

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

IMPLICAÇÕES DO MANEJO HÍDRICO NA DISSIMILARIDADE ENTRE GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA COM BASE NOS DEFEITOS DOS GRÃOS

Tafarel Victor Colodetti¹, Wagner Nunes Rodrigues², Inês Viana de Souza¹,
Lucas Sartori¹, Daniel Soares Ferreira³, Marcelo Antonio Tomaz¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto
Universitário, s/nº, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, tafarelcoldetti@hotmail.com,
ines.viana.18@gmail.com, lucask Sartori@gmail.com, marcelo.tomaz@ufes.br.

²Centro Universitário Unifacig, Rua Darcy César de Oliveira Leite, 600, Alfa Sul - 36904-219 -
Manhuaçu-MG, Brasil, wagner.nunes@sempre.unifacig.edu.br.

³Universidade Federal de Viçosa/Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Av. Peter Henry Rolfs,
s/nº, Campus Universitário - 36570-900 - Viçosa-MG, Brasil, danielccaufes@gmail.com.

Resumo

Objetivou-se estudar a dissimilaridade entre seis genótipos de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos distintos, baseada em cinco características de defeitos nos grãos de café. Dois ensaios foram conduzidos, irrigado e não irrigado. Cada ensaio seguiu delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (genótipos de café arábica). Na segunda safra produtiva, foram coletadas amostras de café cereja, que foram secas e beneficiadas para quantificação dos defeitos: grãos pretos, verdes, ardidos, brocados e total de defeitos. Os dados foram utilizados para estimar as distâncias generalizadas de Mahalanobis como medidas de dissimilaridade. Foi possível notar a variabilidade de comportamento dos genótipos em cada regime hídrico, onde a expressão da dissimilaridade com base nas características de defeitos resultou no agrupamento dos genótipos. No regime hídrico irrigado, o total de defeitos nos grãos apresentou mais de 90% de contribuição relativa para a divergência genética, enquanto no não irrigado, o defeito do tipo grãos verdes contribuiu com mais de 69%.

Palavras-chave: Variabilidade genética. *Coffea arabica*. Qualidade do café. Irrigação.

Área do Conhecimento: Agronomia.

Introdução

Uma importante estratégia para a ampliação da capacidade produtiva das lavouras de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) consiste na utilização de cultivares melhoradas, visto que os níveis médios de produtividade dessa espécie no estado do Espírito Santo ainda são relativamente baixos, estimadas em 23,5 sacas por hectare na safra 2023 (CONAB, 2023). O Brasil detém alguns dos principais programas de melhoramento genético de espécies do gênero *Coffea* do mundo, o que resulta no desenvolvimento e lançamento de novas cultivares. No entanto, mesmo que um grande número de genótipos tenha sido recomendado para o cultivo, é fundamental a realização e ampliação de estudos para testá-los nos mais diversos sistemas de cultivo, regiões e estresses, de modo a enriquecer o conhecimento sobre o comportamento fenotípico dos materiais.

No contexto da ocorrência de estresses abióticos e bióticos sobre as culturas, comumente se observa os efeitos negativos da restrição hídrica sobre a morfologia e metabolismo das plantas. As perdas causadas pelo déficit hídrico na cafeicultura são uns dos principais desafios dessa atividade agrícola, visto que o fornecimento hídrico adequado é um fator limitante para o crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade do café (CAVATTE *et al.*, 2011). Segundo Mantovani (2003), mesmo em regiões nas quais as condições hídricas se mostram favoráveis, ocorre um ganho de produtividade com a cafeicultura irrigada. Dados apontam para o comportamento diferencial entre os genótipos de cafeeiro arábica em função do manejo hídrico, com ganhos na produção e rendimento de grãos (COLODETTI *et al.*, 2021b; 2022) e no crescimento vegetativo (RODRIGUES *et al.*, 2021) com o fornecimento da irrigação. Em contrapartida, também tem-se verificado a ocorrência de maior número de floradas no cafeeiro arábica sob irrigação constante e, conseqüentemente, maior desuniformidade na maturação dos frutos (FARIA; SIQUEIRA, 2005), o que pode prejudicar a qualidade dos grãos.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

A qualidade do café está diretamente relacionada com as propriedades físico-químicas dos grãos. Dentre as características físicas, cita-se a classificação por tipo, cor e peneira (PIMENTA, 2003), onde o tipo do café é determinado pela quantidade de defeitos apresentados na amostra avaliada (BRASIL, 2003). O estudo das propriedades físico-químicas dos grãos pode contribuir para melhorar características relacionadas com a qualidade dos grãos (CARVALHO *et al.*, 1994), sobretudo quando associado com a variabilidade existente nas espécies de café.

Nesse contexto, objetivou-se estudar a dissimilaridade entre seis genótipos de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos distintos, baseada em cinco características de defeitos nos grãos de café.

Metodologia

O experimento foi conduzido em campo na localidade de Lagoa Seca, zona rural do município de Alegre-ES, numa altitude de 647 m. As plantas de café arábica (*Coffea arabica* L.) foram implantadas no espaçamento de 2,5 × 0,8 m, com parcelas experimentais compostas por seis plantas. Quando apresentaram seis anos de idade, foram submetidas à poda do tipo recepa baixa, com o intuito de formar um novo dossel, onde as brotações provenientes dessa intervenção foram submetidas ao manejo da poda programada de ciclo para o café arábica (VERDIN FILHO *et al.*, 2016). Após a recepa, as brotações provenientes foram conduzidas de modo a manter três ramos ortotrópicos por planta. O experimento seguiu as tecnologias apropriadas ao manejo do cafeeiro arábica, sempre de acordo com a necessidade e com a atual recomendação para a cultura (PREZOTTI *et al.*, 2007; REIS; CUNHA, 2010). O clima no local do estudo (2011 a 2021) tem apresentado precipitação acumulada média anual de 1.231 mm e temperatura média anual de 21,64 °C.

O experimento foi dividido em dois ensaios, irrigado e não irrigado, onde cada um desses ensaios foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. Os seis tratamentos corresponderam a diferentes genótipos de cafeeiro arábica, sendo eles: Paraíso MG/H419-1, Catucaí 24-137, Sacramento MG1, Catucaí 144, Catucaí 2-SL e Oeiras MG-6851.

No ensaio irrigado, a irrigação ocorreu todas as vezes em que a tensão de retenção de água no solo (medida por um conjunto de três tensiômetros instalados a 30 cm de distância da base das plantas e a 25 cm de profundidade no solo), e correspondeu àquela referente a 60-70% da água disponível (46 e 34 kPa, respectivamente), realizada por sistema de gotejamento autocompensante. Para o ensaio não irrigado, a disponibilização de água às plantas de café ocorreu apenas pelas precipitações naturais ocorridas durante o período experimental.

Na segunda safra produtiva, após a recepa e implementação do manejo de poda programada de ciclo (safra de 2021), procedeu-se a colheita dos frutos quando os mesmos atingiram o ponto de maturação (mais de 80% dos frutos no estágio “cereja”). Em cada parcela experimental foi coletada uma amostra de 3 L de café cereja, conduzindo-a imediatamente para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C ± 2 °C até atingir umidade de 11,5% b.u. Após a secagem e beneficiamento dos frutos, retirou-se uma amostra de 300 g de café beneficiado (grãos crus) para contabilização do número equivalente de defeitos, conforme os tipos de defeitos estabelecidos na “Tabela Oficial Brasileira de Classificação” da legislação vigente (BRASIL, 2003). Para as análises estatísticas utilizou-se dos dados de grãos pretos, grãos verdes, grãos ardidos, grãos brocados e o total de defeitos dos grãos dos genótipos em ambos os regimes hídricos.

Com as variáveis analisadas e submetendo os dados à análise de variância (5% de probabilidade), obteve-se a matriz de covariâncias residuais e a matriz de médias, necessárias para as estimativas das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade. Além disso, obteve-se a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética entre os genótipos, estimada conforme critério proposto por Singh (1981). Posteriormente, procedeu-se a análise de agrupamento hierárquico pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA), a fim de originar o dendograma, em que o ponto de corte foi obtido pelo método de Mojena (1977), para delimitar os grupos formados. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico “GENES” (CRUZ, 2013).

Resultados

Ao analisar conjuntamente o número de defeitos (pretos, verdes, ardidos, brocados e total de defeitos nos grãos) das amostras de cada genótipo, por meio da análise multivariada e em ambos os

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

regimes hídricos (irrigado e não irrigado), foi possível estimar a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade entre pares de genótipos. No regime irrigado, observou-se menor dissimilaridade entre os genótipos Paraíso MG/H419-1 e Catucaí 24-137 ($D^2 = 5,60$) e maior entre o Catucaí 24-137 e Oeiras MG-6851 ($D^2 = 339,43$). No regime não irrigado, os genótipos Sacramento MG1 e Catucaí 144 foram os menos dissimilares ($D^2 = 1,42$), e o Paraíso MG/H419-1 e Catucaí 2-SL os mais dissimilares ($D^2 = 41,99$).

Baseado na matriz de dissimilaridade de Mahalanobis, estimou-se a contribuição relativa dos defeitos nos grãos para o estudo da divergência genética entre os seis genótipos de cafeeiro arábica. No regime irrigado, a ordem de contribuição das variáveis foi a seguinte: total de defeitos (93,18%) > grãos brocados (5,76%) > grãos verdes (1,06%), enquanto os defeitos do tipo grãos pretos e ardidos não contribuíram para separação dos genótipos. No regime não irrigado, a ordem de contribuição foi: grãos verdes (69,09%) > grãos ardidos (19,27%) > grãos brocados (11,64%), já os grãos pretos e o total de defeitos também não contribuíram para a divergência genética (Tabela 1).

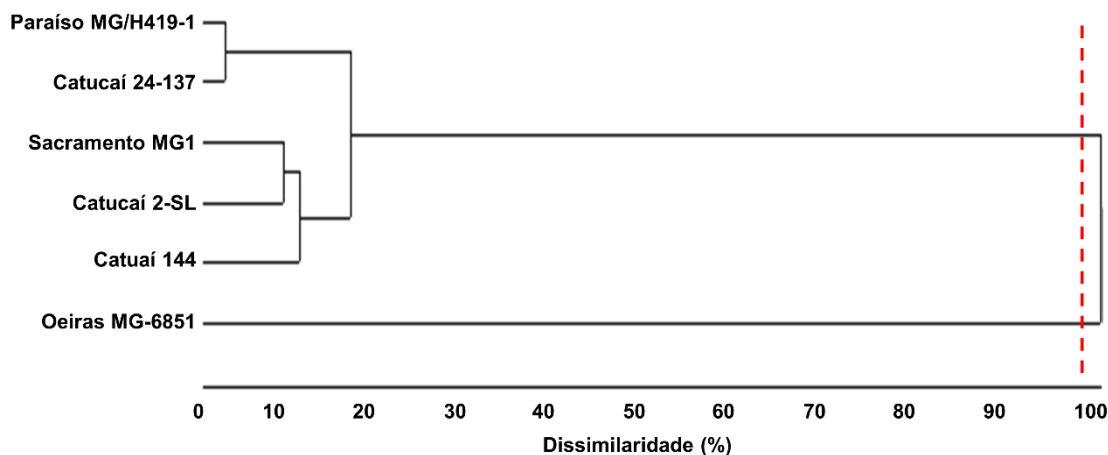
Tabela 1 - Contribuição relativa de caracteres de defeitos nos grãos para a divergência genética entre os seis genótipos de cafeeiro arábica, no regime irrigado e no regime não irrigado, conduzidos com a poda programada de ciclo (Alegre-ES).

Regime Irrigado		Regime não Irrigado	
Variável	Contribuição (%)*	Variável	Contribuição (%)*
Grãos pretos	-	Grãos pretos	-
Grãos verdes	1,06	Grãos verdes	69,09
Grãos ardidos	-	Grãos ardidos	19,27
Grãos brocados	5,76	Grãos brocados	11,64
Total de defeitos	93,18	Total de defeitos	-

*Estimadas pelo método de Singh (1981). **Fonte:** os autores.

Pelo método de agrupamento hierárquico para as características avaliadas, obteve-se os dendogramas para a visualização dos grupos formados em cada regime hídrico. Encontrou-se dois grupos entre os genótipos no regime irrigado, tendo como ponto de corte para delimitação dos grupos na distância de 99,17%. O grupo I foi constituído pelos genótipos Paraíso MG/H419-1, Catucaí 24-137, Sacramento MG1, Catucaí 2-SL e Catucaí 144, enquanto o grupo II foi integrado apenas pelo Oeiras MG-6851 (Figura 1).

Figura 1 - Dendograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método UPGMA), com base em características de defeitos nos grãos de seis genótipos de cafeeiro arábica, conduzidos em regime irrigado e com a poda programada de ciclo, utilizando a matriz de dissimilaridade de Mahalanobis. Ponto de corte na distância de 99,17% obtido pelo método de Mojena (1977).



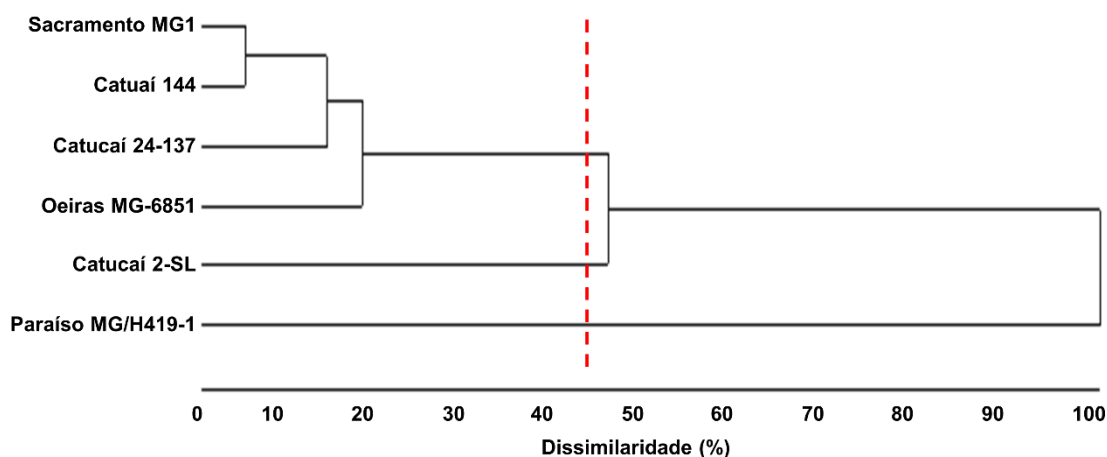
Fonte: os autores.

Já no regime não irrigado, obteve-se três grupos entre os genótipos, com ponto de corte para delimitação dos grupos na distância de 45,15%. O grupo I foi formado pelos genótipos Sacramento

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

MG1, Catuaí 144, Catucaí 24-137 e Oeiras MG-6851, o grupo II foi constituído pelo genótipo Catucaí 2-SL, enquanto o Paraíso MG/H419-1 integrou o grupo III (Figura 2).

Figura 2 - Dendograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método UPGMA), com base em características de defeitos nos grãos de seis genótipos de cafeeiro arábica, conduzidos em regime não irrigado e com a poda programada de ciclo, utilizando a matriz de dissimilaridade de Mahalanobis. Ponto de corte na distância de 45,15% obtido pelo método de Mojena (1977).



Fonte: os autores.

Discussão

Nota-se considerável influência dos regimes hídricos sobre a dissimilaridade entre os genótipos com base nas características de defeitos dos grãos, onde constatou-se que as distâncias médias entre todos os genótipos foram 6,25 vezes maiores no regime irrigado quando comparadas com o não irrigado (D^2 média de 15,48 no não irrigado e D^2 média de 96,75 no irrigado). Isso indica que, de modo geral, os genótipos tendem a ser mais dissimilares para os defeitos dos grãos quando cultivados com irrigação, certamente por terem apresentado maiores quantidades totais de defeitos nessa condição e uma variância elevada para essa variável (média do total de defeitos de 118,8 pontos e σ^2 de 3352,1), quando comparados com o não irrigado (média do total de defeitos de 76,5 pontos e σ^2 de 36,9).

Além disso, constatou-se que o regime hídrico adotado modificou a contribuição relativa que determinadas características de defeitos expressam sobre a divergência genética entre os genótipos, haja visto alterações no tipo e na intensidade das variáveis sobre a contribuição relativa de acordo com regime hídrico utilizado. No regime não irrigado, o defeito do tipo grãos verdes foi a variável que mais contribuiu para a divergência genética (quase 70%), enquanto no regime irrigado foi o total de defeitos com mais de 90% de contribuição. Tais resultados ajudam a respaldar o comportamento diferencial dos genótipos de cafeeiros em diferentes condições de cultivo, bem como a existência de caracteres que melhor diferenciam os genótipos em cada condição, sendo essa uma abordagem importante para programas de melhoramento genótipos das espécies de café (CRUZ, 1990).

Essa influência do regime hídrico sobre a expressão da quantidade de defeitos nos grãos de café, pode justificar as alterações nas composições dos grupos formados pelo agrupamento hierárquico. Estes mesmos seis genótipos de cafeeiro arábica já foram estudados para características de crescimento e produtividade, onde notou-se que as medidas de dissimilaridade também foram úteis para o agrupamento dos genótipos (FERREIRA *et al.*, 2020).

A variabilidade de comportamento entre os genótipos na composição dos grupos formados com base nos defeitos dos grãos e em função dos regimes hídricos, pode ser devida à plasticidade fenotípica dos genótipos de café frente às condições variadas de cultivo. É possível resposta fenotípica distinta para um mesmo genótipo de café em função da variação de fatores ambientais (RODRIGUES *et al.*, 2014; 2016; ZAIDAN *et al.*, 2017), inclusive para variações no regime hídrico adotado em diferentes genótipos de cafeeiro arábica (RODRIGUES *et al.*, 2021; COLODETTI *et al.*, 2021a; 2021b; 2022). Resultados como estes são importantes para programas de melhoramento genético das

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

espécies de café.

Conclusão

É possível a verificação da variabilidade de comportamento dos genótipos em cada regime hídrico adotado, onde a expressão da dissimilaridade com base em características de defeitos dos grãos resulta no agrupamento dos diferentes genótipos de café arábica.

No regime hídrico irrigado, o total de defeitos nos grãos se destaca por apresentar mais de 90% de contribuição relativa para a divergência genética entre os genótipos, enquanto no regime hídrico não irrigado, destaca-se o defeito do tipo grãos verdes com mais de 69% de contribuição.

Referências

- 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. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v. 29, n. 3, p. 449-454, 1994.
- CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; MORAIS, L. E.; SILVA, P. E. M.; SOUZA, L. T.; DaMATTA, F. M. A fisiologia dos estresses abióticos. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BOREM, A. (Ed.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p. 39-79.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; FERREIRA, D. S.; SOUZA, I. V.; SARTORI, L.; TOMAZ, M. A. Manejo hídrico e diferentes genótipos no rendimento de grãos de café arábica cultivados com a poda programada de ciclo. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 8., 2022, Manhuaçu-MG. **Anais [...]** Manhuaçu-MG: Unifacig, 2022. v. 8. p.1-7.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; FERREIRA, D. S.; TOMAZ, M. A. Estimativas de parâmetros genéticos de cafeeiro arábica cultivado em sequeiro e irrigado. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 7., 2021, Manhuaçu-MG. **Anais [...]** Manhuaçu-MG: Unifacig, 2021a. v. 7. p.1-7.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; SALLES, R. A.; TOMAZ, M. A. Manejo hídrico com irrigação suplementar: aspectos produtivos de genótipos de cafeeiro arábica. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 7., 2021, Manhuaçu-MG. **Anais [...]** Manhuaçu-MG: Unifacig, 2021b. v. 7. p.1-7.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília: CONAB, v. 10, n. 2, 2023. 44p.
- CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1990. 188p.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Sci. Agron.**, v. 35, p. 271-276, 2013.
- FARIA, R.T.; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, v. 64, p. 583- 590, 2005.
- FERREIRA, D. S.; RODRIGUES, W. N.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; COLODETTI, T. V.; TOMAZ, M. A. Crescimento, produtividade e dissimilaridade entre cultivares de café arábica cultivadas na região do Caparaó capixaba. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 6., 2020,

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Manhuaçu-MG. **Anais [...]** Manhuaçu-MG: Unifacig, v. 6, p. 1-8, 2020.

MANTOVANI, E. C. Cafeicultura irrigada: produtividade, rentabilidade com sustentabilidade. In: MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R. **Irrigação do cafeeiro**: informações técnicas e coletânea de trabalhos. Viçosa: UFV, 2003. p. 9-45.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **Comput J.**, v. 20, p. 359-363, 1977.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de Café**. 1.ed. Lavras: UFLA, 2003.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5.ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO, 2007. 305p.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2010. 896p.

RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; SOUZA, I. V.; TOMAZ, M. A. Manejo hídrico com irrigação suplementar: aspectos vegetativos de genótipos de cafeeiro arábica. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 7., 2021, Manhuaçu-MG. **Anais [...]** Manhuaçu-MG: Unifacig, 2021. v. 7. p.1-6.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; FERRÃO, M. A. G.; COLODETTI, T. V.; APOSTOLICO, M. A.; CHRISTO, L. F. Biometrical studies on characteristics of plagiotropic branches in *Coffea arabica* L. cultivated with high plant density. **Aust. J. Crop Sci.**, v. 8, p. 1239-1247, 2014.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; AMARAL, J. F. T.; SOBREIRA, F. M.; APOSTÓLICO, M. A. Biometry and diversity of Arabica coffee genotypes cultivated in a high density plant system. **Genet. Mol. Res.**, v. 15, p. 1-12, 2016.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian J. Genet. Plant Breed.**, v. 41, p. 237-245, 1981.

VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; FERRÃO, M.A.G.; FERRÃO, R.G.; MAURI, A.L.; FONSECA, A.F.A.; TRISTÃO, F.A.; ANDRADE JÚNIOR, S. New management technology for arabica coffee: the cyclic pruning program for Arabica coffee. **Coffee Sci.**, v.11, p.475-483, 2016.

ZAIDAN, U. R.; CORRÊA, P. C.; FERREIRA, W. P. M.; CECON, P. R. Ambiente e Variedades influenciam a qualidade de cafés das Matas de Minas. **Coffee Sci.**, v. 12, n. 2, p. 240-247. 2017.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de desenvolvimento científico regional (processo 300971/2021-4) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio financeiro do projeto (nº FAPES 535/2020) do primeiro autor. À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo fornecimento das instalações e equipamentos necessários. À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela parceria na execução experimental. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Financiamento 001, concedido ao quinto autor. Ao cafeicultor José Augusto Demartini Landi e sua família pela concessão, manutenção e zelo com as áreas experimentais. À FAPES, CNPq e CAPES pela concessão de bolsas e auxílios financeiros.