analysis, based on concentrations of macro- and micronutrients in coffee leaves in the stages of pre-flowering and grain filling. The experiment was arranged in randomized blocks with three replications, in a 42x2 factorial design, in which factor one represented the evaluated genotypes and factor two the periods of leaf sampling, i.e., pre-flowering and grain filling. The data of leaf nutrient concentrations were subjected to analysis of variance by the F test ($p < 0.01$), and genetic parameters were estimated. For the study of genetic diversity, the genotypes were grouped by the hierarchical unweighted pair-group method using arithmetic averages (UPGMA). The relative importance of a trait to predict genetic diversity was also studied. There is genetic divergence for leaf nutrient concentration in *C. canephora* genotypes. With a maximum limit of 60% of dissimilarity between genotypes, four groups were also formed by UPGMA. For the 42 evaluated genotypes, leaf S concentration was the most important trait for genetic diversity; this genotypic variability should be investigated to enhance the efficiency of nutritional diagnosis.

Keywords: Conilon coffee, Sampling period, Mineral nutrition, Multivariate analysis.

Introdução

Das espécies do gênero *Coffea*, duas são produzidas comercialmente, a espécie *C. arabica* e *C. canephora*. O Brasil é o maior produtor mundial de café, e nos últimos dez anos aumentou de forma considerável a produtividade do *C. canephora*, com mais de 90% de crescimento (CONAB, 2019). Dentre as tecnologias adotadas para o aumento da produtividade, como a utilização de irrigação, genótipos superiores, aumento da densidade de plantio, controle fitossanitário, destaca-se também o manejo nutricional adequado (PARTELLI et al., 2018).

O estado nutricional das plantas pode ser determinado pelo conteúdo de nutrientes nos tecidos vegetais, sendo as folhas órgãos fisiologicamente ativos, são utilizadas para determinação de diagnóstico nutricional. A correta interpretação da análise foliar constitui-se de uma ferramenta fundamental para o fornecimento adequado de nutrientes para as lavouras cafeeiras, sendo utilizado para este diagnóstico valores de referência como nível crítico e faixa de suficiência (PARTELLI et al., 2007; PARTELLI et al., 2016; PARTELLI et al., 2018). No entanto, estes valores de referência para determinação do estado nutricional não consideram a diversidade genética para a concentração foliar de nutrientes existente em genótipos de café Conilon, característica inerente de uma espécie alógama autoincompatível (GOMES et al., 2016).

A alta variabilidade genética em café Conilon permite identificar indivíduos com diferentes características dentro da espécie (GILES et al., 2018, GILES et al., 2019; MARTINS et al., 2019a). Os genótipos utilizados em lavouras comerciais apresentam diferenças no acúmulo de nutrientes, matéria seca (PARTELLI et al., 2014; MARRÉ et al., 2015), crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2013) e eficiência de absorção e utilização de nutrientes (AMARAL et al. 2011; MARTINS et al., 2013; MARTINS et al., 2016). Desta forma, a variação genotípica constitui-se em um dos principais fatores que promovem diferenças na nutrição da espécie (FAGERIA, 1998).

A análise multivariada tem sido amplamente utilizada para quantificar a divergência genética, sendo uma técnica que permite integrar as múltiplas informações de um conjunto de caracteres extraídos das unidades experimentais,

oferecendo maior oportunidade de escolha de genitores divergentes em programas de melhoramento (FONSECA et al., 2006). Para o estudo da diversidade genética em *C. canephora*, tem sido utilizadas técnicas multivariadas para avaliação de características morfoagronômicas (IVOGLO et al., 2008; GILES et al., 2018) morfológicas (COVRE et al., 2016) e morfoanatômicas foliares (GILES et al., 2019).

Como a absorção, transporte e redistribuição de nutrientes nas plantas estão sob controle genético, existe a possibilidade de melhorar e ou selecionar genótipos para uma utilização mais eficiente dos nutrientes (GABELMAN e GERLOFF, 1983), utilizando como método de análise, as técnicas multivariadas. Sendo assim, a caracterização da variabilidade genética dentro da espécie *C. canephora* em relação a concentração foliar de nutrientes pode favorecer o manejo nutricional da cultura com diagnósticos mais precisos, e ainda gerar informações de importância no planejamento em programas de melhoramento genético. Deste modo, objetivou-se identificar a diversidade genética em genótipos de *C. canephora* por meio de análises estatística univariada e multivariada a partir da concentração foliar de macro e micronutrientes no estágio fenológico de pré-antese e granação do cafeeiro.

Material e Métodos

O Experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Nova Venécia, Norte do Espírito Santo. A área está localizada a 18° 39' 43" sul e 40° 25' 52" oeste, com altitude média de aproximadamente 200 metros, e temperatura média anual de 23°C. O clima predominante na região conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com estação seca (ALVARES et al., 2013). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico e com textura argilosa, relevo ondulado (SANTOS et al., 2018). As características químicas e físicas são descritas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental. Nova Venécia, ES - Brasil.

Atributos químicos	Camadas do Solo (cm)					
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
K (mg dm ⁻³)	110	95	74	57	52	46
S (mg dm ⁻³)	15	11	29	15	15	17
Ca (cmol dm ⁻³)	3,8	3,4	1,9	1	0,7	0,6
Mg (cmol dm ⁻³)	1	0,9	0,4	0,3	0,1	0,1
Al (cmol dm ⁻³)	0	0	0,3	0,7	0,8	0,8

H+Al	1,6	1,8	2,4	2,9	3,1	3,1
pH-H ₂ O	6,6	6,5	5,3	4,8	4,8	4,8
Matéria Orgânica (dag dm ⁻³)	2,1	1,7	1,1	0,8	0,7	0,5
Fe (mg dm ⁻³)	140	138	126	94	88	87
Zn (mg dm ⁻³)	10,2	4,5	2,9	1,1	0,6	0,5
Cu (mg dm ⁻³)	3,4	4,3	3	1,9	1,2	1
Mn (mg dm ⁻³)	207	174	104	46	44	40
B (mg dm ⁻³)	0,81	0,83	0,58	0,55	0,56	0,61
Na (mg dm ⁻³)	11	37	8	6	5	4
Frações granulométrica (g kg ⁻¹)						
Areia total	434	352	188	368	366	376
Silte	86	168	212	32	74	124
Argila	480	480	600	600	560	500

Em 2014 foi realizado o plantio da lavoura comercial de café Conilon, esta constituída por 42 genótipos de *C. canephora*, cultivadas sob condições de pleno sol, no espaçamento de três metros entre fileiras e de um metro entre plantas, desta forma com uma densidade de 3333 plantas por hectare. Os tratamentos culturais foram feitos conforme as orientações técnicas para cultura e consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação por gotejamento.

Os tratamentos receberam 500, 100 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, aplicados dependendo das necessidades da planta e dos estágios fenológicos. Os micronutrientes do solo foram corrigidos aplicando 2 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Zn, 1,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de B, 2,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Cu e 10 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Mn.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, conduzido em esquema fatorial 42x2, em que o fator um foram os genótipos avaliados (Tabela 2), e o fator dois, os períodos de amostragem (pré-florada e granação). Cada parcela experimental foi constituída de 7 plantas, considerando como plantas úteis as 5 plantas centrais.

Tabela 2. Identificação dos 42 genótipos de *Coffea canephora*. Nova Venécia, ES - Brasil.

Identificação	Nome	Identificação	Nome	Identificação	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	Emcapa 143
12	Tardio V	26	Z36	40	Ouro negro 1
13	AP	27	Ouro Negro	41	Ouro negro 2
14	L80	28	18	42	Clementino

Genótipo 33 pertence à cultivar Emcapa 8111 e genótipos 34 e 39 à cultivar Emcapa 8131 (BRAGANÇA et al., 2001). Genótipos 1, 11, 15, 16 e 30 pertencem à cultivar Tributun (GILES et al., 2019) e 30 e 35 pertencem à cultivar Andina (MARTINS et al., 2019b; PARTELLI et al., 2019).

No mês de junho foram coletadas as amostras foliares para o período de pré-florada do cafeeiro, e para o período de granação, as amostras foram coletadas no mês de dezembro. Para ambos os períodos, as amostras foliares foram coletadas nos dois lados da planta entre as carreiras, no terço médio da planta, em folhas localizadas no terceiro ou quarto par de folhas a partir do ápice dos ramos plagiotrópicos. As folhas foram colocadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65°C até atingir massa constante.

O material coletado foi encaminhado para laboratório de análises de tecido vegetal para a determinação da concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e Boro (B), segundo a metodologia descrita por Silva (2009).

Os valores para a concentração foliar de nutrientes foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,01$) para cada característica individualmente para verificação de variação genética entre os genótipos. Foram estimados para a concentração foliar de cada nutriente, o coeficiente de variação experimental (CVe) que estima a influência do ambiente, o coeficiente de variação genético (CVg) que estima a variabilidade genética e o coeficiente de determinação genotípico (H^2) que estima o controle genético das características avaliadas. O algoritmo de Scott Knott ($p \leq 0,05$) foi empregado para o agrupamento das médias de concentração foliar dos nutrientes entre os genótipos.

Para o estudo da diversidade genética, foi estabelecido como medida de dissimilaridade a matriz de distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e realizou-se o agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico *Unweighted Pair Group*

Method using Arithmetic Averages (UPGMA). Foi aplicado também o estudo da importância relativa das concentrações foliares de nutrientes para predição de diversidade genética de acordo com Singh (1981). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Genes (CRUZ, 2016).

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, houve diferença significativa na concentração foliar de todos os nutrientes a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F para as períodos e genótipos avaliados, com exceção do Zn, que não foi significativo para ambas as fontes de variação (Tabela 3). Interação significativa entre períodos e genótipos avaliados, ocorreu somente para Ca, S e Cu. Os resultados significativos apontam uma resposta diferencial entre os genótipos avaliados, indicando a existência de variabilidade para a concentração foliar de nutrientes, tornando possível os estudos relacionados a diversidade genética.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, estimativas do coeficiente de variação experimental (CVe), coeficiente de variação genético (CVg) e coeficiente de determinação genotípico (H^2) para concentração foliar de macro e micronutrientes em 42 genótipos de *Coffea canephora* em período de pré-florada e granação. Nova Venécia, ES - Brasil.

Nutrientes	Quadrado médio				Média	CVe (%)	CVg (%)	H^2 (%)
	Períodos (P)	Genótipos (G)	P x G	Resíduo				
N	724,71**	5,47*	2,47 ^{ns}	3,23	26,63	6,75	2,29	40,81
P	2,11**	0,02**	0,01 ^{ns}	0,01	1,08	8,39	4,71	65,41
K	1352,42**	7,26**	3,50 ^{ns}	2,81	11,63	14,42	7,40	61,23
Ca	1067,45**	32,14**	16,72**	8,33	18,34	15,73	10,85	74,07
Mg	290,87**	5,73**	1,42 ^{ns}	1,32	5,86	19,58	14,61	76,96
S	10,50**	0,70**	0,16**	0,08	2,05	14,13	15,72	88,12
Fe	35145,14**	638,16**	402,20 ^{ns}	282,11	90,65	18,52	8,49	55,79
Zn	6,34 ^{ns}	4,93 ^{ns}	4,32 ^{ns}	3,53	7,79	24,11	6,19	28,39
Cu	80,01**	36,13**	17,35**	8,06	16,21	17,51	13,33	77,67
Mn	4053847,00**	76890,91**	22610,86 ^{ns}	31852,94	596,43	29,92	14,52	58,57
B	5040,19**	489,81**	110,32 ^{ns}	92,93	63,25	15,24	12,85	81,02

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

Para a maioria das concentrações foliares, o coeficiente de variação experimental (CVe) esteve abaixo de 20%, faixa considerável aceitável para

experimentos com culturas perenes como o café (FERRÃO et al., 2008). O menor valor foi obtido pela concentração foliar de N e o maior para o Mn, o que sugere a menor influência do ambiente para o N e maior para o Mn (Tabela 3). Menor CVe para a concentração foliar de N e maior para Mn também foram encontrados por Partelli et al. (2007, 2016, 2018) e Gomes et al. (2016), avaliando a concentração foliar destes nutrientes em período de pré-florada e granação.

Valores de Coeficiente de variação genético (CVg) oscilando de 2,29% para concentração foliar de N e 15,72% para S foram observados (CVg) (Tabela 3). Este parâmetro, por estar diretamente ligado a variabilidade genética, permite ao melhorista ter uma noção da grandeza relativa das mudanças que podem ser obtidas por meio da seleção (FERREIRA et al., 2016).

A estimativa para o coeficiente de determinação genotípico (H^2) apresentou valor mínimo de 28,39% para a concentração foliar de Zn, e valor máximo de 88,12% para o nutriente S, sendo que valores próximos de 100%, indicam alto controle genético para as características em questão, tendo a mesma baixa influência ambiental. (Tabela 3). Juntamente com a concentração foliar de S, a concentração de Cu e Mg foram os maiores valores observados para este parâmetro. Avaliando a concentração de macronutrientes em tecidos vegetais de genótipo de *C. canephora*, Starling et al. (2019) também observaram que a concentração de S e Mg se destacaram entre os macronutrientes com maiores valores de H^2 . Por meio das estimativas de H^2 é verificado o grau de confiança que o valores fenotípicos encontrados representam os valores genotípicos (FERRÃO et al., 2008).

Para a concentração foliar dos macronutrientes N, P e K, os valores obtidos pelos genótipos no período de granação foram superiores aos verificados no período de pré-florada em 13,59%, 18,18% e 49,67%, respectivamente (Tabela 4). Estes resultados concordam com os encontrados por Partelli et al. (2016; 2018), em que a concentração foliar de N, P e K foram maiores em período de granação. Neste período ocorre maior taxa de crescimento das plantas de *C. canephora* (PARTELLI et al., 2010), e estes nutrientes desempenham papéis fundamentais no metabolismo, essenciais para o funcionamento do aparelho fotossintético. O nutriente N é constituinte de muitos componentes celulares vegetais, incluindo clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos, o P é componente de intermediários da respiração e da fotossíntese, e também de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético

das plantas, como ATP, e o K desempenha um papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais, participando diretamente da abertura estomática (TAIZ et al., 2015).

De maneira inversa aos macronutrientes primários (N, P e K) a concentração foliar de Mg, Fe, Mn e B, obtiveram maiores valores em período de pré-florada, sendo 44,88%, 29,95%, 54,01% e 15,22% maiores que o período de granação, respectivamente (Tabela 4). Partelli et al. (2016; 2018) também observaram maiores concentrações destes nutrientes em períodos de pré-florada. Todos estes nutrientes são importantes para o desenvolvimento da planta, e devem ser mantidos em concentrações adequados nos tecidos vegetais de acordo com a demanda metabólica. O Mg é constituinte da molécula de clorofila e requerido por muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfatos, o Fe tem um importante papel como componente de enzimas que estão envolvidas na transferência de elétrons, o B está envolvido no alongamento celular e no metabolismo de ácidos nucleicos, e o Mn requerido para a atividade de algumas enzimas, como as descarboxilases e as desidrogenases envolvidas no ciclo de Krebs (TAIZ et al., 2015).

Tabela 4. Concentração foliar média de N, P, K, Mg, Fe, Mn e B em 42 genótipos de *Coffea canephora* em período de pré-florada e granação. Nova Venécia, ES - Brasil.

Períodos	Macronutrientes (g kg ⁻¹)				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)		
	N	P	K	Mg	Fe	Mn	B
Pré-florada	24,93 b	0,99 b	9,32 b	6,94 a	102,46 a	723,26 a	67,72 a
Granação	28,32 a	1,17 a	13,95 a	4,79 b	78,84 b	469,60 b	58,77 b

Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Com base no agrupamento das médias pelo teste de Scott-Knott, os genótipos foram divididos em dois grupos dissimilares para a concentração foliar de N, P, K, Fe e Mn. Para a concentração de Mg e B, os genótipos obtiveram maior variabilidade, formando três e quatro grupos dissimilares, respectivamente (Tabela 5). Os mesmos genótipos identificados no grupo com as maiores médias para determinado nutriente, aparecem também no grupo com as menores médias para outro nutriente. No entanto, o genótipo 3 se destaca por aparecer com maior frequência no grupo com as maiores médias, permanecendo no grupo superior em seis nutrientes (N, K, Mg, Fe, Mn, B). Inversamente, os genótipos 5, 8, 14, 17 e 30 não são identificados no grupo com maiores médias para a concentração foliar de nenhum destes nutrientes avaliados.

Tabela 5. Concentração foliar média de N, P, K, Mg, Fe, Mn e B em 42 genótipos de *Coffea canephora*. Nova Venécia, ES - Brasil.

Genótipos	— Macronutrientes (g kg ⁻¹) —				— Micronutrientes (mg kg ⁻¹) —		
	N	P	K	Mg	Fe	Mn	B
1	28,23 a	1,06 b	10,52 b	6,29 b	86,33 b	675,16 a	82,16 a
2	28,71 a	1,05 b	11,87 a	5,53 c	84,33 b	832,33 a	70,33 b
3	28,71 a	1,05 b	12,29 a	7,26 a	111,16 a	647,50 a	88,83 a
4	25,28 b	1,08 b	12,39 a	5,25 c	84,50 b	519,83 b	50,50 d
5	25,41 b	1,03 b	11,35 b	5,77 c	87,50 b	550,16 b	61,00 c
6	26,13 b	0,97 b	9,89 b	8,53 a	92,66 b	680,50 a	83,16 a
7	27,53 a	1,15 a	10,21 b	7,55 a	83,50 b	757,83 a	65,50 c
8	26,85 b	1,01 b	10,21 b	6,58 b	89,16 b	553,66 b	58,50 c
9	26,25 b	1,16 a	11,56 a	5,82 c	88,16 b	748,50 a	63,66 c
10	26,21 b	0,99 b	11,56 a	6,44 b	105,83 a	535,33 b	59,33 c
11	25,18 b	1,02 b	11,77 a	6,00 b	101,16 a	628,83 a	70,16 b
12	26,42 b	1,14 a	12,81 a	5,63 c	88,16 b	719,16 a	53,83 d
13	28,66 a	1,11 a	12,08 a	6,33 b	85,00 b	572,66 b	65,00 c
14	24,94 b	1,05 b	10,00 b	6,82 b	85,00 b	530,00 b	61,66 c
15	26,32 b	1,03 b	11,56 a	6,41 b	87,16 b	630,33 a	66,50 c
16	26,62 b	1,05 b	10,94 b	7,72 a	97,50 a	675,66 a	78,16 a
17	25,66 b	1,04 b	10,73 b	5,64 c	84,83 b	485,50 b	54,00 d
18	26,42 b	1,09 a	12,08 a	6,11 b	88,83 b	767,16 a	64,50 c
19	26,20 b	1,03 b	13,02 a	5,13 c	103,66 a	478,33 b	54,33 d
20	26,33 b	1,03 b	12,29 a	4,34 c	78,83 b	542,66 b	50,50 d
21	26,55 b	1,17 a	12,40 a	6,06 b	76,50 b	411,33 b	63,16 c
22	26,76 b	1,02 b	12,60 a	7,31 a	89,16 b	585,50 b	63,00 c
23	26,84 b	1,12 a	13,33 a	5,34 c	88,50 b	711,33 a	71,33 b
24	26,47 b	1,17 a	11,25 b	5,45 c	88,00 b	491,83 b	63,83 c
25	28,21 a	1,16 a	11,56 a	5,39 c	122,16 a	333,66 b	52,83 d
26	27,77 a	1,12 a	14,48 a	4,69 c	89,66 b	471,00 b	60,33 c
27	27,09 a	1,12 a	11,77 a	5,41 c	85,83 b	718,00 a	67,50 b
28	27,61 a	1,08 b	14,06 a	4,47 c	85,16 b	536,66 b	53,16 d
29	25,88 b	1,11 a	11,88 a	4,69 c	109,33 a	571,50 b	53,00 d
30	25,88 b	0,99 b	10,00 b	5,25 c	86,33 b	545,83 b	68,50 b
31	27,63 a	1,21 a	10,83 b	4,69 c	112,16 a	353,83 b	65,66 c
32	26,16 b	0,97 b	11,15 b	5,24 c	94,83 b	609,16 a	59,00 c
33	27,83 a	1,12 a	12,29 a	5,38 c	92,16 b	611,33 a	58,50 c
34	26,37 b	1,15 a	12,19 a	5,13 c	78,50 b	623,66 a	50,16 d

35	26,51 b	1,05 b	12,81 a	4,48 c	88,16 b	540,16 b	55,66 d
36	27,46 a	1,16 a	10,52 b	6,84 b	94,00 b	829,33 a	64,16 c
37	26,86 b	1,11 a	11,35 b	6,17 b	96,16 b	626,00 a	65,83 c
38	26,56 b	1,01 b	10,42 b	7,11 a	86,33 b	688,00 a	69,00 b
39	25,34 b	1,05 b	11,04 b	6,27 b	74,00 b	611,16 a	73,16 b
40	27,40 a	1,18 a	11,87 a	5,46 c	76,83 b	574,00 b	63,50 c
41	26,64 b	1,06 b	12,19 a	4,33 c	81,33 b	589,33 b	52,33 d
42	24,82 b	1,03 b	9,58 b	5,98 b	99,16 a	486,50 b	61,16 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Diferenças significativas na concentração foliar de nutrientes em genótipos de *C. canephora* também foram verificadas por Gomes et al. (2016) e Martins et al. (2019b). Estas diferenças observadas entre os genótipos podem estar relacionadas a afinidade de absorção de nutrientes, à compartimentalização nas raízes ou outros órgãos da planta, a mobilidade nos vasos do xilema e floema e às modificações na rizosfera durante o crescimento (MARSCHNER, 1995). Outro fator importante é que os genótipos de *C. canephora* possuem diferentes taxas de acúmulo de biomassa (PARTELLI et al. 2013), podendo desta forma, ocorrer efeitos de diluição de nutrientes em genótipos com maiores taxas de acúmulo de biomassa, e efeito de concentração de nutrientes em genótipos com menores taxas de acúmulo de biomassa. Estas variações genéticas proporcionam as diferenças nos teores foliares dos nutrientes, indicando que entre cultivares e entre linhagens, existe maior ou menor eficiência de absorção, de translocação ou de utilização de nutrientes pela planta (FERREIRA et al., 2010), havendo, portanto, a possibilidade de melhorar e, ou, selecionar cultivares mais eficientes quanto ao uso de nutrientes (FERREIRA et al., 2013).

As significâncias das interações para a concentração de Ca, S e Cu, indicam uma resposta diferencial dos genótipos para os dois períodos de amostragem, pré-florada e granação. Para o período de pré-florada, os genótipos foram agrupados em três grupos para a concentração foliar de Ca, S e Cu. No período de granação, dois grupos foram formados para Ca e Cu, e quatro grupos para o S (Tabela 6).

Para o nutriente Ca, nenhum dos genótipos avaliados obtiveram para o período de granação concentração foliar superior ao período de pré-florada, sendo na maior parte iguais estatisticamente para os dois períodos ou inferiores para o período de granação, indicando uma tendência de maior concentração deste

nutriente para o período de pré-florada (Tabela 6). Maiores concentrações de Ca em período de pré-florada também foram verificadas por Partelli et al. (2016; 2018). Os genótipos 1, 6, 10, 11 e 16 se destacam para a concentração foliar deste nutriente por estarem no grupo com as maiores médias para os dois períodos. O nutriente Ca tem dois papéis distintos nas plantas, um papel estrutural e um papel sinalizador, no qual atua como mensageiro secundário que inicia as respostas vegetais aos estímulos ambientais (DODD et al., 2010).

Tabela 6. Desdobramento da interação para concentração foliar de Ca, S e Cu em 42 genótipos de *Coffea canephora* em período de pré-florada e granação. Nova Venécia, ES - Brasil.

Genótipos	Ca (g kg ⁻¹)		S (g kg ⁻¹)		Cu (mg kg ⁻¹)	
	Pré-florada	Granação	Pré-florada	Granação	Pré-florada	Granação
1	26,31 Aa	18,40 Ab	1,82 Ca	1,65 Da	12,66 Ca	14,66 Ba
2	17,39 Ca	17,30 Aa	1,82 Ca	2,10 Ca	9,33 Cb	14,00 Ba
3	22,06 Ba	18,90 Aa	1,71 Ca	2,17 Ca	10,33 Cb	15,33 Ba
4	17,84 Ca	13,37 Ba	1,98 Ca	2,29 Ca	16,00 Ba	16,66 Ba
5	17,57 Ca	14,78 Ba	1,55 Ca	1,96 Ca	15,66 Ba	16,00 Ba
6	27,29 Aa	18,24 Ab	1,89 Cb	2,56 Ba	15,66 Ba	16,66 Ba
7	18,01 Ca	18,95 Aa	1,78 Ca	2,20 Ca	15,00 Ca	19,00 Aa
8	17,65 Ca	20,21 Aa	1,52 Cb	2,06 Ca	9,00 Cb	17,00 Ba
9	22,11 Ba	20,84 Aa	2,13 Bb	2,88 Ba	16,66 Ba	16,66 Ba
10	24,74 Aa	19,28 Ab	1,75 Cb	2,56 Ba	15,00 Cb	25,00 Aa
11	24,80 Aa	21,35 Aa	1,88 Ca	2,20 Ca	12,00 Ca	15,00 Ba
12	22,39 Ba	14,95 Bb	1,62 Ca	2,02 Ca	17,00 Ba	18,00 Aa
13	21,26 Ba	15,93 Bb	1,88 Ca	2,20 Ca	19,33 Aa	20,66 Aa
14	20,72 Ba	14,00 Bb	1,86 Ca	1,59 Da	14,00 Cb	20,00 Aa
15	22,08 Ba	18,05 Aa	1,78 Cb	2,56 Ba	16,33 Ba	18,00 Aa
16	25,21 Aa	19,63 Ab	2,17 Ba	2,35 Ca	15,66 Ba	15,00 Ba
17	22,65 Ba	16,72 Bb	1,92 Ca	2,05 Ca	15,33 Ba	16,00 Ba
18	17,51 Ca	17,32 Aa	1,75 Ca	1,92 Da	14,33 Cb	19,00 Aa
19	19,41 Ca	16,99 Aa	1,63 Ca	2,00 Ca	17,00 Ba	16,33 Ba
20	18,80 Ca	13,93 Bb	1,62 Ca	1,57 Da	13,00 Ca	13,00 Ba
21	19,83 Ca	15,58 Ba	1,71 Ca	2,03 Ca	21,00 Aa	15,33 Bb
22	16,92 Ca	18,67 Aa	2,09 Bb	3,52 Aa	19,00 Aa	16,33 Ba
23	16,41 Ca	14,72 Ba	1,86 Ca	2,12 Ca	20,33 Aa	18,66 Aa
24	20,80 Ba	13,33 Bb	1,55 Ca	1,68 Da	15,66 Ba	16,33 Ba
25	16,04 Ca	12,22 Ba	1,59 Ca	1,74 Da	11,66 Cb	18,33 Aa

26	18,37 Ca	20,57 Aa	2,45 Bb	3,06 Ba	14,00 Ca	15,00 Ba
27	21,93 Ba	12,06 Bb	1,62 Cb	2,10 Ca	16,66 Ba	16,66 Ba
28	15,57 Ca	15,05 Ba	1,72 Cb	2,23 Ca	18,33 Aa	15,66 Ba
29	17,91 Ca	12,29 Bb	1,76 Cb	2,30 Ca	13,00 Ca	13,33 Ba
30	28,06 Aa	15,99 Bb	1,65 Ca	2,09 Ca	10,00 Ca	13,33 Ba
31	20,03 Ca	15,74 Ba	1,85 Ca	1,74 Da	13,33 Ca	15,33 Ba
32	18,86 Ca	14,32 Ba	1,89 Ca	1,85 Da	13,33 Ca	15,00 Ba
33	17,91 Ca	18,90 Aa	2,19 Bb	2,67 Ba	17,33 Ba	21,33 Aa
34	16,06 Ca	14,68 Ba	1,72 Ca	2,16 Ca	20,33 Aa	18,33 Aa
35	19,67 Ca	14,62 Bb	1,72 Cb	2,23 Ca	17,66 Ba	15,33 Ba
36	22,30 Ba	15,53 Bb	1,69 Ca	2,09 Ca	19,33 Aa	21,33 Aa
37	21,51 Ba	15,37 Bb	3,03 Ab	3,81 Aa	21,33 Aa	16,66 Bb
38	21,00 Ba	16,16 Bb	2,02 Cb	2,56 Ba	19,33 Aa	17,66 Aa
39	22,57 Ba	15,98 Bb	2,03 Ca	2,23 Ca	14,00 Ca	12,00 Ba
40	21,45 Ba	16,07 Bb	1,90 Ca	2,36 Ca	22,66 Aa	18,00 Ab
41	16,09 Ca	13,33 Ba	1,82 Cb	2,39 Ca	18,66 Aa	16,66 Ba
42	21,65 Ba	13,52 Bb	1,58 Cb	2,79 Ba	11,00 Cb	16,00 Ba
Média	20,40	16,28	1,84	2,25	15,65	16,78

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott-Knott respectivamente, a 5% de probabilidade.

Para a concentração foliar de S, os genótipos obtiveram resposta inversa ao Ca, onde as maiores concentrações foram observadas no período de granação para dezesseis genótipos, sendo os demais considerados estatisticamente iguais para os dois períodos, indicando tendência de maior concentração para o período de granação (Tabela 6). Para a concentração deste nutriente, o genótipo 37 se destaca por constituir um grupo de forma individual para o período de pré-florada, sendo superior aos demais grupos formados. E para o período de granação, o genótipo 37 e 22 formam o grupo com as maiores médias. O teor de S nos tecidos vegetais destes materiais é de grande importância, pois este nutriente é constituinte de coenzimas, vitaminas e certos aminoácidos que são essenciais para o metabolismo, sua deficiência pode causar redução do crescimento da planta, de forma similar ao nitrogênio (CAPALDI et al., 2015).

Semelhante ao S, pode-se observar uma tendência de maior concentração de Cu para o período de granação, com exceção dos genótipos 21, 37 e 40, que obtiveram média superior para o período de pré-florada (Tabela 6). A importância de concentrações adequadas deste nutriente nas plantas está relacionada a sua função, sendo essencial para a respiração mitocondrial, para o metabolismo de

carbono e nitrogênio, para a proteção do estresse oxidativo, necessário para a síntese de parede celular e participa de reações fotossintéticas, em que mais da metade do Cu nas plantas é encontrada nos cloroplastos (HÄNSCH e MENDEL, 2009). Sendo assim, os genótipos 13, 23, 34, 36, 38 e 40 se destacam, obtendo altos valores de concentração foliar de Cu para os dois períodos avaliados.

O agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico UPGMA, utilizando-se como medida de dissimilaridade genética, a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), considerando a concentração foliar de macro e micronutrientes nos dois períodos, pré-florada e granação, permitiu a formação do dendrograma. Ao se estabelecer um limite máximo de 60% de dissimilaridade entre os genótipos, foram observados a formação de quatro grupos (Figura 1).

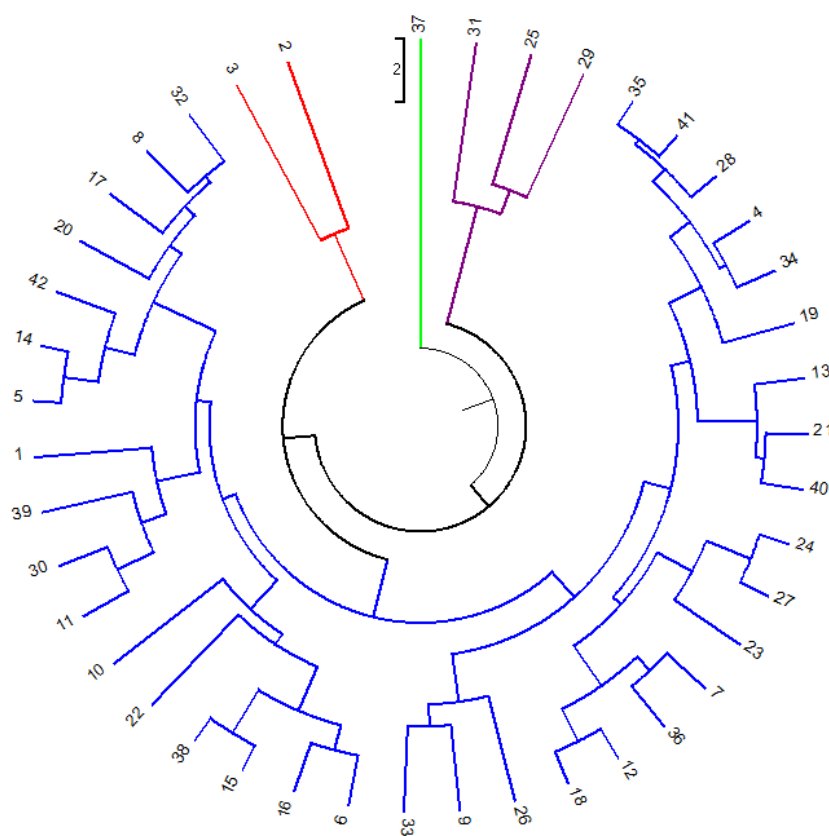


Figura 1. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 42 genótipos de *C. canephora*, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), considerando em período de pré-florada e granação, a concentração foliar de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, manganês e boro. Correlação cofenética= 0.62.

O primeiro grupo obtido pelo método UPGMA foi formado apenas pelo genótipo 37. O segundo grupo foi formado por três genótipos, 31, 25 e 29. Os genótipos 2 e 3 formaram o terceiro grupo obtido, e o quarto grupo foi composto por

trinta e seis genótipos, representando 85,71% do total de genótipos avaliados. A formação dos grupos, considerados divergentes entre si, indica a variabilidade existente entre genótipos de *C. canephora* para a concentração foliar de nutrientes. Utilizando o método hierárquico UPGMA, Gomes et al. (2016) e Martins et al. (2019b), também observaram a formação de grupos divergentes de genótipos de *C. canephora* para características nutricionais. Para o programa de melhoramento, o estudo da diversidade genética por meio de técnicas multivariadas, auxiliam no planejamento e definição de estratégias de trabalho (IVOGLO et al., 2008).

De acordo com o agrupamento formado pelo método UPGMA, calculou-se para cada grupo, a média das características avaliadas, permitindo assim, conhecer as concentrações foliares que diferenciam os grupos (Tabela 7). O primeiro grupo, sendo representado unicamente pelo genótipo 37, é caracterizado pela maior concentração de S e Cu, e menor concentração de K. O segundo grupo possui característica de maior concentração de P e Fe, e menores concentrações foliares para Mg, Mn, B, Ca e S. Para o terceiro grupo, maiores concentrações de N, K, Mg, Mn, B e Ca, e menores concentrações para P e Cu são observadas. O quarto grupo se diferencia dos demais por não apresentar maiores concentrações foliares para nenhum dos nutrientes avaliados, sendo caracterizado por menores concentrações de N e Fe.

Tabela 7. Médias das concentrações foliares de macro e micronutrientes em *Coffea canephora* para os grupos formados pelo método UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2). Nova Venécia, ES – Brasil.

Grupos	Macronutrientes						Micronutrientes			
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	B
G1	26,86	1,11	11,35	18,44	6,17	3,42	96,16	19,00	626,00	65,83
G2	27,24	1,16	11,42	15,71	4,92	1,83	114,55	14,16	419,66	57,16
G3	28,71	1,05	12,08	18,91	6,40	1,95	97,75	12,25	739,92	79,58
G4	26,52	1,07	11,64	18,53	5,90	2,04	88,12	16,53	602,37	62,77

Para determinar a contribuição relativa da concentração foliar dos nutrientes avaliados, foi utilizado o método de Singh (1981), que obtiveram valores com amplitude de 4,69 a 22,52% (Tabela 8). As concentrações foliares que mais contribuíram para a divergência genética entre os 42 genótipos foram dos nutrientes S (22,52%), Cu (11,54%), B (11,46%) e Mg (11,10%), que em conjunto são responsáveis por 56,62% da variabilidade entre os genótipos.

Tabela 8. Contribuição relativa da concentração foliar de macro e micronutrientes para diversidade genética em 42 genótipos de *Coffea canephora*, conforme método de Singh (1981), distância generalizada de Mahalanobis (D^2). Nova Venécia, ES - Brasil.

Nutrientes	S.j	Valor (%)	Valor acumulado (%)
S	2539,352978	22,52	22,52
Cu	1300,724814	11,54	34,06
B	1291,781259	11,46	45,52
Mg	1250,1168	11,10	56,62
P	1122,41325	9,96	66,58
Ca	1102,525267	9,78	76,36
Fe	747,869333	6,63	82,99
Mn	730,187555	6,48	89,47
K	660,416076	5,86	95,33
N	528,287387	4,69	100

A concentração foliar de N, foi a característica que menos contribuiu para a diversidade genética entre os genótipos (Tabela 8). Starling et al. (2019) obteve resultados semelhantes, em que a concentração de N nos tecidos vegetais de genótipos de *C. canephora* obteve a menor contribuição relativa pelo método de Sing (1981). O estudo da importância relativa das características para a divergência genética é de grande relevância, pois fornece estimativas para o descarte daquelas de menor importância para discriminação dos genótipos (GUEDES et al., 2013).

Conclusões

Existe divergência genética entre os genótipos de *C. canephora* para a concentração foliar de nutrientes durante os estádios fenológicos da pré-florada e granação do cafeeiro.

O genótipo 3 (Bicudo) se destaca por manter altos valores de concentração foliar para seis nutrientes avaliados, N, K, Mg, Fe, Mn e B.

A concentração foliar de S foi a característica de maior contribuição para a diversidade genética existente entre os 42 genótipos avaliados, seguido pela concentração de Cu, B e Mg.

Para melhor eficiência do diagnóstico nutricional, sugere-se que além dos períodos de amostragem, pré-florada e granação, a variabilidade genotípica para a concentração foliar de nutrientes seja considerada.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- AMARAL, J. F. T., MARTINEZ, H. E. P, LAVIOLA, B. G., FERNANDES FILHO, E. I., CRUZ, C. D Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, n.4, p.621-629, 2011.
- BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.765-770, 2001.
- CAPALDI, F. R.; GRATÃO, P. L.; REIS, A. R.; LIMA, L. W.; AZEVEDO, R. A. Sulfur metabolism and stress defense responses in plants. **Tropical Plant Biology**, v.8, n.3-4, p.60-73, 2015.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Café**. Brasília: CONAB, v. 5, n. 4, 2018. 20p. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/24571_eec1a3f8fdc30883717a497a09f7d159 >. Acesso em: 15 jan., 2019.
- COVRE, A. M.; CANAL, L.; PARTELLI, F. L.; ALEXANDRE, R. S.; FERREIRA, A.; VIEIRA, H. D. Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.3, p.385-392, 2016.
- CRUZ, C.D. Programa Genes - Ampliado e integrado aos aplicativos R, Matlab e Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- DODD, A. N.; KUDLA, J.; SANDERS, D. The Language of Calcium Signaling. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, p.593-620, 2010.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.6-16, 1998.
- FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.61-69, 2008.
- FERREIRA, A. D.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, J. G. Absorção, translocação e eficiência no uso dos macronutrientes em cafeeiros (*Coffea arabica*) enxertados em Apoatã IAC 2258 (*Coffea canephora*). **Interciencia**, v.35, n.11, p.818-822, 2010.
- FERREIRA, A. D.; CARVALHO, G. R.; ABRAHÃO, J. C. R.; REZENDE, R. M.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, A. M. Dinâmica dos micronutrientes em cafeeiros enxertados. **Revista Ceres**, v.60, n.2, p.262-269, 2013.
- FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. L.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.1, p.158-166, 2016.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Divergência genética em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.599-605, 2006.

GABELMAN, W. H., GERLOFF, G. C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant and Soil**, v.72, n.2, p.335-350, 1983.

GILES, J. A. D.; FERREIRA, A. D.; PARTELLI, F. L.; AOYAMA, E. M.; RAMALHO, J. C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A. R. Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 231-236, 2019.

GILES, J. A. D.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J. P.; OLIOSI, G.; SILVA, F. H. L. Genetic diversity of promising 'conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.2437-2446, 2018.

GOMES, W. R.; RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; PARTELLI, F. L. Genetic diversity of standard leaf nutrients in *Coffea canephora* genotypes during phenological phases. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.4, p.1-13, 2016.

GUEDES, J. M.; VILELA, D. J. M.; REZENDE, J. C.; SILVA, F. L.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, S. P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, v.72, n.2, p.127-132, 2013.

HÄNSCH, R.; MENDEL, R.R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). **Current Opinion in Plant Biology**, v.12, p.259-266, 2009.

IVOGLO, M. G.; FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; GALLO, P. B.; MISTRO, J. C.; SILVAROLLA, M. B.; TOMA-BRAGHINI, M. Divergência genética entre progênes de café robusta. **Bragantia**, v.67, n.4, 823-831, 2008.

MARRÉ, W. B.; PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M.; GONTIJO, I.; VIEIRA, H. D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1456-1462, 2015.

MARSCHNER, H. (1995). **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. New York: Academic Press.

MARTINS, L. D., RODRIGUES, W. N., MACHADO, L. S., BRINATE, S. V. B., COLODETTI, T. V., FERREIRA, D. S., COGO, A. D., APOSTOLICO, M. A., TEODORO, P. E., TOMAZ, M. A., AMARAL, J. F. T., PARTELLI, F. L., RAMALHO, J. C. Genotypes of conilon coffee can be simultaneously clustered for efficiencies of absorption and utilization of N, P and K. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.38, p.3633-3642, 2016.

MARTINS, L. D., TOMAZ, M. A., AMARAL, J. F. T., BRAGANÇA, S. M., MARTINEZ, H. E. P. Efficiency and response of conilon coffee clones to phosphorus fertilization. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 406-411, 2013.

MARTINS, M. Q.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; GOLYNSKI, A.; VIEIRA, H. D.; FREITAS, M. S. M.; RAMALHO, J. C. Genetic variability on nutrient contents in *Coffea canephora* genotypes cultivated at 850 meters of altitude in two crop seasons. **Functional Plant Breeding Journal**, v.1, n.1, p.1-12, 2019a.

MARTINS, Q. M.; PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; PIMENTEL, N. S.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; RAMALHO, J. C. Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. **Scientia Horticulturae**, v.252, p.238-242, 2019b.

PARTELLI, F. L., MARRÉ, W. B., FALQUETO, A. R., VIEIRA, H. D., CAVATTI, P. C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8, p.108-116, 2013.

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.214-222, 2014.

PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; FERREIRA, A.; MARTINS, M. Q.; MAURI, A. L.; RAMALHO, J. C.; VIEIRA, H. D. Andina - first clonal cultivar of high-altitude conilon coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 4, p. 476-480, 2019.

PARTELLI, F. L.; GOMES, W. R.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Normas foliares e diagnóstico nutricional do cafeeiro na pré-florada e granação, no Espírito Santo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 544 - 554, 2016.

PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; COVRE, A. M.; VIEIRA, H. D.; DIAS, J. R. M.; BRAUN, H. Nutritional standards and nutritional diagnosis of the Conilon coffee plants in phenological growth stages. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n.19, p.1-11, 2018.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; CARVALHO, V. B.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Diagnosis and Recommendation Integrated System Norms, Sufficiency Range, and Nutritional Evaluation of Arabian Coffee in Two Sampling Periods. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, n.10, p.1651 – 1667, 2007.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SILVA, M. G.; RAMALHO, J. C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.3, p.619-626, 2010.

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. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 5. ed. Embrapa, Brasília, 2018.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2nd ed., p. 627. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, Mumbai, v.41, p.237-245, 1981.

STARLING, L.C.T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W.N.; REINICKE, T.M.; COLODETTI, T.V.; AMARAL, J.F.T.; PARTELLI, F. L.; TOMAZ, M. A.; ESPINDULA,

M. C. Genetic diversity in nutritional parameters in response to drought of *Coffea canephora* cultivated in Rondônia state, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v.18, n.2, p.1-12, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6.ed., New York: Sinauer Associates, 2015.

2.2 DIVERSIDADE GENÉTICA EM *Coffea canephora* COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FLORAIS

Resumo

Objetivou-se com o trabalho verificar e analisar existência da diversidade genética para as características morfológicas florais em genótipos de *Coffea canephora*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. A parcela principal foi constituída por seis genótipos de café Conilon, e as subparcelas pelos dois anos de avaliação, 2018 e 2019. Oito características florais foram mensuradas nos genótipos cafeeiro. Para cada característica avaliada, submeteu-se à análise de variância pelo teste F ($<0,01$), e foram estimados parâmetros genéticos. Para o estudo da diversidade genética realizou-se o agrupamento dos genótipos pelo método de otimização de Tocher e método hierárquico UPGMA. Foi aplicado também o estudo da importância relativa dos caracteres para predição da diversidade genética, e a correlação de Spearman para avaliar o grau em que as características estavam relacionadas entre si. O genótipo Pirata se destaca, possuindo características morfológicas florais superiores, formando um grupo isolado pelo método de Tocher e método UPGMA. O comprimento do estilete foi a característica que mais contribuiu para a diversidade genética, seguido pela altura do tubo da corola e comprimento dos lóbulos estigmáticos. As características florais estão correlacionadas positivamente, sendo a altura do tubo da corola e o comprimento do estilete, as que possuem maior grau de correlação. Os resultados obtidos podem servir de base para o entendimento da

polinização e reprodução da espécie, e ainda, auxiliar no uso de recurso genéticos de interesse em programas de melhoramento vegetal.

Palavras-chave: Morfologia Floral, Flores, Variabilidade genotípica, Análise multivariada.

Abstract

The objective of the work was to verify and analyze the existence of genetic diversity for floral morphological characteristics in genotypes of *Coffea canephora*. The experimental design was in randomized blocks, in a split plot scheme, with five replications. The main plot consisted of six Conilon coffee genotypes, and the subplots for the two years of evaluation, 2018 and 2019. Eight floral characteristics were measured in the coffee genotypes. For each trait evaluated, it was subjected to analysis of variance by the F test (<0.01), and genetic parameters were estimated. For the study of genetic diversity, genotypes were grouped using Tocher's optimization method and UPGMA hierarchical method. It was also applied the study of the relative importance of the characters to predict genetic diversity, and the Spearman correlation to assess the degree to which the characteristics were related to each other. The Pirate genotype stands out, having superior floral morphological characteristics, forming an isolated group by the Tocher method and UPGMA method. The stylet length was the characteristic that most contributed to genetic diversity, followed by the height of the corolla tube and the length of the stigmatic lobes. The floral characteristics are positively correlated, with the height of the corolla tube and the length of the stylet being those with the highest degree of correlation. The results obtained can serve as a basis for understanding the pollination and reproduction of the species, and also assist in the use of genetic resources of interest in plant breeding programs.

Introdução

O café é uma das bebidas mais populares e consumidas por milhões de pessoas em todo o mundo. Seu consumo habitual traz benefícios a saúde humana, sendo associado por exemplo, a um efeito protetor contra doenças como a diabetes (YARMOLINSKY et al., 2015). O Brasil possui papel de destaque no cenário mundial, sendo o maior produtor e exportador de café. Duas espécies são cultivadas de forma significativa, a espécie *Coffea arabica* e a espécie *C. canephora* (ICO, 2019).

Diferente da espécie *C. arabica*, a espécie *C. canephora* é uma espécie alógama que apresenta um mecanismo de autoincompatibilidade do tipo gametofítica, que favorece sua alogamia (CONAGIN & MENDES, 1961; BERTHAUD, 1980; NOWAK et al., 2011; VÁZQUEZ et al., 2019). As populações de espécies alógamas se reproduzem por fertilização cruzada e são caracterizadas por grande heterogeneidade, permitindo identificar diferentes características dentro da espécie. Portanto, em *C. canephora*, os indivíduos são altamente heterozigóticos, proporcionando alta diversidade genética.

Para análise da diversidade genética e discriminação dos genótipos de *C. canephora* têm sido utilizadas características morfoanatômicas foliares (GILES et al., 2019), morfoagronômicas (GILES et al., 2018), morfológicas (COVRE et al., 2016), nutricionais (MARRÉ et al., 2015; MARTINS et al., 2019a), de acúmulo de matéria seca (PARTELLI et al., 2014) e crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2013). No entanto, a distinção dos genótipos de *C. canephora* por meio de características morfológicas florais não tem sido relatada em literatura.

As flores de *C. canephora* são hermafroditas, as inflorescências se desenvolvem no eixo das folhas dos ramos plagiotrópicos, possuem pedúnculos que individualmente possuem estilo com dois lóbulos estigmáticos, ovário inferior, estames presos ao tubo da corola e anteras acopladas por um filete curto. A floração ocorre no início da manhã após longo período de estiagem, e o estigma se torna receptivo logo após a abertura das flores, possibilitando o processo de fecundação cruzada (CHARRIER & BERTHAUD, 1985).

As flores estão diretamente envolvidas em várias etapas do processo reprodutivo das plantas. Para *C. canephora*, tendo os grãos como produto comercial,

as flores são fundamentais. Pelo processo da polinização cruzada e fecundação, as flores asseguram a produtividade de grãos, e do ponto de vista ecológico, a perpetuação da espécie pela dispersão de sementes. Nas plantas, muitos traços florais estão relacionados ao processo de polinização e fertilização, garantindo a transferência do pólen, o subsequente crescimento do tubo polínico através do estilete e, finalmente, a fertilização do óvulo (FERNÁNDEZ et al., 2009). Características como o comprimento do pistilo (YANG & WANG et al., 2015), diâmetro do corola (SHAO et al., 2012), tamanho do pólen (MCCALLUM & CHANG, 2016), antera e estigma (SOLÍS-MONTERO & VALLEJO-MARÍN, 2017), podem influenciar este processo reprodutivo.

O conhecimento da diversidade das características morfológicas das flores é fundamental para o entendimento do processo de reprodução, dando suporte informativo para interpretação dos mecanismos relacionados a polinização e auxiliando os trabalhos de melhoramento de plantas. Para a quantificação da diversidade genética em *C. canephora*, o uso da análise multivariada tem sido eficiente para a diferenciação de genótipos (GILES et al., 2018, GILES et al., 2019, MARTINS et al., 2019a), sendo uma técnica que permite integrar um conjunto de dados, para que não haja perda de informações, facilitando as interpretações dos resultados (BARBOSA et al., 2019).

Dado a importância das flores para o sistema reprodutivo, torna-se importante o estudo da variação intraespecífica das características morfológicas florais. Deste modo, objetivou-se verificar e analisar a existência da diversidade genética para as características morfológicas florais em genótipos de *C. canephora*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Universidade federal do Espírito Santo no município de São Mateus, estado do Espírito Santo. A área está localizada a 18° 40' 25" Sul e 40° 51' 23" Oeste, com altitude média de 36 metros, e temperatura média anual de 24°C. O solo do local é classificado como Argissolo de textura franco, com relevo ondulado (SANTOS et al., 2018). O clima predominante na região conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com estação seca no outono-inverno e estação chuvosa na primavera-verão (ALVARES et al., 2013).

Em 2017 foi realizado o plantio da lavoura experimental constituída de genótipos de *C. canephora*, cultivadas sob condições de pleno sol, no espaçamento de três metros entre fileiras e de um metro entre plantas, desta forma com uma densidade de 3333 plantas por hectare. Os tratos culturais foram feitos conforme as orientações técnicas para cultura e consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação por gotejamento.

As avaliações foram realizadas nos anos de 2018 e 2019. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Cada repetição foi constituída pela avaliação de cinco flores. A parcela principal foi constituída por seis genótipos de café Conilon. Os genótipos avaliados foram o 143 pertencente a cultivar Emcapa 8131 (BRAGANÇA et al., 2001), os genótipos Pirata e Bamburral pertencentes a cultivar Tributun (GILES et al., 2019), o genótipo P1 pertencente a cultivar Andina (MARTINS et al., 2019b), o genótipo A1 pertencente tanto a cultivar Tributun (GILES et al., 2019) quanto a Andina (MARTINS et al., 2019b), e o genótipo denominado LB1. As subparcelas foram formadas pelos anos de avaliação das características, 2018 e 2019.

As flores foram sempre analisadas no início do período da manhã, logo após o florescimento. Para a análise das características morfológicas florais, as flores foram coletadas aleatoriamente em ramos plagiotrópicos localizados no terço médio inferior da planta. Oito características morfológicas florais foram avaliadas nos genótipos cafeeiros, sendo a altura do tubo da corola, diâmetro do tubo da corola, número de estames, comprimento de lóbulos, comprimento de estames, comprimento da antera, comprimento do estilete e comprimento dos lóbulos estigmáticos (Figura 1). Estas características foram mensuradas por meio de paquímetro digital, com exceção do número de estames, que foi realizado a contagem manual.

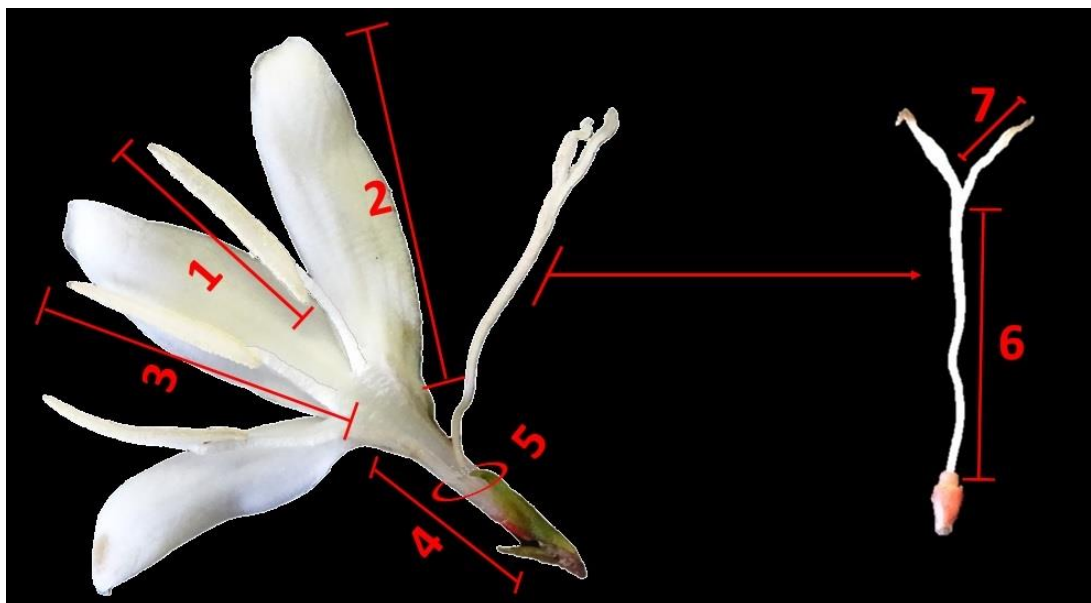


Figura 1. Representação da flor de *C. canephora* com as características morfológicas florais mensuradas. Comprimento da antera (1), Comprimento dos lóbulos (2), Número e comprimento do estame (3), Altura do tubo da corola (4), Diâmetro do tubo da corola (5), Comprimento do estilete (6) e Comprimento dos lóbulos estigmáticos (7).

Para cada característica morfológica floral, os valores foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($<0,01$) para verificar a existência de variação genética entre os genótipos. O algoritmo de Scott Knott ($p \leq 0,05$) foi empregado para o agrupamento das médias obtidas das oito variáveis morfológicas florais analisadas. Foram estimados o coeficiente de variação experimental (CVe), coeficiente de variação genético (CVg) e coeficiente de determinação genotípico (H^2) para cada característica floral. Para o estudo da diversidade genética, foi estabelecido como medida de dissimilaridade a matriz da distância generalizada de Mahalanobis (D^2). E, visando agrupar os genótipos mais similares, realizou-se o agrupamento pelo método de otimização de Tocher e o método hierárquico *Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages* (UPGMA).

Para identificar as principais características florais que contribuem para a diversidade genética, foi aplicado o estudo da importância relativa com base no método proposto por Singh (1981). Esta análise direcionou o descarte de variáveis que não alteraram de modo significativo o agrupamento pelo método de Tocher. Utilizou-se as análises de correlação não paramétrica de Spearman para avaliar o grau em que as características morfológicas florais de *C. canephora* estavam

relacionadas entre si. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Genes (CRUZ, 2016).

Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância, houve diferença significativa para todas as variáveis a 1% de probabilidade pelo teste F, indicando a existência de variabilidade para as características florais entre os genótipos de *C. canephora* (Tabela 1). De acordo com Aguiar et al. (2004), avaliando características florais como número de inflorescência por axila, número de flores por inflorescência, compatibilidade e fertilidade do pólen das flores de *C. arabica*, concluíram que estas características florais sofrem poucas variações entre as cultivares avaliadas. No entanto, essas duas espécies se diferem, entre outras características pelo modo reprodutivo, sendo o *C. arabica* uma planta autógama, e *C. canephora* alógama, se reproduzindo por polinização cruzada, causando grande heterogeneidade entre os genótipos desta espécie. Os resultados obtidos confirmam variações para as características morfológicas florais em genótipos de *C. canephora*. Estas variações, como o número, o arranjo e a forma dos órgãos florais definem o aspecto geral da flor, o que apresenta grande importância sistemática e ecológica, principalmente com relação aos processos de polinização (ENDRESS, 2011).

Tabela 1. Resumo da análise de variância, estimativas do coeficiente de variação experimental (CVe), coeficiente de variação genético (CVg) e coeficiente de determinação genotípico (H^2) para altura do tubo da corola (ATC), diâmetro do tubo da corola (DTC), número de estames (N. Estames), comprimento de lóbulos (C. Lóbulos), comprimento de estames (C. Estames), comprimento da antera (C. Antera), comprimento de estilete (C. Estilete) e comprimento dos lóbulos estigmáticos (C. Estigmático). São Mateus, ES – Brasil.

Variáveis	Quadrado médio			Média	CVe (G)	CVe (A)	CVg	H^2
	Genótipos (G)	Ano (A)	G x A					
ATC	39,639**	0,790 ^{ns}	0,127 ^{ns}	9,66	7,31	5,80	20,48	98,74
DTC	0,016**	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1,54	4,09	2,86	2,33	76,35
N. Estames	1,796**	0,096 ^{ns}	0,081 ^{ns}	5,47	3,21	3,68	7,67	98,28
C. Lóbulos	7,390**	0,829 ^{ns}	0,343 ^{ns}	15,54	3,32	3,60	5,43	96,39
C. Estames	9,365**	0,055 ^{ns}	0,194 ^{ns}	12,21	4,19	4,91	7,81	97,19
C. Antera	9,603**	0,015 ^{ns}	0,266 ^{ns}	9,69	5,39	5,32	9,97	97,15
C. Estilete	67,152**	0,517 ^{ns}	0,981 ^{ns}	17,37	3,90	6,01	14,86	99,31
C. Estigmático	10,514**	0,018 ^{ns}	0,348 ^{ns}	6,20	7,05	6,56	16,38	98,17

^{ns} e **, não significativo e significativo a 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste F.

Foram obtidos valores de coeficiente de variação experimental (CVe) com amplitude de 3,21% (número de estames) para o menor valor, e 7,31% (altura do tubo da corola) para o maior valor, indicando boa precisão do experimento (PIMENTEL-GOMES, 2009). Valores oscilando entre 2,33% e 20,48% foram obtidos entre as variáveis para o coeficiente de variação genético (CVg), sendo os valores deste parâmetro sempre maiores que os valores de CVe, com exceção para a variável diâmetro do tubo da corola. Estes resultados são importantes em estudos de diversidade genética, pois o CVg está diretamente ligado a variabilidade genética, permitindo ao melhorista ter uma noção da grandeza relativa das mudanças que podem ser obtidas por meio da seleção (FERREIRA et al., 2016).

Com exceção do diâmetro do tubo da corola, todas as demais características obtiveram valores acima de 95% para herdabilidade (H^2). Por meio destas elevadas estimativas de H^2 verifica-se quanto os valores fenotípicos representam os valores genotípicos dos materiais genéticos estudados (FERRÃO et al., 2008). A herdabilidade é um dos parâmetros genéticos mais importante para a verificação do controle genético das características e da eficiência do processo de seleção, mensurando a proporção relativa dos efeitos genotípicos e ambientais na expressão das características (RAMALHO et al., 2016).

Com base no agrupamento das médias pelo teste de Scott-Knott, os genótipos foram divididos em dois grupos dissimilares para o diâmetro do tubo da corola. Três grupos foram formados para o comprimento de lóbulos, comprimento de estames e comprimento dos lóbulos estigmáticos. Para a variável número de estames, quatro grupos foram formados. E maior variabilidade entre os genótipos foram observados para as variáveis altura do tubo da corola, comprimento da antera e comprimento do estilete, que formaram para estas características cinco grupos dissimilares (Tabela 2).

Tabela 2. Altura do tubo da corola (ATC), diâmetro do tubo da corola (DTC), número de estames (N. Estames), comprimento de lóbulos (C. Lóbulos), comprimento de estames (C. Estames), comprimento da antera (CA), comprimento de estilete (C. Estilete) e comprimento dos lóbulos estigmáticos (C. Estigmático) em genótipos de *Coffea canephora*. São Mateus, ES – Brasil.

Variáveis	Genótipos						Média
	Pirata	Bamburral	A1	P1	143	LB1	
	----- mm -----						
ATC	11,11 b	7,80 e	10,48 c	8,41 d	7,64 e	12,48 a	9,66

DTC	1,60 a	1,49 b	1,53 b	1,52 b	1,51 b	1,56 a	1,54
N. Estames	5,92 a	5,20 c	6,00 a	5,00 d	5,14 c	5,58 b	5,47
C. Lóbulos	17,14 a	14,65 c	15,16 b	15,38 b	15,71 b	15,17 b	15,54
C. Estames	13,84 a	12,08 b	10,86 c	12,37 b	12,27 b	11,80 b	12,21
C. Antera	11,08 a	8,45 e	8,83 e	9,83 c	9,50 d	10,42 b	9,69
C. Estilete	20,56 a	14,50 e	18,42 c	15,11 e	15,73 d	19,87 b	17,37
C. Estigmático	8,07 a	6,04 b	6,12 b	6,34 b	5,55 c	5,07 d	6,20

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Para a altura do tubo da corola, o genótipo LB1 obteve a maior média entre os genótipos, formando o grupo superior de forma isolada. Para a variável diâmetro do tubo da corola, o genótipo Pirata, juntamente com o genótipo LB1, constituem o grupo superior com as maiores médias. Estudos referentes a características como o comprimento do tubo da corola têm sido analisados por influenciar o processo de polinização. Lázaro et al. (2015) estudando os efeitos do comprimento do tubo da corola, observaram que corolas mais longas são associadas a maiores volumes de néctar, o que potencialmente pode alterar o comportamento de visitação das flores pelos insetos polinizadores em busca do néctar no tubo da corola.

Para a variável número de estames, o genótipo Pirata compõe com o genótipo A1 o grupo com os maiores valores. E para o comprimento dos estames, o genótipo Pirata constitui de forma isolada o grupo com a maior média. Esta diferenciação genotípica pode estar relacionada ao processo de formação dos órgãos reprodutivos, que dependem do tamanho e expansão do meristema da flor, quanto maior o tamanho inicial do meristema, maior a expansão meristemática que ocorre e maior o número de órgãos reprodutivos que serão produzidos, a interação entre a rápida expansão meristemática e a iniciação de órgãos resulta em um arranjo único de estame na flor (BULL-HEREÑU et al., 2018).

Para as demais características, comprimento de lóbulos, comprimento da antera, comprimento do estilete e comprimento dos lóbulos dos estigmáticos, o genótipo Pirata, constitui de forma isolada, o grupo com as maiores médias (Tabela 2). Os resultados obtidos são importantes, estas características estão diretamente ligadas ao sucesso reprodutivo de *C. canephora*. O estigma é a estrutura receptora do grão de pólen, e encontra-se receptivo logo após a abertura das flores no início da manhã (CHARRIER & BERTHAUD, 1985). Desta forma, o maior comprimento dos lóbulos estigmáticos para o genótipo Pirata sugere maior superfície de contato na recepção do pólen vindos de outros genótipos para que ocorra a fecundação

cruzada entre genótipos. O estilete conecta o ovário ao estigma, e de acordo com Yang & Wang (2015), o comprimento mais longo desta estrutura pode fornecer mais espaço para garantir que o pólen de cruzamento supere o auto pólen depositado nos estigmas, aumentando a eficiência da fecundação cruzada. De forma semelhante, o maior comprimento da antera para o genótipo Pirata torna-se uma importante observação, pois são nestas estruturas que estão alocados os grãos de pólen indicando a possibilidade de que ocorra maior quantidade de pólen neste genótipo pelo maior tamanho das anteras.

Considerando todas as características avaliadas, o genótipo Pirata mantém as maiores médias para sete das oito variáveis analisadas, destacando-se entre os genótipos, indicando desta forma, que possui flores de maior tamanho (Tabela 2). O tamanho da flor está relacionado à eficiência do processo de polinização tanto dentro como entre espécies vegetais, influenciando a atração do polinizador (KRIZEK & ANDERSON, 2013). Flores com maiores exibições florais contêm mais recompensas de néctar e são mais visíveis do que flores menores (ARENA et al., 2018), e são preferidas pelas abelhas para a visitação (MAKINO & SAKAI, 2007), sendo este processo diretamente ligado a polinização cruzada da espécie *C. canephora*, tendo as abelhas como um dos agentes de polinização.

Com base nas oito características florais avaliadas, o agrupamento dos genótipos pelo método de otimização de Tocher, utilizando como medida de dissimilaridade a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), dividiu os seis genótipos em três grupos. O primeiro grupo foi formado pelos genótipos Bamburral, P1 e 143. O segundo grupo foi constituído pelos genótipos A1 e LB1. E o terceiro grupo foi formado apenas pelo genótipo Pirata (Tabela 3).

Tabela 3. Agrupamentos entre seis genótipos de *Coffea canephora*, obtido pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2), considerando oito características florais. São Mateus, ES – Brasil.

Grupos	Genótipos
1	Bamburral, P1, 143
2	A1, LB1
3	Pirata

Para o agrupamento dos genótipos, o método de otimização de Tocher minimiza a distância dos indivíduos dentro dos grupos e maximiza a distância entre os grupos formados (CRUZ et al., 2014). Portanto, a alocação do genótipo pirata em

um grupo de forma isolada evidencia a alta divergência deste genótipo para as características morfológicas florais. Avaliando características morfoagronômicas em 28 genótipos de *C. canephora*, Giles et al. (2018) observaram a alta divergência para o genótipo Pirata, constituindo de forma isolada um grupo pelo método de otimização de Tocher, corroborando com os resultados obtidos para as características florais e confirmando as maiores médias de variáveis morfológicas para este genótipo.

O agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico UPGMA, utilizando-se como medida de dissimilaridade genética, a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), considerando as oito características florais, permitiu a formação do dendrograma. Ao se estabelecer um limite máximo de 60% de dissimilaridade entre os genótipos, foram observados a formação de três grupos (Figura 1).

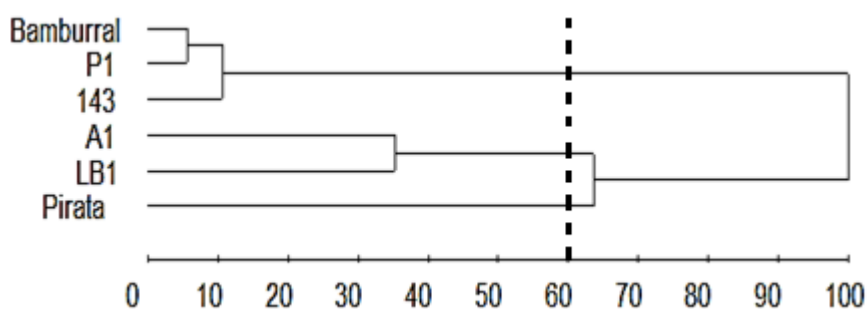


Figura1. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre seis genótipos de *Coffea canephora*, obtido pelo método UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), considerando oito características florais. Correlação cofenética= 0,81.

Os grupos formados pelo método hierárquico UPGMA foram semelhantes ao agrupamento dos genótipos pelo método de otimização de Tocher, principalmente quando se estabeleceu o limite máximo de 60% de dissimilaridade entre os genótipos, em que baseados neste critério, houve correspondência total dos dois métodos para todos os grupos formados. Similaridade entre os métodos de otimização de Tocher e UPGMA foram obtidos por Covre et al. (2016) avaliando características morfológicas, Giles et al. (2018) avaliando características morfoagronômicas e Giles et al. (2019) para características morfoanatômicas foliares, ambos em genótipos de *C. canephora*. Os métodos de otimização de Tocher e hierárquico UPGMA usam critérios distintos para configurar a distância entre os genótipos (CRUZ et al., 2014), sendo assim, a similaridade no agrupamento

pelos dois métodos aumentam a consistência dos resultados obtidos, confirmando a alta divergência genética entre os genótipos avaliados para as características florais, alocando-os em grupos distintos para ambos os métodos.

Para o estudo da contribuição relativa das características florais avaliadas para discriminação dos genótipos, foi utilizado o método de Singh (1981), obtendo amplitude máxima de contribuição de 39,78% e mínima de 2,45% (Tabela 4). De acordo com os resultados, as características florais que mais contribuíram para a divergência genética foram comprimento do estilete (39,78%), altura do tubo da corola (22,41%), comprimento dos lóbulos estigmáticos (12,67%) e comprimento de lóbulos (10,01%), que em valor acumulado contribuem em 84,87% da variabilidade entre os seis genótipos avaliados. De maneira inversa, as características comprimento da antera (3,71%), comprimento de estames (3,27%) e diâmetro do tubo da corola (2,45%) são as de menores contribuições, que mesmo em conjunto são responsáveis por apenas 9,43% da variabilidade genotípica.

Tabela 4. Contribuição relativa para comprimento de estilete (C. Estilete), altura do tubo da corola (ATC), comprimento dos lóbulos estigmáticos (C. Estigmático), comprimento de lóbulos (C. Lóbulos), número de estames (N. Estames), comprimento da antera (C. Antera), comprimento de estames (C. Estames) e diâmetro do tubo da corola (DTC) para diversidade genética em seis genótipos de *Coffea canephora*, conforme método de Singh (1981), distância generalizada de Mahalanobis (D^2). São Mateus, ES - Brasil.

Variáveis	S.j	Valor (%)	Valor acumulado (%)
C. Estilete	1232,593047	39,78	39,78
ATC	694,585291	22,41	62,19
C. Estigmático	392,722239	12,67	74,86
C. Lóbulos	310,21008	10,01	84,87
N. Estames	176,09103	5,68	90,55
C. Antera	115,10916	3,71	94,26
C. Estames	101,441664	3,27	97,53
DTC	75,899286	2,45	100

O estudo da importância relativa das características para a divergência genética é de grande relevância, pois fornece estimativas para o descarte daquelas de menor importância para discriminação dos genótipos (GUEDES et al., 2013). Desta forma, a característica diâmetro do tubo da corola foi a variável que obteve menor contribuição para a variabilidade entre os genótipos, e ao ser descartada, não alterou a conformação do agrupamento pelo método de Tocher, sugerindo menos

ênfase a esta característica em análises morfológicas florais de *C. canephora*. O comprimento dos estames e comprimento da antera apesar de obterem valores semelhantes de contribuição relativa, ao serem descartados para a formação do agrupamento pelo método de Tocher, resultados distintos foram verificados, em que o comprimento de estames alterou significativamente o arranjo dos genótipos nos grupos, e o comprimento da antera, apesar de valor pouco superior ao comprimento de estames, não alterou a formação inicial do agrupamento pelo método de Tocher.

As características morfológicas florais foram correlacionadas, e verificou-se que 67,85% das correlações foram significativas, sendo todas positivas (Tabela 5). A magnitude de associação significativa entre as características variou de 0,27 para o menor valor de correlação a 0,79 para o maior valor. Quatro características florais estão relacionadas entre as maiores correlações obtidas, sendo a altura do tubo da corola, comprimento de lóbulos, comprimento de estames, comprimento da antera e comprimento do estilete, sendo a correlação entre estas características florais sempre com coeficientes acima de 0,60. Correlações positivas para as características morfológicas florais também foram verificados por Prado et al. (2019) para a espécie *C. canephora*. As correlações positivas indicam que o aumento de uma característica está interligado ao aumento de outras características, dessa forma, as flores que são maiores em uma característica são maiores de modo geral.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Spearman entre oito características morfológicas florais em seis genótipos de *Coffea canephora*. São Mateus, ES - Brasil.

	DTC	C. Lóbulos	N. Estames	C. Estames	C. Antera	C. Estilete	C. Estigmático
ATC	0,548*	0,274*	0,561**	-0,002	0,544**	0,795**	0,053
DTC	----	0,422**	0,367**	0,361**	0,560**	0,524**	0,245
C. Lóbulos		----	0,145	0,643**	0,608**	0,431**	0,372**
N. Estames			----	-0,158	0,119	0,647**	0,217
C. Estames				----	0,616**	0,158	0,442**
C. Antera					----	0,585**	0,283*
C. Estilete						----	0,079
C. Estigmático							----

Valores em negrito e asteriscos indicam correlações significativas (* $P \leq 0,05$ e ** $P \leq 0,01$).

Entre as correlações mais fortes, destaca-se a correlação entre a altura do tubo da corola e o comprimento do estilete. A correlação entre estas duas características também foi verificada por Prado et al. (2019) em cafeeiros,

encontrando valores de correlação de até 0,92. Plantas com tubos de corola mais profundos têm estiletes mais longos (YANG & WANG, 2015). As correlações entre o tamanho de estruturas como o estilete e as métricas de tamanho de componentes da corola são de particular interesse, sendo a corola mediada pela atração de polinizadores, podendo afetar a fecundidade ou a fertilidade, e as alterações nas estruturas do estilete podem afetar a eficiência de polinização (BARR & FISHMAN, 2011).

Conclusões

Há diversidade genética entre os genótipos de *C. canephora* com base nas características morfológicas florais destacando-se o genótipo Pirata formando um grupo isolado pelos métodos de agrupamento utilizado.

As características florais estão correlacionadas positivamente. Entre elas, o comprimento do estilete da flor, é a característica que mais contribuiu para a diversidade genética, seguidos pela altura do tubo da corola e o comprimento dos lóbulos estigmáticos.

Este estudo pode servir de base, auxiliando o entendimento do processo de polinização cruzada e reprodução do *C. canephora*. E ainda, auxiliar no uso de recurso genéticos de interesse em programas de melhoramento genético.

Referências

AGUIAR, A. T. E.; GUERREIRO-FILHO, O.; MALUF, M. P.; GALLO, P. B.; FAZUOLI, L. C. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, v.63, n.2, p.179-192, 2004.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ARENA, M. E.; LENCINAS, M. V.; RADICE, S. Variability in floral traits and reproductive success among and within populations of *Berberis microphylla* G. Forst., an underutilized fruit species. **Scientia Horticulturae**, v.218, p. 65-73, 2018.

BARBOSA, I. P.; COSTA, W. G.; NASCIMENTO, M.; CUZ, C. D.; OLIVEIRA, A. C. B. Recomendação de genótipos de *Coffea arabica* por análise fatorial. **Euphytica**, v. 215, n. 178, p. 1-10, 2019.

BARR, C. M.; FISHMAN, L. Cytoplasmic male sterility in *Mimulus* hybrids has pleiotropic effects on corolla and pistil traits. **Heredity**, v.106, p.886–893, 2011.

- BERTHAUD, J. L'Incompatibilit  chez *Coffea canephora*: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao Th **, Nogent-sur-Marne, v. 24, n.4, p. 167-174. 1980.
- BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.765-770, 2001.
- BULL-HERE U, K.; CRAENE, L. R.; PÉREZ, F. Floral meristem size and organ number correlation in *Eucryphia* (Cunoniaceae). **Journal of Plant Research**, v.131, p. 429–441, 2018.
- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. **Botanical classification of coffee**. In: Coffee - Botany, biochemistry and production of beans and beverage. CLINFFORT, M.N. &WILLSON, K.C. (eds.), Springer, Boston MA, 1985.
- CONAGIN, C. H. T. M.; MENDES, A. J. T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: auto-incompatibilidade em *Coffea canephora* pierre ex froehner. **Bragantia**, v. 20, p.788–804, 1961.
- COVRE, A. M.; CANAL, L.; PARTELLI, F. L.; ALEXANDRE, R. S.; FERREIRA, A.; VIEIRA, H. D. Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.3, p.385-392, 2016.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol. 2, 3rd ed., Viçosa: UFV, 2014.
- CRUZ, C.D. Programa Genes - Ampliado e integrado aos aplicativos R, Matlab e Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, n.4, p.547–552, 2016.
- ENDRESS, P. K. Evolutionary diversification of the flowers in angiosperms. **American Journal of Botany**, v.98, n.3, p. 370–396, 2011.
- FERNÁNDEZ, V. A., L. GALETTO, J. ASTEGIANO. Influence of flower functionality and pollination system on the pollen size–pistil length relationship. **Organisms, Diversity & Evolution** v. 9, p. 75– 82, 2009.
- FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.61-69, 2008.
- FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. L.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Sele o recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.1, p.158-166, 2016.
- GILES, J. A. D.; FERREIRA, A. D.; PARTELLI, F. L.; AOYAMA, E. M.; RAMALHO, J. C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A. R. Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 231-236, 2019.
- GILES, J. A. D.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J. P.; OLIOSI, G.; SILVA, F. H. L. Genetic diversity of promising 'conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.2437-2446, 2018.

ICO - International Coffee Organization. **Trade statistics**. Disponível em: [http://www.ico.org/trade_statistics.asp]. Acesso em: 10 nov., 2019.

KRIZEK, B. A.; ANDERSON, J. T. Control of flower size. **Journal of Experimental Botany**, v. 64 n. 6, p. 1427–1437, 2013.

LÁZARO, A.; VIGNOLO, C.; SANTAMARÍA, L. Long corollas as nectar barriers in *Lonicera implexa*: interactions between corolla tube length and nectar volume. **Evolutionary Ecology**, v. 29, p. 419–435, 2015.

MAKINO, T. T.; SAKAI, S. Experience changes pollinator responses to floral display size: from size-based to reward-based foraging. **Functional Ecology**, v. 21, p. 854–863, 2007.

MARRÉ, W. B.; PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M.; GONTIJO, I.; VIEIRA, H. D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1456-1462, 2015.

MARTINS, M. Q.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; GOLYNSKI, A.; VIEIRA, H. D.; FREITAS, M. S. M.; RAMALHO, J. C. Genetic variability on nutrient contents in *Coffea canephora* genotypes cultivated at 850 meters of altitude in two crop seasons. **Functional Plant Breeding Journal**, v.1, n.1, p.1-12, 2019a.

MARTINS, Q. M.; PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; PIMENTEL, N. S.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; RAMALHO, J. C. Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. **Scientia Horticulturae**, v.252, p.238-242, 2019b.

MCCALLUM, B.; CHANGM S, M. Pollen competition in style: Effects of pollen size on siring success in the hermaphroditic common morning glory, *Ipomoea purpurea*. **American Journal of Botany**, v. 103, p. 460– 470, 2016.

NOWAK, M. D.; DAVIS, A. P.; ANTHONY, F.; YODER, A. D. Expression and Trans-Specific Polymorphism of Self-Incompatibility RNases in *Coffea* (Rubiaceae). **PLoS ONE**, v. 6, n. 6, 2011.

PARTELLI, F. L., MARRÉ, W. B., FALQUETO, A. R., VIEIRA, H. D., CAVATTI, P. C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8, p.108-116, 2013.

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.214-222, 2014.

PIMENTEL-GOMES, P. (2009). **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq.

PRADO, S.G., COLLAZO, J.A., STEVENSON, P.C., IRWIN, R. E. A comparison of coffee floral traits under two different agricultural practices. **Scientific Reports**, v. 9, n. 7331, p. 1-13 2019.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 516-523, 2016.

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. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 5. ed. Embrapa, Brasília, 2018.

SHAO, J. F.; QUAN, Q. M.; CAI, W. G.; GUAN, L. L.; WU, W. The effect of floral morphology on seed set in *Carthamus tinctorius* Linnaeus (Asteraceae) clones of Sichuan province in China. **Plant Systematics and Evolution**, v. 298, p. 59–68, 2012.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, Mumbai, v.41, p.237-245, 1981.

SOLIS-MONTERO, L.; VALLEJO-MARIN, M. Does the morphological fit between flowers and pollinators affect pollen deposition? An experimental test in a buzz-pollinated species with anther dimorphism. **Ecology and Evolution**, v.7, n.8, 2706 - 2715, 2017.

VÁZQUEZ, N.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H.; VIEIRA, C. P.; FDEZ-RIVEROLA, F.; VIEIRA, J.; REBOIRO-JATO, M. 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**, v.11, p.57-67, 2019.

YANG, C. F.; WANG, Q. F. Nectarless flowers with deep corolla tubes in *Pedicularis*: Does long pistil length provide an arena for male competition? **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 179, n. 3, p. 526–532, 2015.

YARMOLINSKY, J.; MUELLER, N. T.; DUNCAN, B. B.; MOLINA, M. C. B.; GOULART, A. C.; SCHMIDT, M. I. Coffee Consumption, Newly Diagnosed Diabetes, and Other Alterations in Glucose Homeostasis: A Cross-Sectional Analysis of the Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). **PLoS ONE**, v. 10, n. 5, p. 1-15, 2015.

3 CONCLUSÕES GERAIS

Existe divergência genética na população de *C. canephora* baseadas em características nutricionais e características morfológicas florais, formando grupos distintos de genótipos para ambas as características avaliadas.

Ambos os estudos fornecem informações importantes para o processo reprodutivo de *C. canephora*. Para a diversidade genética baseada na concentração foliar de nutrientes, conclui-se que para maior eficiência do diagnóstico nutricional, deve ser considerado as diferenças genotípicas.

Para a diversidade genética encontrada nas características morfológicas florais, conclui-se que os resultados obtidos e as informações geradas por estes resultados, podem servir de base auxiliando o entendimento do processo de polinização cruzada e reprodução do *C. canephora*.

4 REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. T. E.; GUERREIRO-FILHO, O.; MALUF, M. P.; GALLO, P. B.; FAZUOLI, L. C. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, v.63, n.2, p.179-192, 2004.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

AMARAL, J. F. T., MARTINEZ, H. E. P, LAVIOLA, B. G., FERNANDES FILHO, E. I., CRUZ, C. D Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, n.4, p.621-629, 2011.

ARENA, M. E.; LENCINAS, M. V.; RADICE, S. Variability in floral traits and reproductive success among and within populations of *Berberis microphylla* G. Forst., an underutilized fruit species. **Scientia Horticulturae**, v.218, p. 65-73, 2018.

BARBOSA, I. P.; COSTA, W. G.; NASCIMENTO, M.; CUZ, C. D.; OLIVEIRA, A. C. B. Recomendação de genótipos de *Coffea arabica* por análise fatorial. **Euphytica**, v. 215, n. 178, p. 1-10, 2019.

BARR, C. M.; FISHMAN, L. Cytoplasmic male sterility in *Mimulus* hybrids has pleiotropic effects on corolla and pistil traits. **Heredity**, v.106, p.886–893, 2011.

BERTHAUD, J. L'Incompatibilitê chez *Coffea canephora*: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao Thé**, Nogent-sur-Marne, v. 24, n.4, p. 167-174. 1980.

BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.765-770, 2001.

BULL-HEREÑU, K.; CRAENE, L. R.; PÉREZ, F. Floral meristem size and organ number correlation in *Eucryphia* (Cunoniaceae). **Journal of Plant Research**, v.131, p. 429–441, 2018.

CAPALDI, F. R.; GRATÃO, P. L.; REIS, A. R.; LIMA, L. W.; AZEVEDO, R. A. Sulfur metabolism and stress defense responses in plants. **Tropical Plant Biology**, v.8, n.3-4, p.60-73, 2015.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. **Botanical classification of coffee**. In: Coffee - Botany, biochemistry and production of beans and beverage. CLINFFORT, M.N. & WILLSON, K.C. (eds.), Springer, Boston MA, 1985.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Café**. Brasília: CONAB, v. 5, n. 4, 2019. 19p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_17_14_51_54_boletim_cafe_-_janeiro_de_2017.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2020.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Café**. Brasília: CONAB, v. 5, n. 4, 2018. 20p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/24571_eec1a3f8fdc30883717a497a09f7d159>. Acesso em: 15 jan., 2020.

CONAGIN, C. H. T. M.; MENDES, A. J. T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: auto-incompatibilidade em *Coffea canephora* pierre ex froehner. **Bragantia**, v. 20, p.788–804, 1961.

COVRE, A. M.; CANAL, L.; PARTELLI, F. L.; ALEXANDRE, R. S.; FERREIRA, A.; VIEIRA, H. D. Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.3, p.385-392, 2016.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol. 2, 3rd ed., Viçosa: UFV, 2014.

CRUZ, C.D. Programa Genes - Ampliado e integrado aos aplicativos R, Matlab e Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, n.4, p.547–552, 2016.

D'ELIA, L.; FATA, E. L.; GALLETI, F.; SCALFI, L.; STRAZZULLO, P. Coffee consumption and risk of hypertension: a dose–response meta-analysis of prospective studies. **European Journal of Nutrition**, v. 58, p. 271-280, 2019.

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data 31 implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, n.4, p.357-377, 2011.

DODD, A. N.; KUDLA, J.; SANDERS, D. The Language of Calcium Signaling. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, p.593-620, 2010.

ENDRESS, P. K. Evolutionary diversification of the flowers in angiosperms. **American Journal of Botany**, v.98, n.3, p. 370–396, 2011.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.6-16, 1998.

- FERNÁNDEZ, V. A., L. GALETTO, J. ASTEGIANO. Influence of flower functionality and pollination system on the pollen size–pistil length relationship. **Organisms, Diversity & Evolution** v. 9, p. 75– 82, 2009.
- FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SOUZA, F. F.; ZAMBOLIM, E.; CRUZ, C. D.; ZAMBOLIM, L.; Sakiyama, N. S. Comparative study of different molecular markers for classifying and establishing genetic relationships in *Coffea canephora*. **Plant Systematics and Evolution**, v. 299, p. 225-238, 2013.
- FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.61-69, 2008.
- FERREIRA, A. D.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, J. G. Absorção, translocação e eficiência no uso dos macronutrientes em cafeeiros (*Coffea arabica*) enxertados em Apoatã IAC 2258 (*Coffea canephora*). **Interciencia**, v.35, n.11, p.818-822, 2010.
- FERREIRA, A. D.; CARVALHO, G. R.; ABRAHÃO, J. C. R.; REZENDE, R. M.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, A. M. Dinâmica dos micronutrientes em cafeeiros enxertados. **Revista Ceres**, v.60, n.2, p.262-269, 2013.
- FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. L.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.1, p.158-166, 2016.
- FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Divergência genética em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.599-605, 2006.
- GABELMAN, W. H., GERLOFF, G. C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant and Soil**, v.72, n.2, p.335-350, 1983.
- GILES, J. A. D.; FERREIRA, A. D.; PARTELLI, F. L.; AOYAMA, E. M.; RAMALHO, J. C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A. R. Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 231-236, 2019.
- GILES, J. A. D.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J. P.; OLIOSI, G.; SILVA, F. H. L. Genetic diversity of promising ‘conilon’ coffee clones based on morpho-agronomic variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.2437-2446, 2018.
- GOMES, W. R.; RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; PARTELLI, F. L. Genetic diversity of standard leaf nutrients in *Coffea canephora* genotypes during phenological phases. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.4, p.1-13, 2016.
- GUEDES, J. M.; VILELA, D. J. M.; REZENDE, J. C.; SILVA, F. L.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, S. P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, v.72, n.2, p.127-132, 2013.

HÄNSCH, R.; MENDEL, R.R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). **Current Opinion in Plant Biology**, v.12, p.259-266, 2009.

ICO - International Coffee Organization. **Dados Históricos**. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

IVOGLO, M. G.; FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; GALLO, P. B.; MISTRO, J. C.; SILVAROLLA, M. B.; TOMA-BRAGHINI, M. Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, v.67, n.4, 823-831, 2008.

KRIZEK, B. A.; ANDERSON, J. T. Control of flower size. **Journal of Experimental Botany**, v. 64 n. 6, p. 1427–1437, 2013.

LÁZARO, A.; VIGNOLO, C.; SANTAMARÍA, L. Long corollas as nectar barriers in *Lonicera implexa*: interactions between corolla tube length and nectar volume. **Evolutionary Ecology**, v. 29, p. 419–435, 2015.

MAKINO, T. T.; SAKAI, S. Experience changes pollinator responses to floral display size: from size-based to reward-based foraging. **Functional Ecology**, v. 21, p. 854-863, 2007.

MARRÉ, W. B.; PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M.; GONTIJO, I.; VIEIRA, H. D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1456-1462, 2015.

MARSCHNER, H. (1995). **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. New York: Academic Press.

MARTINS, L. D., RODRIGUES, W. N., MACHADO, L. S., BRINATE, S. V. B., COLODETTI, T. V., FERREIRA, D. S., COGO, A. D., APOSTOLICO, M. A., TEODORO, P. E., TOMAZ, M. A., AMARAL, J. F. T., PARTELLI, F. L., RAMALHO, J. C. Genotypes of conilon coffee can be simultaneously clustered for efficiencies of absorption and utilization of N, P and K. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.38, p.3633-3642, 2016.

MARTINS, L. D., TOMAZ, M. A., AMARAL, J. F. T., BRAGANÇA, S. M., MARTINEZ, H. E. P. Efficiency and response of conilon coffee clones to phosphorus fertilization. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 406-411, 2013.

MARTINS, M. Q.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; GOLYNSKI, A.; VIEIRA, H. D.; FREITAS, M. S. M.; RAMALHO, J. C. Genetic variability on nutrient contents in *Coffea canephora* genotypes cultivated at 850 meters of altitude in two crop seasons. **Functional Plant Breeding Journal**, v.1, n.1, p.1-12, 2019b.

MARTINS, Q. M.; PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; PIMENTEL, N. S.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; RAMALHO, J. C. Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. **Scientia Horticulturae**, v.252, p.238-242, 2019a.

MCCALLUM, B.; CHANGM S, M. Pollen competition in style: Effects of pollen size on siring success in the hermaphroditic common morning glory, *Ipomoea purpurea*. **American Journal of Botany**, v. 103, p. 460– 470, 2016.

- NOWAK, M. D.; DAVIS, A. P.; ANTHONY, F.; YODER, A. D. Expression and Trans-Specific Polymorphism of Self-Incompatibility RNases in *Coffea* (Rubiaceae). **PLoS ONE**, v. 6, n. 6, 2011.
- PARTELLI, F. L., MARRÉ, W. B., FALQUETO, A. R., VIEIRA, H. D., CAVATTI, P. C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8, p.108-116, 2013.
- PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.214-222, 2014.
- PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; FERREIRA, A.; MARTINS, M. Q.; MAURI, A. L.; RAMALHO, J. C.; VIEIRA, H. D. Andina - first clonal cultivar of high-altitude conilon coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 4, p. 476-480, 2019.
- PARTELLI, F. L.; GOMES, W. R.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Normas foliares e diagnóstico nutricional do cafeeiro na pré-florada e granação, no Espírito Santo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 544 - 554, 2016.
- PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; COVRE, A. M.; VIEIRA, H. D.; DIAS, J. R. M.; BRAUN, H. Nutritional standards and nutritional diagnosis of the Conilon coffee plants in phenological growth stages. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n.19, p.1-11, 2018.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; CARVALHO, V. B.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Diagnosis and Recommendation Integrated System Norms, Sufficiency Range, and Nutritional Evaluation of Arabian Coffee in Two Sampling Periods. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, n.10, p.1651 – 1667, 2007.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SILVA, M. G.; RAMALHO, J. C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.3, p.619-626, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, P. (2009). **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq.
- POOLE, R.; KENNEDY, O. J.; RODERICK, P.; FALLOWFIELD, A. J.; HAYES, P. C. Coffee consumption and health: umbrella review of meta-analyses of multiple health outcomes. **BMJ**, v. 359, p. 1-18, 2017.
- PRADO, S.G., COLLAZO, J.A., STEVENSON, P.C., IRWIN, R. E. A comparison of coffee floral traits under two different agricultural practices. **Scientific Reports**, v. 9, n. 7331, p. 1-13 2019.
- RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 516-523, 2016.
- 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. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 5. ed. Embrapa, Brasília, 2018.
- SHAO, J. F.; QUAN, Q. M.; CAI, W. G.; GUAN, L. L.; WU, W. The effect of floral morphology on seed set in *Carthamus tinctorius* Linnaeus (Asteraceae) clones of

Sichuan province in China. **Plant Systematics and Evolution**, v. 298, p. 59–68, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2nd ed., p. 627. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, Mumbai, v.41, p.237-245, 1981.

SOLIS-MONTERO, L.; VALLEJO-MARIN, M. Does the morphological fit between flowers and pollinators affect pollen deposition? An experimental test in a buzz-pollinated species with anther dimorphism. **Ecology and Evolution**, v.7, n.8, 2706 - 2715, 2017.

STARLING, L.C.T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W.N.; REINICKE, T.M.; COLODETTI, T.V.; AMARAL, J.F.T.; PARTELLI, F. L.; TOMAZ, M. A.; ESPINDULA, M. C. Genetic diversity in nutritional parameters in response to drought of *Coffea canephora* cultivated in Rondônia state, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v.18, n.2, p.1-12, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6.ed., New York: Sinauer Associates, 2015.

VÁZQUEZ, N.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H.; VIEIRA, C. P.; FDEZ-RIVEROLA, F.; VIEIRA, J.; REBOIRO-JATO, M. 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**, v.11, p.57-67, 2019.

YANG, C. F.; WANG, Q. F. Nectarless flowers with deep corolla tubes in *Pedicularis*: Does long pistil length provide an arena for male competition? **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 179, n. 3, p. 526–532, 2015.

YARMOLINSKY, J.; MUELLER, N. T.; DUNCAN, B. B.; MOLINA, M. C. B.; GOULART, A. C.; SCHMIDT, M. I. Coffee Consumption, Newly Diagnosed Diabetes, and Other Alterations in Glucose Homeostasis: A Cross-Sectional Analysis of the Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). **PLoS ONE**, v. 10, n. 5, p. 1-15, 2015.