

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS DE CAFEEIRO CONILON EM ALTITUDE DE TRANSIÇÃO

INÊS VIANA DE SOUZA¹, TAFAREL VICTOR COLODETTI², RENAN BAPTISTA JORDAIM³, RODRIGO AMARO DE SALLES⁴, LUCAS SARTORI⁵, WAGNER NUNES RODRIGUES⁶, MARCELO ANTONIO TOMAZ⁷

1 Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE). ines.viana.18@gmail.com.

2 Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Pesquisador no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE), Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq. tafarelcolodetti@hotmail.com.

3 Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE). renan_jordaim@hotmail.com.

4 Doutorando em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). rodrigoamarodesalles@gmail.com.

5 Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE). lucasksartori@gmail.com.

6 Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Professor do Centro Universitário UNIFACIG. wagner.nunes@sempre.unifacig.edu.br.

7 Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Professor Associado IV do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES. marcelo.tomaz@ufes.br.

RESUMO

A elevada variabilidade genética da espécie *Coffea canephora* gera a possibilidade de buscar melhorias da qualidade do produto pela exploração da interação entre genótipos e ambiente. O objetivo do estudo foi caracterizar genótipos de cafeeiro Conilon, baseado em propriedades físico-químicas de grãos crus, visando a identificação daqueles que se destacam em região de altitude de transição. O experimento foi conduzido em altitude de 647 m, seguindo delineamento de blocos casualizado, com quatro repetições e nove tratamentos, correspondendo aos genótipos de cafeeiro Conilon 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 e 109. Foram coletadas amostras de café cereja de cada genótipo e analisadas as características: classificação por peneiras, quantidade e tipo de defeitos, teor de sólidos solúveis totais, pH, condutividade elétrica e lixiviação de potássio. Houve diferenciação entre os genótipos de cafeeiro Conilon cultivados em altitude de transição para as propriedades físico-químicas de grãos crus. Nas condições avaliadas, menores quantidades de defeitos foram encontradas em amostras de grãos crus dos genótipos 102, 106 e 109. No geral, os genótipos apresentaram predominâncias específicas de diferentes classes de defeitos para a definição do número total de defeitos. Logo, é possível que estratégias de manejo diferenciadas possam ser adotadas para minimizar problemas que comprometem a qualidade dos grãos de genótipos específicos ou grupos de genótipos.

Palavras-chave: Altitude; *Coffea canephora*; Qualidade do café; Variabilidade genética.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF GRAINS OF GENOTYPES OF CONILON COFFEE IN TRANSITIONAL ALTITUDE

ABSTRACT

The high genetic variability of the species *Coffea canephora* generates the possibility to seek

improvements of the product quality by exploring the interaction of genotypes and environment. The objective of this study was to characterize genotypes of Conilon coffee, based on physicochemical characteristics of green coffee grain, aiming at the identification of those that stand out in regions of transitional altitude. The experiment was executed at 647 m of altitude, following a block randomized design, with four replications and nine treatments, corresponding to the genotypes of coffee Conilon 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 and 109. Samples of “cherry” coffee from each genotype were collected and the characteristics were analyzed: classification by sieves, amount and type of defects, total content of soluble solids, pH, electrical conductivity and potassium leaching. There was differentiation among the genotypes of Conilon coffee grown at transitional altitude for the physicochemical characteristics of green coffee grain. Under the evaluated conditions, smaller amounts of defects were found in samples of green coffee grain of genotypes 102, 106 and 109. In general, the genotypes showed specific predominance of different classes of defects to define the total number of defects. Therefore, it is possible that differentiated management strategies can be adopted to minimize problems that compromise the quality of grains of specific genotypes or groups of genotypes.

Keywords: Altitude; *Coffea canephora*; Genetic variability; Quality of coffee.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café (ICO, 2020). O Estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor de café do país, com uma produção em 2020 de 13,9 milhões de sacas beneficiadas, sendo destas, 9,2 milhões de sacas de café Conilon (CONAB, 2021). Associado à busca por aumentos na produtividade, é crescente a demanda por cafés de melhor qualidade. Nessa vertente, é de suma importância o conhecimento dos fatores que podem interferir na qualidade dos grãos, visto que há uma relação estreita entre estes aspectos e a qualidade de bebida do café (STURM et al., 2010).

O café é um produto vegetal e suas características físico-químicas e sensoriais podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como material genético, condições ambientais, altitude, manejos culturais, métodos de colheita, pós-colheita e armazenamento (MALTA et al., 2003; CHAGAS; MALTA; PEREIRA, 2005; BORÉM et al., 2008; VERDIN FILHO et al., 2016; MACHADO, 2019).

Processos técnicos com a adoção de métodos químicos e físicos permitem compreender alguns aspectos relacionados à qualidade do café, de forma mais real e objetiva (PRETE, 1992; CARVALHO et al., 1994). Análises da lixiviação de potássio e condutividade elétrica podem atuar nesse cenário, uma vez que são utilizados como indicadores da integridade de membranas celulares (McDONALD, 1993; PIMENTA, 2001). Já foram relatadas relações inversas entre a qualidade da bebida de café e propriedades físico-químicas, como a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio (PRETE, 1992), sendo observadas

diferenciações para essas propriedades em função das diferenças entre genótipos de café (ROMERO; ROMERO; GOMES, 2003).

O cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) é uma planta alógama, com autoincompatibilidade gametofítica (BERTHAUD, 1980). Consequentemente, essa espécie apresenta elevada variabilidade genética para diferentes características agronômicas (FERRÃO *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2012). Nesse contexto, é possível que haja diferenciação entre os genótipos de cafeeiro Conilon para características físico-químicas dos grãos associado ao cultivo em maiores altitudes, tendo em vista haver relatos de que a altitude pode influenciar positivamente a qualidade de bebida do café (VAAST *et al.*, 2006; GEROMEL *et al.*, 2008).

No entanto, por muitos anos, o foco das pesquisas científicas sobre a qualidade de bebida esteve atrelado ao cafeeiro Arábica, sendo ainda necessário o desenvolvimento de estudos sobre os aspectos relacionados com a qualidade de bebida do cafeeiro Conilon. Nesse cenário, o estudo de parâmetros químicos como a lixiviação de potássio, condutividade elétrica, o pH e teor de sólidos solúveis totais, bem como os aspectos físicos e defeitos dos grãos de café Conilon, podem ajudar a compreender e quantificar a qualidade dos grãos (MALTA; PEREIRA; CHAGAS, 2005; MARTINEZ *et al.*, 2013; PINTO *et al.*, 2002).

Tendo em vista a elevada variabilidade genética da espécie *C. canephora* e a possível expressão de diferenças nos aspectos relacionados com a qualidade do produto, associado ao cultivo em ambientes que podem beneficiá-la, objetivou-se estudar a caracterização de genótipos de cafeeiro Conilon, com base em propriedades físico-químicas de grãos crus, visando a identificação de genótipos que se destacam em região de altitude de transição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo na localidade de Lagoa Seca, município de Alegre-ES, região do Caparaó Capixaba, a uma altitude de 647 m. As plantas de cafeeiro Conilon foram implantadas em fevereiro de 2015 e no espaçamento de $3,0 \times 1,0$ m. Cada planta foi conduzida com três ramos ortotrópicos e com a poda programada de ciclo (VERDIN FILHO *et al.*, 2014). O experimento seguiu as tecnologias apropriadas ao manejo do Conilon no estado do Espírito Santo, sempre de acordo com a necessidade e com a atual recomendação para a cultura (FERRÃO *et al.*, 2019). O campo experimental foi manejado com irrigação por gotejamento e a umidade do solo foi monitorada por conjunto de três tensiômetros (de modo a amostrar os primeiros 25 cm do solo), procedendo-se a irrigação

todas as vezes em que a tensão de retenção de água no solo correspondeu a 60-70% da água disponível (46-34 kPa, respectivamente), momento em que as irrigações foram realizadas de modo a retornar a umidade do solo à capacidade de campo.

O experimento seguiu o delineamento de blocos casualizado (DBC), com quatro repetições e nove tratamentos: genótipos 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 e 109 da cultivar de maturação precoce “Diamante ES8112”. As parcelas experimentais foram compostas por três plantas úteis, procedendo-se a colheita quando mais de 80% dos frutos atingiram o ponto de maturação denominado “cereja”. A colheita foi realizada manualmente e desconsiderando frutos caídos (frutos em contato com o solo).

Do montado de frutos colhidos em cada parcela experimental, foi retirada uma amostra de 3 L de café cereja, conduzindo-a imediatamente para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 45 °C, até atingir umidade de 11,5% (base úmida). Após a secagem dos frutos, retirou-se uma amostra de 100 g de café beneficiado para classificação por peneiras, baseando-se na forma e tamanho dos grãos de café. Para isto, os grãos de café foram passados por um jogo de peneiras (PNAP, Pinhalense), de modo a quantificar a porcentagem de grãos moca (Moca; %), de grãos chato (Chato; %) e de grãos sem classificação (Fundo; %). Além disso, quantificou-se a porcentagem de grãos graúdos, sendo moca retidos nas peneiras 13/12 e 11 (Moca graúdo; %) e chato retidos nas peneiras 19/18 e 17 (Chato graúdo; %), estabelecidos conforme instrução normativa vigente (BRASIL, 2003).

Uma amostra de 300 g foi utilizada para contabilização dos defeitos, sendo eles: grãos pretos (Pretos; unidades), grãos verdes e grãos ardidos (VA; unidades), conchas, grãos mal granados, chochos e quebrados (CMQ; unidades), coco, marinheiro, cascas pequenas e cascas grandes (CMC; unidades). O total de defeitos (Defeitos; unidades) foi estabelecido pelo somatório dos valores ponderados de cada defeito, baseados na “Tabela Oficial Brasileira de Classificação”, conforme a legislação vigente (BRASIL, 2003).

Para análise de condutividade elétrica (CE; $\mu\text{s cm}^{-1}$), amostras de 50 grãos uniformes de cada parcela foram pesadas e imergidas em 75 mL de água deionizada e colocadas em estufa ventilada a 25 °C. Após o período de embebição de 5 horas, as soluções sem os grãos de café foram vertidas para outro recipiente, onde se realizou a leitura em condutivímetro. Imediatamente após a leitura, foi realizada a medição de lixiviação de potássio (LK; mg g^{-1}) em fotômetro de chama, sem prévia digestão de acordo com Prete (1992). Os cálculos foram procedidos pela multiplicação da leitura obtida no fotômetro de chama (potássio mL^{-1}) pelo volume de água destilada (mL) e dividido pela massa da amostra (g).

Os sólidos solúveis totais (SST; °Brix) foram determinados segundo a metodologia da

AOAC (2005), utilizando-se refratômetro portátil. O extrato necessário foi preparado a partir de 1 g de amostra moída e diluída em 10 mL de água destilada e filtrado. O cálculo para a leitura corrigida foi realizado pela multiplicação da leitura do refratômetro em °Brix por 10, pois o volume final foi 10 vezes maior que a massa inicial.

Para a leitura do pH dos grãos (pH) foi utilizado potenciômetro digital de bancada, de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (2005), utilizando o mesmo filtrado das análises de sólidos solúveis totais.

Os dados foram submetidos à análise de variância (5% de probabilidade) e na presença de efeito significativo para as fontes de variação, empregou-se o critério de agrupamento de médias de Scott-Knott (5% de probabilidade), por meio do software estatístico “Sisvar” (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar diferenciação significativa entre os genótipos para todas as variáveis físico-químicas em estudo (Tabela 1).

TABELA 1 – Resumo da análise de variância para características físico-químicas de grãos crus de nove genótipos de cafeeiro Conilon de maturação precoce (Cultivar “Diamante ES8112”), cultivados em 647 m de altitude (Alegre-ES, Brasil, safra 2019-20)

FV	Quadrado médio				
	Chato (%)	Moca (%)	Fundo (%)	Chato graúdo (%)	Moca graúdo (%)
Bloco	3,522	2,553	0,157	3,888	7,606
Genótipos	2192,072**	2047,350**	6,594**	117,426**	963,061**
Resíduo	5,025	6,274	0,292	1,921	22,598
CV (%)	4,731	4,910	33,747	42,274	29,355
Média geral	47,382	51,016	1,602	3,279	16,194
	Defeitos (unid.)	Preto (unid.)	VA (unid.)	CMQ (unid.)	BRO (unid.)
Bloco	109,753	34,620	1,454	108,037	121,061
Genótipos	9291,817**	7074,437**	269,589**	5576,694**	5150,497**
Resíduo	785,291	57,308	100,129	89,403	143,288
CV (%)	23,328	19,880	20,681	38,852	26,720
Média geral	120,125	38,083	9,875	24,339	44,800

	CMC (unid.)	pH	SST (° Brix)	CE ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	LK (mg g^{-1})
Bloco	0,046	0,001	6,518	743,407	0,009
Genótipos	13,324**	0,025**	56,062**	22669,403**	0,363**
Resíduo	0,551	0,001	4,081	1114,532	0,259
CV (%)	24,531	0,670	10,101	7,085	10,030
Média geral	3,028	5,829	20,000	471,222	1,604

** e *, significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Porcentagem de grãos chato (Chato; %), porcentagem de grãos moca (Moca; %), porcentagem de fundagem (Fundo; %), proporção de grãos chatos graúdos (Chato graúdo; %), proporção de grãos moca graúdos (Moca graúdo; %), número total equivalente de defeitos (Defeitos; unid.), número equivalente de grãos pretos (Preto; unid.), número equivalente de grãos verdes e ardidos (VA; unid.), número equivalente de grãos concha, mal granados, quebrados e chochos (CMQ; unid.), número equivalente de grãos brocados (BRO; unid.), número equivalente de cocos, marinheiros, cascas pequenas e cascas grandes (CMC; unid.), pH dos grãos (pH), teor de sólidos solúveis totais (SST; ° Brix), condutividade elétrica (CE; $\mu\text{s cm}^{-1}$) e lixiviação de potássio (LK; mg g^{-1}).

Para a porcentagem de grãos chato, houve formação de sete grupos entre os genótipos, onde as maiores porcentagens foram obtidas pelos genótipos 104 e 105, e as menores pelos genótipos 102 e 106 (Figura 1A). Para a porcentagem de grãos moca, foram formados seis grupos entre os genótipos, sendo que o 102 e o 106 apresentaram as maiores porcentagens, com quase 80% de grãos moca, enquanto os genótipos 103, 104 e 105 obtiveram as menores médias (Figura 1B). A elevada variabilidade genética existente nessa espécie (FONSECA *et al.*, 2006) pode contribuir para a ocorrência de proporções diferentes de grãos moca entre os genótipos, conforme observado no presente estudo.

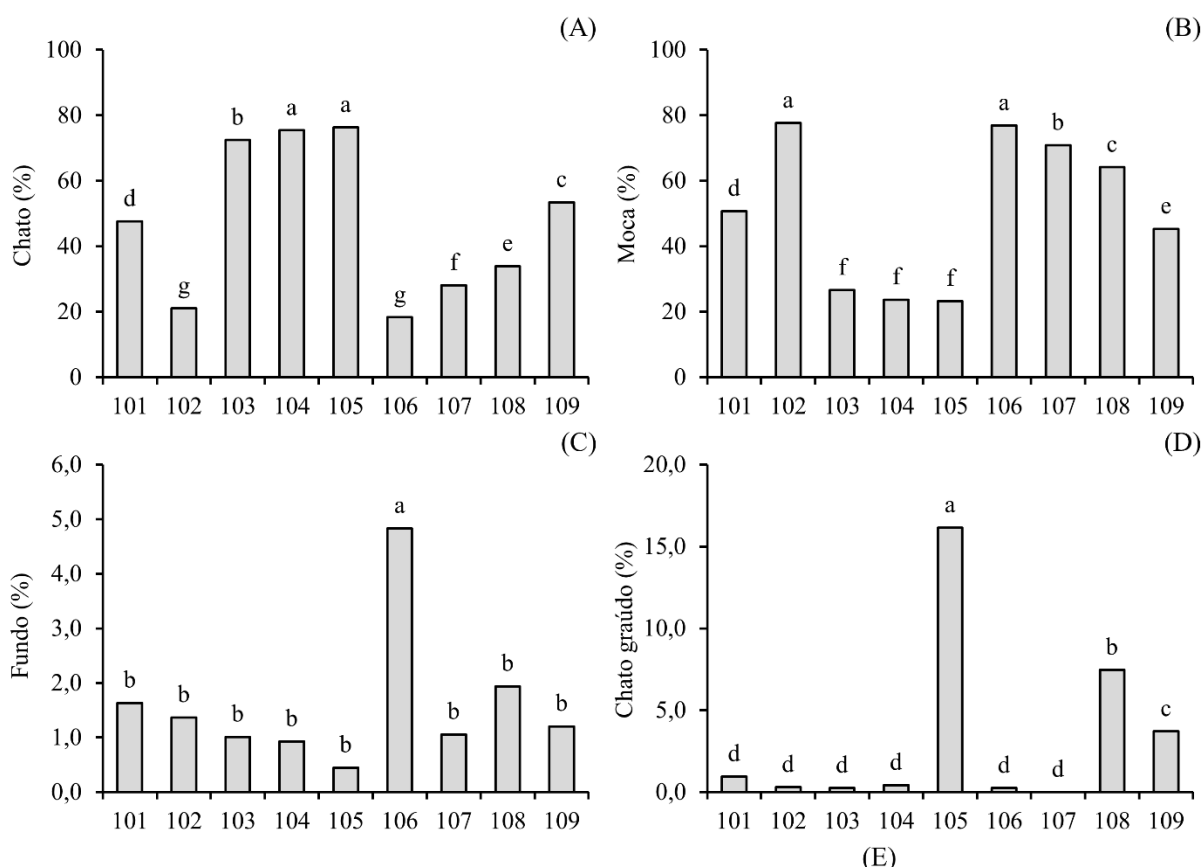
Para a proporção de fundagem (grãos que não ficaram retidos em nenhuma classe de peneira), houve a formação de dois grupos entre os genótipos (Figura 1C). O genótipo 106 apresentou 4,6 vezes mais proporção de fundagem do que a média entre os demais genótipos.

Com relação às proporções de grãos graúdos, notou-se a formação de quatro grupos de médias entre os genótipos para Chato graúdo (Figura 1D) e Moca graúdo (Figura 1E), onde o genótipo 105 apresentou a maior porcentagem de grãos Chato graúdo, enquanto os genótipos 108 e 109 apresentaram as maiores proporções de grãos Moca graúdo. O surgimento de diferentes tipos e tamanhos de grãos é determinado geneticamente, no entanto, pode ser influenciado por fatores ambientais (FERRÃO *et al.*, 2017).

A classificação dos grãos de café com base no formato e tamanho é de fundamental importância para a manutenção e melhoria da qualidade da bebida, visto que o processo de torrefação depende, dentre outros fatores, da homogeneidade da amostra de grãos (NASSER; CHALFOUN, 2000; MATIELLO *et al.*, 2002; MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005).

Houve a formação de três grupos de médias entre os genótipos para o número total de defeitos. Os genótipos 101, 103, 107 e 108 foram os que apresentaram maior número de defeitos, enquanto os genótipos 102, 106 e 109 forneceram menor quantidade de grãos defeituosos (Figura 2A). Esses resultados reforçam a hipótese de que as características dos grãos também podem ser governadas por efeitos genéticos, tal como é relatado para diversas outras características (FONSECA *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2013; COLODETTI *et al.*, 2014; 2015; RODRIGUES *et al.*, 2012; 2015; GILES *et al.*, 2018).

A ocorrência de maiores números de defeitos está diretamente relacionada com a diminuição na qualidade da bebida (FRANCA *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2006; VERDIN FILHO *et al.*, 2016). Correlações já foram evidenciadas entre os aspectos físicos e sensoriais do café, descrevendo que a qualidade da bebida diminui com o aumento do número de defeitos dos grãos (FARAH *et al.*, 2006). O aumento na quantidade de defeitos prejudica não só o aspecto físico da amostra de café, mais também contribui para a desvalorização do produto (LAVIOLA *et al.*, 2006; MATIELLO *et al.*, 2002).



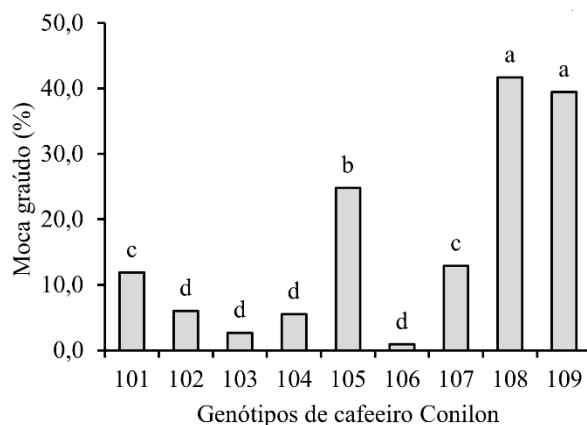
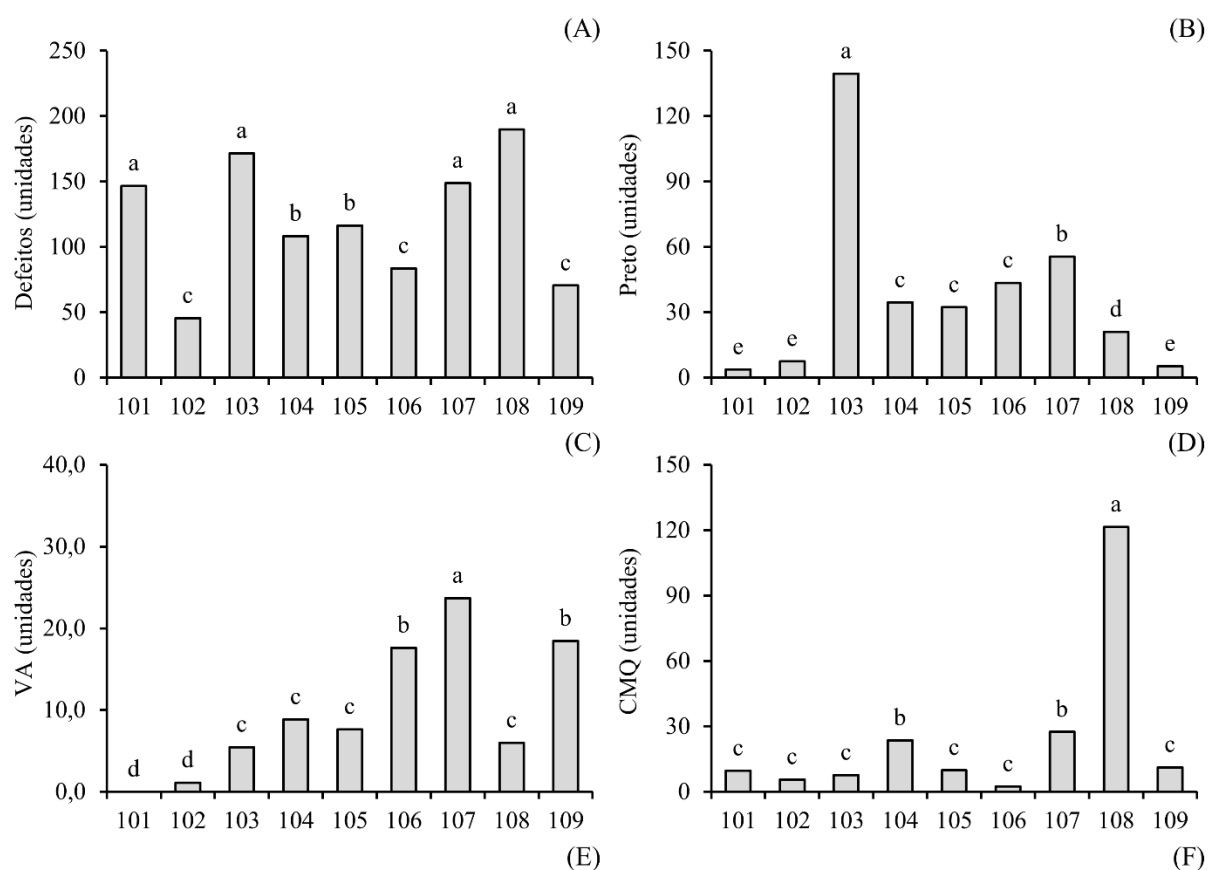


FIGURA 1 – Proporções de grãos chato (A), grãos moca (B), fundagem (C), grãos chatos graúdos (D) e grãos moca graúdos (E) de nove genótipos de maturação precoce de cafeeiro Conilon (Cultivar “Diamante ES8112”), cultivados a 647 m de altitude (Alegre-ES, safra 2019-2020) (Médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação entre as barras não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade).



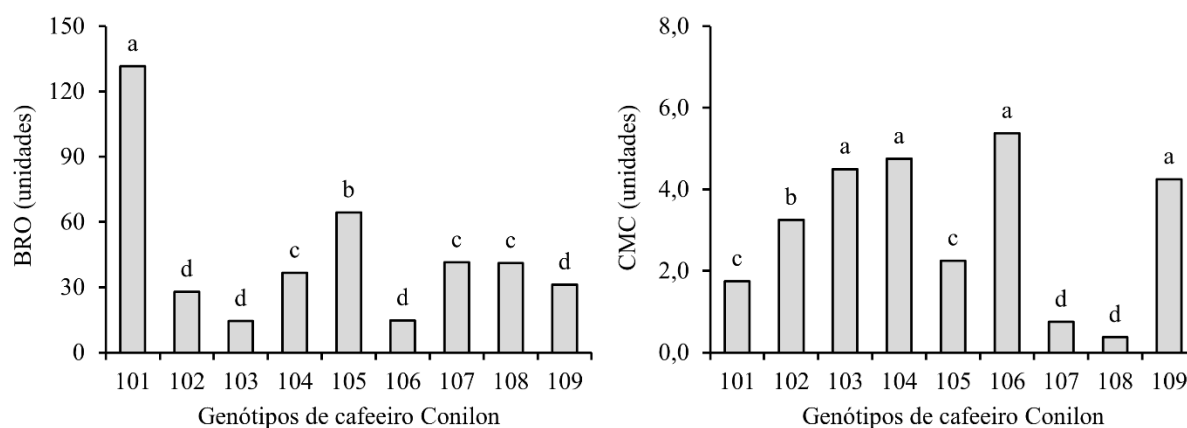


FIGURA 2 – Número total equivalente de defeitos (A), número equivalente de grãos pretos (B), número equivalente de grãos verdes e ardidos (C), número equivalente de grãos concha, mal granados, quebrados e chochos (D), número equivalente de grãos brocados (E) e número equivalente de cocos, marinheiros, cascas pequenas e cascas grandes (F) de nove genótipos de maturação precoce de cafeeiro Conilon (Cultivar “Diamante ES8112”), cultivados a 647 m de altitude (Alegre-ES, safra 2019-2020) (Médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação entre as barras não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade).

Não foram observados médias para o número total de defeitos acima de 190 (Figura 2A). O genótipo 102 (45 defeitos) pôde ser classificado como tipo 5; os genótipos 106 (84 defeitos) e 109 (70 defeitos) como tipo 6; os genótipos 104 (108 defeitos) e 105 (116 defeitos) como tipo 6/7; os genótipos 101 (147 defeitos) e 107 (149 defeitos) como tipo 7; e os genótipos 103 (172 defeitos) e 108 (190 defeitos) como tipo 7/8, tendo como base a tabela de pontos e equivalência de defeitos da Classificação Oficial Brasileira para o café (BRASIL, 2003).

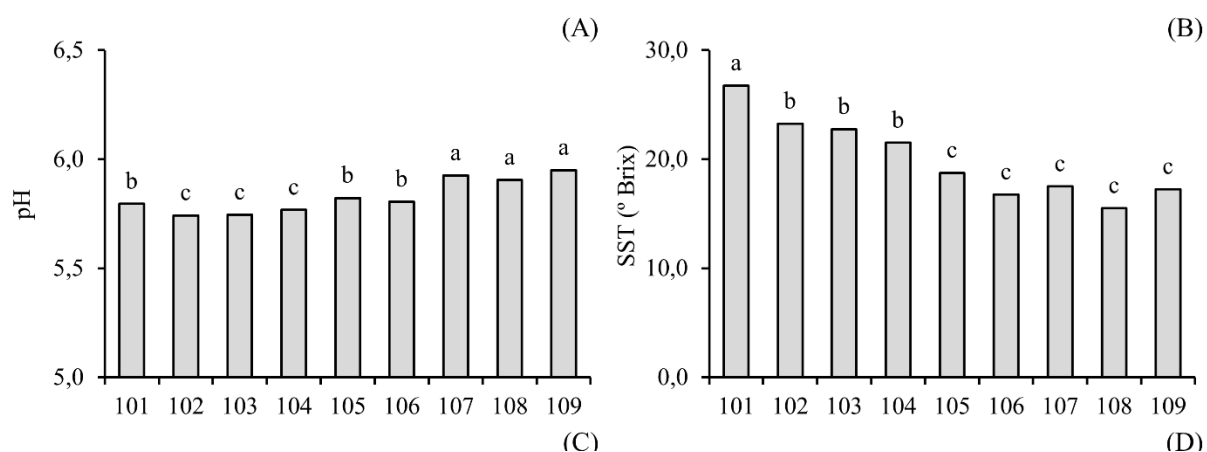
Ao analisar o número equivalente por tipo de defeito de grãos, foi possível observar a formação de cinco grupos de médias entre os genótipos para a quantidade de grãos Preto (Figura 2B); quatro grupos para VA (Figura 2C), BRO (Figura 2E) e CMC (Figura 2F); e três grupos para CMQ (Figura 2D). Para alguns genótipos, houve uma predominância de classes específicas de defeitos para a definição do total de defeitos. Do total de defeitos observados nas amostras dos genótipos 101 e 102, notou-se que 89% e 62%, respectivamente, foram associados às quantidades de grãos brocados (Figura 2E). Para o genótipo 103, a quantidade de grãos pretos contribuiu com 81% do total de defeitos observados (Figura 2B). Para o 105, o cumulativo entre grãos pretos e brocados correspondeu a 83% do total (Figura 2B e 2E).

Grãos pretos, verdes e ardidos representaram 73% do total de defeitos para o genótipo 106 (Figura 2B e 2C). O genótipo 108, mais da metade de seus defeitos são oriundos da presença de grãos concha, mal granados, quebrados e chochos (Figura 2D). A quantidade de defeitos do tipo coco, marinheiro, casca pequena e casca grande foi pouco relevante para o total de defeitos dos genótipos, visto que as maiores médias ficaram próximas a apenas cinco unidades de defeitos, como observado para os genótipos 103, 104, 106 e 109 (Figura 2F).

Os grãos pretos, verdes e ardidos são considerados os principais defeitos encontrados em amostras de café, que podem ter sua origem pela decomposição dos grãos no chão, fermentação, desuniformidade de maturação ou altas temperaturas na secagem (FRANCA *et al.*, 2005; MARTINEZ; TOMAZ; SAKIYAMA, 2007). O aumento do tempo de permanência do café Conilon no campo após a colheita também promove a ocorrência de grãos pretos (VERDIN FILHO *et al.*, 2018). Porém, no presente estudo, os procedimentos metodológicos não favoreceram a ocorrência desses fenômenos, podendo-se inferir que as variações observadas estão mais relacionadas às diferenças entre os genótipos.

Os grãos brocados são causados pelo ataque de um inseto-praga no cafeeiro, da espécie *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae), conhecido como broca-do-café, que provoca a queda de frutos, diminuição do peso dos grãos e prejudica a qualidade do produto (MATIELLO *et al.*, 2002). No entanto, o ataque da broca do café parece seguir uma seletividade entre os genótipos estudados, como pode ser observado pelo elevado número de grãos brocados no genótipo 101 em comparação com os demais.

Para o pH, teor de sólidos solúveis totais, condutividade elétrica e lixiviação de potássio dos grãos de café Conilon, houve a formação de três grupos de médias entre os genótipos estudados (Figura 3).



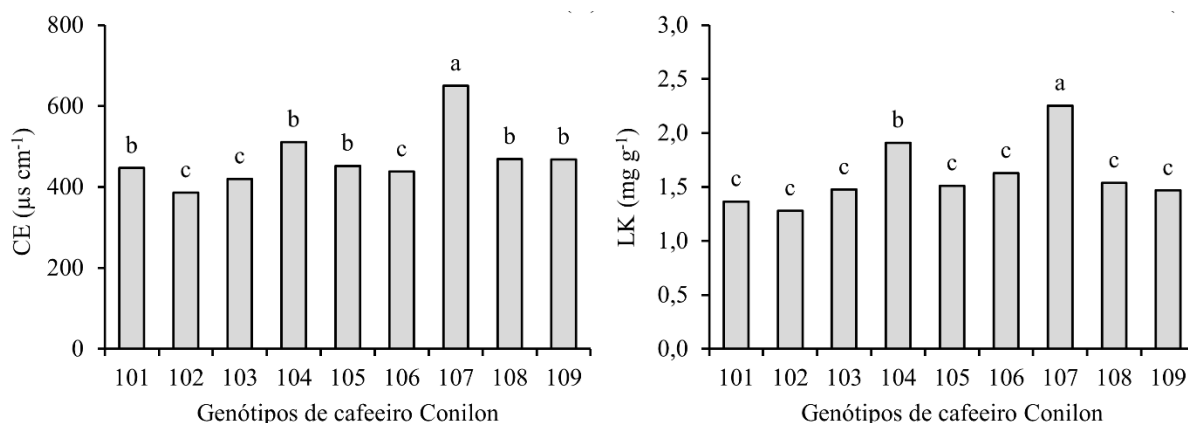


FIGURA 3 – pH dos grãos (A), teor de sólidos solúveis totais (B), condutividade elétrica (C) e lixiviação de potássio (D) de grãos crus de nove genótipos de maturação precoce de cafeeiro Conilon (Cultivar “Diamante ES8112”), cultivados a 647 m de altitude (Alegre-ES, safra 2019-20) (Médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação entre as barras não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade).

Os grãos crus dos genótipos 107, 108 e 109 apresentaram os maiores valores de pH, enquanto as amostras dos genótipos 102, 103 e 104 se apresentaram mais ácidas (Figura 3A). Apesar de verificada uma relativa variação de pH entre os genótipos estudados, é válido ressaltar que a origem da acidez pode ser mais determinante sobre a qualidade do café do que apenas o seu pH, onde os tipos de ácidos formados durante os processamentos de pré e pós colheita dos frutos podem contribuir para a definição das propriedades da bebida (MARTINEZ *et al.*, 2013). Assim, é interessante que outros parâmetros, além dessa medida de potencial, sejam empregados concomitantemente para o estudo da qualidade do café.

Para teor de sólidos solúveis totais, apenas o genótipo 101 integrou o grupo com as maiores médias, seguido pelos genótipos 102, 103 e 104 (Figura 3B). Um maior teor de sólidos solúveis totais contribui para o “corpo” da bebida, que é uma propriedade sensorial benéfica à qualidade do café (LOPES, 2000). Outros trabalhos também têm corroborado a existência de diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis totais entre genótipos de café (MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005; SILVA *et al.*, 2014).

Para a condutividade elétrica, os genótipos 102, 103 e 106 integraram o grupo com as menores médias, enquanto o genótipo 107 integrou o grupo com a maior CE (Figura 3C). Para a lixiviação de potássio, o genótipo 107 também integrou isoladamente o grupo de maior média, enquanto os demais genótipos, com exceção do 104, formaram o grupo com as menores médias (Figura 3D). Maiores valores de CE e LK podem se correlacionar com menor qualidade de bebida (PRETE, 1992; ROMERO; ROMERO; GOMES, 2003; MALTA;

PEREIRA; CHAGAS, 2005), já que esses parâmetros estão relacionados com o aumento do grau de desorganização das membranas e, conseqüentemente, com a liberação de conteúdos intracelulares (COSTA; CARVALHO, 2006). Diversos fatores podem influenciar esses parâmetros, tais como a umidade, tamanho dos grãos, presença de grãos defeituosos e o genótipo (PRETE, 1992).

De modo geral, os genótipos que apresentaram as menores quantidades de defeitos (*e.g.*, genótipos 102, 106 e 109) também apresentaram menores médias de CE e LK, o que demonstra uma possível relação entre a presença de grãos defeituosos e a qualidade do café. Prejuízos na qualidade de bebida associados ao aumento de CE e LK já foram descritos para o cafeeiro Conilon, sendo empregados para o monitoramento da perda de qualidade em função do manejo dos frutos em pós-colheita (VERDIN FILHO *et al.*, 2016).

É possível que o cultivo do cafeeiro Conilon em altitude de transição tenha contribuído para melhoria dos aspectos de qualidade dos grãos dos genótipos. Há relatos de relações entre a qualidade do café e a altitude de cultivo de diferentes genótipos, tanto de cafeeiro Arábica (SOLARES *et al.*, 2000; BARBOSA *et al.*, 2011), quanto de cafeeiro Conilon (STURM *et al.*, 2010), corroborando os resultados desse estudo.

4 CONCLUSÕES

Há diferenciação entre os genótipos de cafeeiro Conilon estudados para as propriedades físico-químicas de grãos crus, quando cultivados em altitude de transição. Nas condições do estudo, menores quantidades de defeitos são encontradas em amostras de grãos crus dos genótipos 102, 106 e 109.

No geral, os genótipos apresentam predominâncias específicas de diferentes classes de defeitos para a definição do número total de defeitos. Logo, é possível que estratégias de manejo diferenciadas possam ser adotadas para minimizar problemas que comprometem a qualidade dos grãos de genótipos específicos ou grupos de genótipos.

5 AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro no âmbito do projeto PPE/AGRO 76440800/16. À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo fornecimento das instalações e equipamentos necessários para realização das análises e pela concessão de bolsa de iniciação científica da primeira autora.

Ao CNPq pela bolsa de desenvolvimento científico regional (processo 300971/2021-4) e à FAPES pelo auxílio financeiro no âmbito do projeto (FAPES SIAFEM 2020-RQ6W3) do quinto autor.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Maryland: Gaithersburg, 2005.

BARBOSA, J. N.; BORÉM, F. M.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; VIEIRA, T. G. C.; SOUZA, V. C. O. Distribuição espacial de cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade. **Coffee Science**, v.5, n.3, p.237- 250, 2011.

BERTHAUD, J. Incompatibility in *Coffea canephora*: test method and genetic determinism. **Cafe Cacao The**, v.24, n.4, p.267-274, 1980.

BORÉM, F. M.; NOBRE, G. W.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p.1724-1729, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8**: regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de café verde. Brasília: MAPA, 2003. 10p.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.3, p.449-454, 1994.

CHAGAS, S. J. R.; MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Potencial da região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais: I., atividade da polifenoloxidase, condutividade elétrica e lixiviação de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.590-597, 2005.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; VERDIN FILHO, A. C. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p.3150-3156, 2015.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of Conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v.8, p.1648-1657, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília: Conab, 2021. 71p.

COSTA, P. S. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.1, p.92-96, 2006.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, v.98, n.2, p.373-380, 2006.

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**, v.43, p.61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, L. F. V.; PACOVA, B. E. Melhoramento Genético de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; De MUNER, L. H. **Café Conilon**. 2. ed. Vitória: Incaper, 2017. p.131-175.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3. ed. Vitória: Incaper, 2019. 973p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

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

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; MENDONÇA, J. C. F.; SILVA X. A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v.90, n.1, p.89-94, 2005.

GEROMEL, C.; FERREIRA, L. P.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; RIBEYRE, F.; SCHOLZ, M. B. S.; PEREIRA, L. F. P.; VAAST, P.; POT, D.; LEROY, T.; ANDROCIOLI FILHO, A.; VIEIRA, L. G. E.; MAZZAFERA, P.; MARRACCINI, P. Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.46, p.569-579, 2008.

GILES, J. A. D.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J. P.; OLIOSI, G.; LIMA, F. H. 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.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – ICO. **Coffee market report**: April 2020. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/cy2019-20/cmr-0420-e.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2021. 9p.

LAVIOLA, B. G.; MAURI, A. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ARAÚJO, E. F.; NEVES, Y. P. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v.1, n.1, p.36-42, 2006.

LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos de café crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

MACHADO, J. L. **Perfil químico e sensorial de grãos de diferentes genótipos de *Coffea***

canephora. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2019.

MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, F. D. M. Composição química, produção e qualidade do café e fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.6, p.1246-1252, 2003.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.5, p.1015-1020, 2005.

MARTINEZ, H. E. P.; POLTRONIERI, Y.; FARAH, A.; PERRONE, D. Zinc supplementation, production and quality of coffee beans. **Revista Ceres**, v.60, n.2, p.293-299, 2013.

MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S. **Guia de Acompanhamento das Aulas de cafeicultura**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007. 152p.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; CHRISTO, L. F.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B. Alterações morfológicas em clones de cafeeiro conilon submetidos a níveis de fósforo. **Scientia Plena**, v.9, p.1-11, 2013.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2002. 387p.

McDONALD, M. B. The history of seed vigor testing. **Journal Seed Technology**, v.17, n.2, p.93-100, 1993.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, p.239-243, 2005.

NASSER, P. P.; CHALFOUN, S. M. Eficiência da separação de grãos de café de acordo com o tamanho dos grãos na análise da qualidade da bebida pelo método químico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.737-739.

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2001. 145 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; GIRANDA, R. N.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D. Avaliação de componentes químicos de padrões de bebida para preparo do café expresso. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.4, p.826-829, 2002.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. Diversity among genotypes of Conilon coffee selected in Espírito Santo state. **Bioscience Journal**, v.31, n.6, p.1643-1650, 2015.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MIRANDA, F. D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café Conilon. **Coffee Science**, v.7, p.177-186, 2012.

ROMERO, J. C. P.; ROMERO, J. P.; GOMES, F. P. Condutividade elétrica (CE) do exsudato de grãos de *Coffea arabica* em 18 cultivares analisados no período de 1993 a 2002. **Revista de Agricultura**, v.78, n.3, p.293-302, 2003.

SILVA, P. A.; RABELO, V. M.; CALIXTO, J. M. R.; COELHO, P. O.; GORSKI, I. C. Quality assessment of coffee grown in Campos Gerais, Minas Gerais State, Brazil. **Acta Scientiarum. Technology**, v.36, n.4, p.739-744, 2014.

SILVA, R. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; BORÉM, F. M.; SILVA, V. A. Altitude e a qualidade do café cereja descascado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, esp. café, n.9, p.40-47, 2006.

SOLARES, P. F.; JIMÉNEZ, O. H.; LÉON, E. L.; ANZUETO, F. Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas y físicas del café. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFEICULTURA, 19., 2000, San José. **Anais...** San José: IICA/Promecage, 2000. p.493-499.

STURM, G. M.; COSER, S. M.; SENRA, J. F. B.; FERREIRA, M. F. S.; FERREIRA, A. Qualidade sensorial de café Conilon em diferentes altitudes. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, p.1-7, 2010.

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GÉNARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, p.197-204, 2006.

VERDIN FILHO, A. C.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; RODRIGUES, W. N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.489-494, 2014.

VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; COMÉRIO, M.; ANDRADE JÚNIOR, S. The permanence in the plantation after harvest damages physical characteristics of Conilon coffee grains. **African Journal of Agricultural Research**, v.13, n.17, p.911-917, 2018.

VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; MAURI, A. L.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; COMÉRIO, M.; ANDRADE JUNIOR, S.; PINHEIRO, C. A. The beverage quality of Conilon coffee that is kept in the field after harvesting: Quantifying daily losses. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3134-3140, 2016.