

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

MILLENA MONTEIRO DOS SANTOS

**CONCENTRAÇÃO NUTRICIONAL EM DIFERENTES
ÓRGÃOS VEGETAIS E FLUORESCÊNCIA DA
CLOROFILA *a* EM *Coffea canephora***

**São Mateus - ES
Abril de 2021**

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

**CONCENTRAÇÃO NUTRICIONAL EM DIFERENTES
ÓRGÃOS VEGETAIS E FLUORESCÊNCIA DA
CLOROFILA *a* EM *Coffea canephora***

MILLENA MONTEIRO DOS SANTOS

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
Coorientador: Prof. Dr. Antelmo Ralph Falqueto

**São Mateus - ES
Abril de 2021**

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

S237c Santos, Millena Monteiro dos, 1992-
CONCENTRAÇÃO NUTRICIONAL EM DIFERENTES
ÓRGÃOS VEGETAIS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA a
EM Coffea canephora / Millena Monteiro dos Santos. - 2021.
108 f. : il.

Orientador: Fabio Luiz Partelli.
Coorientador: Antelmo Ralph Falqueto.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Cafeeiro. 2. Plantas Nutrição. 3. Análise foliar. 4.
Fluorescência. I. Partelli, Fabio Luiz. II. Falqueto, Antelmo
Ralph. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Universitário Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 63

MILLENA MONTEIRO DOS SANTOS

CONCENTRAÇÃO NUTRICIONAL EM DIFERENTES ÓRGÃOS
VEGETAIS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* EM *Coffea*
canephora

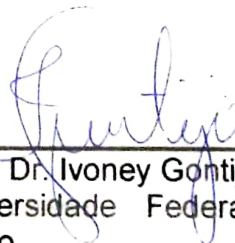
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 29 de Abril de 2021

COMISSÃO EXAMINADORA



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



Prof. Dr. Ivoney Gontijo
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Marcos Góes Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo



Dra. Daniela Cassol
University of California Riverside

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo!

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli, por ter me aceitado no mestrado, pela amizade, orientação, e principalmente por acreditar e nos impulsionar na pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo e pelo financiamento de parte do projeto. A Fundação de Amparo à pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro na realização dos trabalhos e análises.

Ao professor Dr. Antelmo Raph Falqueto pela coorientação, amizade, apoio em assuntos difíceis de fisiologia e fluorescência da clorofila *a*.

Ao meu namorado e amigo Eduardo France Oza. Obrigada pela imensa paciência, disposição pra me ajudar a qualquer hora e momento e pelo companheirismo de sempre. Essa vitória também é sua!

Aos meus pais (Marcelo dos Santos e Ana Maria Monteiro do Santos) e minha irmã (Géssica M. dos Santos) por me apoiarem no Mestrado e por entenderem minha ausência em certos momentos. Muito obrigada por tudo!

Ao Cleidson Alves e a Daniela Cassol pela imensa ajuda nas análises estatísticas, e por sempre estarem disponíveis pras minhas dúvidas.

Ao Igor Damasceno pelas idas a campo comigo, obrigada!

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pela realização do curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e aos professores pelo conhecimento disponibilizado.

À Fazenda Experimental do Ceunes por todo suporte na condução do experimento. E aos técnicos Alex Campanharo e Gleison Oliosio por sempre estarem disponíveis em me ajudar, não se importando com o horário e nem com o sol de cada dia.

À minha amiga Debora Moro, por ter sido companheira nos bons momentos e nos momentos difíceis do mestrado, sua ajuda foi fundamental! Obrigada.

À Larissa Botazini por ter sido tão cuidadosa comigo quando mais precisei. E a Rayane Rosa, por sempre me “salvar” nos momentos de aperto das disciplinas.

Á todos do grupo de Pesquisa Cafeeiras, por me acolherem tão bem durante esse período de mestrado.

Ao Marcos Góes de Oliveria, pelas contribuições e incentivos de nunca desistir.

A todos meus amigos antigos e aos amigos de agora, que fiz no CEUNES, muito obrigada a todos!!

A todos que contribuíram de alguma forma, a todos que acreditam na pesquisa, deixo aqui meu muito obrigada, nada seria possível sem a ajuda de vocês!

SUMÁRIO

RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	xv
REFERÊNCIAS.....	xvii
1. CAPÍTULOS.....	1
1.1 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES EM DIFERENTES PARTES DA PLANTAS E DE GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i>.....	2
Resumo.....	2
Abstract.....	3
1.1.1 Introdução.....	4
1.1.2 Material e Métodos.....	5
1.1.2.1 Área de Estudo e descrição do experimento.....	5
1.1.2.2 Delineamento amostral	7
1.1.2.3 Avaliação dos órgãos vegetais	7
1.1.2.4 Análises Estatísticas	8
1.1.3 Resultados.....	8
1.1.3.1 Parâmetros Genéticos.....	8
1.1.3.2 Concentração de macro e micronutriente em flores, grãos e palha dos nove genótipos.....	9
1.1.3.3 Concentração foliar de macro e micronutrientes ao longo de quatro épocas.....	16
1.1.3.4 Dendograma com dissimilaridade genética entre os nove genótipos e contribuição relativa da concentração de macro e micronutrientes.....	22
1.1.4 Discussão	26
1.1.5 Conclusão.....	34
1.1.6 Referências.....	35
2.1 DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i> BASEADO EM CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PARÂMETROS DE FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA <i>a</i>.....	44

Resumo.....	44
Abstract.....	45
2.1.1 Introdução.....	46
2.1.2 Material e Métodos.....	48
2.1.2.1 Área de Estudo	48
2.1.2.2 Fluorescência da clorofila a.....	50
2.1.2.3 Análises morfofisiológicas	51
2.1.2.4 Delineamento Experimental e Análise estatística.....	52
2.1.3 Resultados.....	53
2.1.3.1 Dendograma com dissimilaridade genética	53
2.1.3.2 Cinética de emissão das curvas OJIP	56
2.1.3.3 Parâmetros do Teste JIP	61
2.1.3.4 Análises morfoagronômicas (Atributos foliares)	65
2.1.3.5 Análise Multivariada (PCA) e Correlações das variáveis	66
2.1.4 Discussão.....	70
2.1.5 Conclusão	75
2.1.6 Referências	75
Apêndices.....	88

RESUMO GERAL

SANTOS, Millena Monteiro dos; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; abril de 2021; **Concentração nutricional em diferentes órgãos vegetais e fluorescência da clorofila a em *Coffea canephora***; Orientador: Fábio Luiz Partelli, Coorientador: Antelmo Ralph Falqueto.

Elevadas produtividades nas lavouras de café vêm sendo alcançadas com o uso de genótipos superiores. Para tal, é necessário um adequado manejo nutricional respeitando as especificidades fisiológicas e demandas nutricionais de cada material cultivado. O presente estudo foi dividido em dois capítulos, no qual o primeiro tem como objetivo estudar a concentração nutricional de macro e micronutrientes em diferentes órgãos vegetais (folha, flor, grão e palha) em nove genótipos de *C. canephora*, enquanto o segundo objetivou-se avaliar a fluorescência da clorofila a ao longo de épocas do ano em três horários durante ao dia. Ambos experimentos foram conduzidos no Norte do Espírito Santo, em uma lavoura cultivada com nove genótipos compondo duas cultivares de café Conilon, em delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições e três plantas cada parcela. Para o primeiro capítulo foi realizada a coleta dos materiais de folhas a cada três meses, de agosto de 2019 a maio de 2020. As flores foram coletadas na primeira florada em julho de 2019 e frutos em junho de 2020, mediante a maturação completa. Os materiais foram secos em estufa e enviados para análises em laboratório para determinação do conteúdo nutricional de macro e micronutrientes. Os dados foram submetidos à análise de variância seguido da comparação das médias e estimativas dos parâmetros genéticos e agrupamento pelo método hierárquico (UPGMA). Parâmetros ligados ao melhoramento genético indicaram que há pouca influência do ambiente na concentração nutricional nos tecidos vegetais, flores foram as que menos apresentaram interferência ambiental para a concentração nutricional. N, Fe e K foram os macros e micronutrientes encontrados em maiores concentrações nos órgãos. Para as folhas, as concentrações dos principais nutrientes foram elevadas nas primeiras épocas, reduzindo nas últimas. Para o segundo capítulo, foram realizadas avaliações de fluorescência da clorofila a em duas épocas do ano (verão e inverno) e em três períodos do dia (manhã: 07:00 h; meio-dia:12:00 h; tarde: 17:00 h), e avaliações de atributos foliares. Foram realizadas análises de agrupamento pelo método UPGMA e análise de componentes principais para identificação de

correlações entre os parâmetros ecofisiológicos. Houve formação de três grupos dos nove genótipos de acordo com o método de agrupamento, com corte realizado em aproximadamente 45%. Parâmetros do teste JIP apresentaram tendências de maiores valores para manhã e meio dia (fluorescência inicial), para tarde apenas o rendimento quântico da fotoquímica primário. Todas as variáveis dos centros de reação (RC) apresentaram comportamento similares com tendências de valores maiores no período da manhã. De modo geral, os atributos foliares apresentaram tendência de valores menores no inverno e mais elevados no verão em todos os grupos. O grupo 1 formado pelo genótipo 9 (NV2) apresenta maior dissimilaridade ao comparar com os demais. Foi possível observar através das análises multivariadas que os atributos foliares estão correlacionados com os parâmetros JIP em relação a variabilidade nas épocas e nos horários.

Palavras-chaves: Fisiologia vegetal, Café conilon, Melhoramento genético, Método UPGMA.

ABSTRACT

SANTOS, Millena Monteiro dos; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; April 2021; **Nutritional concentration in different plant organs and fluorescence of chlorophyll a in *Coffea canephora***; Advisor: Fábio Luiz Partelli, Co-advisor: Antelmo Ralph Falqueto.

High productivity in coffee plantations has been achieved with the use of superior genotypes. For this, an adequate nutritional management is necessary, respecting the physiological specificities and nutritional demands of each cultivated material. The present study was divided into two chapters, in which the first aims to study the nutritional concentration of macro and micronutrients in different plant organs (leaf, flower, grain and straw) in nine genotypes of *C. canephora*, while the second aimed to whether to assess chlorophyll a fluorescence throughout the year at three times a day. Both experiments were carried out in the North of Espírito Santo, in a crop cultivated with nine genotypes comprising two Conilon coffee cultivars, in a randomized block experimental design, with three replications and three plants each plot. For the first chapter, leaf materials were collected every three months, from August 2019 to May 2020. Flowers were collected in the first flowering in July 2019 and fruits in June 2020, upon complete maturation. The materials were dried in an oven and sent for laboratory analysis to determine the nutritional content of macro and micronutrients. Data were subjected to analysis of variance followed by comparison of means and estimates of genetic parameters and grouping using the hierarchical method (UPGMA). Parameters linked to genetic improvement indicated that there is little influence of the environment on the nutritional concentration in plant tissues, flowers were the ones that presented the least environmental interference for the nutritional concentration. N, Fe and K were the macros and micronutrients found in higher concentrations in organs. For leaves, the concentrations of the main nutrients were high in the first seasons, decreasing in the last ones. For the second chapter, chlorophyll a fluorescence assessments were performed at two times of the year (summer and winter) and at three times of the day (morning: 07:00 h; noon: 12:00 h; afternoon: 17: 00 h), and leaf attribute evaluations. Cluster analyzes were performed using the UPGMA method and principal component analysis to identify correlations between ecophysiological parameters. Three groups of nine genotypes were formed according to the grouping method, with a cut in approximately 45%. Parameters of the JIP test showed trends of higher values for

morning and noon (initial fluorescence), for afternoon only the quantum yield of the primary photochemistry. All reaction center (RC) variables showed similar behavior with trends towards higher values in the morning. In general, leaf attributes tended to be lower in winter and higher in summer in all groups. Group 1 formed by genotype 9 (NV2) presents greater dissimilarity when compared to the others. It was possible to observe through the multivariate analysis that the leaf attributes are correlated with the JIP parameters in relation to variability in seasons and times.

Key words: Plant physiology, Seasonal variation, Conilon coffee, genetic improvement, UPGMA method.

INTRODUÇÃO GERAL

O cafeeiro é uma planta tropical perene do gênero *Coffea* que compreende 124 espécies, destas *C. arabica* e *C. canephora* (café arábica e conilon/robusta, respectivamente) são amplamente cultivadas na maioria dos países de clima tropical, respondendo por grande parte da produção de café no mundo (DAVIS et al., 2011). No Brasil são cultivadas as duas espécies em grande escala nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Rondônia, um total de 2 milhões de hectares (ICO, 2020).

C. canephora apresenta características de alogamia com auto-incompatibilidade, reproduz por fecundação cruzada, resultando em indivíduos heterozigotos (CONAGIN; MENDES, 1961; CARVALHO et al., 1991; NOWAK et al., 2011; VÁZQUEZ et al., 2019) com alta variabilidade genética, proporcionando diferentes ciclos de maturação, produtividade, porte, tamanho dos frutos e folhas, resistência a pragas e doenças (HARTMANN et al., 2011; PARTELLI et al., 2014; NUNES-GOMES; KRINSKI, 2016). Tal diversidade é necessária nos programas de melhoramento, em que visa a seleção de genótipos com características superiores ou promissoras (CHARRIER; BERTHAUD, 1985; DALCOMO et al., 2015; GILES et al., 2018).

Inúmeras tecnologias vêm sendo empregadas nas lavouras, como o uso de irrigação, densidade de plantio, controle fitossanitário, e utilização de genótipos superiores, de forma que seja otimizada a eficiência da produção (PARTELLI et al., 2018). Embora a escolha de bons genótipos seja um dos principais fatores de ganho de produtividade de uma lavoura, o controle nutricional deve atender às necessidades específicas dos mesmos (PARTELLI et al., 2018).

Os cafeeiros podem responder de forma diferente às concentrações nutricionais (MARTINS et al., 2019) como, por exemplo, na absorção e translocação de nutrientes em folhas, frutos e flores (COVRE et al., 2018; DUBBERSTEIN et al., 2016; MALAVOLTA et al., 2002), diferenças também são encontradas devido aos ciclos reprodutivos (precoce, intermediário e tardio) (PARTELLI et al., 2014; MARRÉ et al., 2015).

As épocas de maiores exigências nutricionais do cafeeiro variam mediante as suas fases de desenvolvimento, sendo necessárias uma observação criteriosa. Segundo Partelli et al. (2016) o diagnóstico em lavouras realizado em período de

enchimento de grãos (pré e pós-floração) no estado do Espírito Santo apresentaram maiores concentrações de N, P, K, S, Cu e Zn na fase de granação, e Ca, Mg, Mn e Fe apresentaram maiores nas fases de pré-florada. Portanto, é de extrema importância que a planta já tenha absorvido nutrientes necessários para garantir sucesso nas fases posteriores (MALAVOLTA et al., 2002; VALARINI et al., 2005; PARTELLI et al., 2016).

Na fase da frutificação, os frutos já demandaram maior quantidade de nutrientes, mas ainda são considerados drenos e são responsáveis por boa parte da variação da assimilação de carboidratos e nutrientes minerais (CANNEL, 1970; AMARAL et al., 2011). Nas folhas, há também grande variação de translocação de nutrientes em função da fase da cultura, assim como a mobilização dos seus nutrientes para os drenos ligados à frutificação (BARDIN-CAMPAROTTO et al., 2012). Entretanto, por se tratar de estruturas biológicas, pode haver variações em diversas fases de acordo com a região, condições climáticas, época do ano, idade da planta, tratamentos culturais e o tipo de genótipo cultivado (PETEK et al., 2009; FERREIRA et al., 2013; PARTELLI et al., 2018).

Desse modo, torna-se imprescindível o conhecimento sobre as fases de maior demanda de nutrientes e suas implicações nas respostas nas plantas para determinar o manejo de adubação visando elevada produtividade (AMARAL et al., 2011). Além disso, o monitoramento do estado nutricional das plantas, realizado por meio de análises químicas de folhas, frutos e flores, é fundamental para estabelecer parâmetros e critérios para almejar bons resultados na lavoura (PARTELLI et al., 2007; SILVA et al., 2020; PARTELLI et al., 2018).

A cafeicultura está difundida em grande parte do território brasileiro. Mesmo em escala geográfica menor, as condições edafoclimáticas podem ser distintas uma das outras. Cafezais cultivados em regiões mais altas e, conseqüentemente mais frias, a sazonalidade, variação climática anual, fotoperíodo, entre outros, condicionam efeitos marcantes na cultura quando comparadas aos cultivos de regiões mais baixas e mais quentes (OLIOSI et al., 2021). Tais variações podem desencadear em algum tipo de estresse nas plantas, ocasionando deficiências ou diminuição de metabolismo (LARCHER, 2004). Mesmo que esses efeitos sejam mais brandos, podem afetar da mesma forma todos os componentes fotossintéticos, causando fechamento estomático e diversas alterações nos mecanismos fotossintéticos causando prejuízos

nutricionais à planta (PARTELLI et al., 2009; RODRIGUES et al., 2016; MARTINS et al., 2016; RAMALHO et al., 2018).

Assim, no que se refere a utilização de técnicas de avaliação em campo, reunindo informações significativas sobre o desempenho do fotossistema II (KALAJI et al., 2017), pode-se citar as análises da fluorescência transiente da clorofila *a*, técnica não destrutiva, rápida coleta de dados, permitindo inferir sobre as reações fotoquímicas (GOVINDJEE, 1995; PAPAGEORGIOU; GOVINDJEE, 2011; KALAJI et al., 2016). Através das análises das curvas OJIP pode-se avaliar os componentes do FSII, cadeia transportadora de elétrons, inferindo sobre condições fisiológicas das plantas avaliadas (KALAJI et al., 2016). Através do Teste JIP é possível ter melhor compreensão das mudanças na maquinaria fotossintética de forma quantitativa, bem como uma avaliação dos centros de reações, aceptores e doadores de FSII (STRASSER et al, 2004, STIRBET; GOVINDJEE, 2011).

As condições nutricionais e fisiológicas da planta estão intimamente relacionadas. Desse modo, o conhecimento do comportamento dos genótipos cafeeiros ao longo do ciclo produtivo é crucial para um manejo adequado. Sendo assim, o presente estudo está dividido em dois capítulos: o primeiro tem como objetivo estudar a concentração nutricional de macronutrientes e micronutrientes na folha, flor, grão e palha de nove genótipos de *Coffea canephora*, enquanto no segundo capítulo objetivou-se avaliar a fluorescência da clorofila *a* nas épocas do ano, verão e inverno, e em horários durante ao dia em *C. canephora*.

REFERÊNCIAS

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. 621–9, 2011. Doi:<https://doi:10.1590/S0103-84782011005000027>

BARDIN-CAMPAROTTO, L.; DE CAMARGO, M. B. P.; DE MORAES, J. F. L. Época provável de maturação para diferentes cultivares de café arábica para o Estado de São Paulo. **Ciência Rural**, v.42, n.4, p. 594-599, 2012. Doi:<https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000400003>.

CANNELL, M. G. R. The contribution of carbohydrates from vegetative laterals of the growth of fruits on the bearing branches of *Coffea arabica*. **Turrialba**, v.20, n.1, p.15-19, 1970.

CARVALHO, A.; FILHO M., P. H.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M. M. A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, 14, 135–183, 1991.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. **Botanical classification of Coffee**. In: Clifford MN, Willson KC. Coffee: botany, biochemistry, and production of beans and beverage. 1985. p.13-47. Crom Helm, London.

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, n. 1, p. 787-804, 1961. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051961000100034>.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. C. Impacts of water availability on macronutrients in fruit and leaves of conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53(9), 1025-103, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018000900006>

DALCOMO, J.M.; VIEIRA, H.D.; FERREIRA, A.; LIMA, W.L.; FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; PARTELLI, F.L. Evaluation of genetic divergence among clones of conilon coffee after scheduled cycle pruning. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 15417-15426, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.4238/2015>.

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 167, p. 357-377, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01177.x>

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDOLA, M. C. Concentration and accumulation of macronutrients in leaf of coffee berries in the Amazon, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, 10(5), 701-710, 2016. Doi: <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p7424>

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. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200016>

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. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170523>.

GOVINDJEE. Sixty-three years since Kautsky: chlorophyll a fluorescence. **Australian Journal of Plant Physiology**. 22:131-160, 1995.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

ICO - INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Relatório sobre o Mercado de café**. ICO, 2020. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/cy2018-19/cmr-1018-p.pdf>>. Acesso em: 07/01/2021.

KALAJI, H. M.; JAJOO, A.; OUKARROUM, A.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; SAMBORSKA I. A. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. **Acta Physiol. Plant.**, v. 38, n. 102, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2113-y>

KALAJI, H.M.; JAJOO, A.; OUKARROUM, A.; BRESTIC, M.; ZIVACK, M.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; LUKASIK, I.; GOLTSEV, V.; LADLE, R. J. Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. **Photosynthesis Research**. v.14, n.5 p. 124-131, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11120-017-0467-7>.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RiMa, 2004. 531p.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Biosci. J.**, v. 24, p. 19-31, 2008.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICHS, R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, n. 7, p. 1017-1022, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000700016>.

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. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20140649>

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, 2019. Doi: <https://dx.doi.org/10.35418/2526-4117/v1n1a6>

MARTINS, M.Q.; RODRIGUES, W.P.; FORTUNATO, A.S.; LEITÃO, A.E.; RODRIGUES, A.P.; PAIS, I.P.; MARTINS, L.D.; SILVA, M.J.; REBOREDO, F.H.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; TOMAZ, M.A.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.J.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Protective Response

Mechanisms to Heat Stress in Interaction with High [CO₂] Conditions in *Coffea spp.* **Frontiers in Plant Science**, v. 29, p. 947-964, 2016. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00947>.

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, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021019>

NUNES GOMES, E.; KRINSK, D. Propagação vegetativa de *Piper umbellatum* L. (PIPERACEAE) em função de substratos e comprimentos de estacas. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 31 – 37, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5380/rsa.v17i3.49695>.

OLIOSI, G.; PARTELLI, F. L.; SILVA, C. A.; DUBBERSTEIN, D.; GONTIJO, I.; TOMAZ, M. A. Seasonal variation in leaf nutrient concentration of conilon coffee genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 1, p. 74-85, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1792492>

PAPAGEORGIU G. C.; GOVINDJEE. Photosystem II fluorescence: slow changes—scaling from the past. **J Photochem Photobiol B**, v. 104, n. 12, p. 258–270, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2011.03.008>

PARTELLI F.L.; VIEIRA H.D.; VIANA A.P.; BATISTA-SANTOS P.; LEITÃO A.E.; RAMALHO J.C. Low Temperature Impact on Photosynthetic Parameters in Coffee Genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1404-1415, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100006>.

PARTELLI, F. L.; ESPINDOLA, M. C.; MARRE, 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, p. 214–22, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100021>.

PARTELLI, F. L.; GOMES, W. R.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; ESPINDOLA, M. C. Normas foliares e diagnóstico nutricional do cafeeiro conilon na pré-florada e granação, no Espírito Santo. **Coffee Science**, v. 11, 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. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1510513>

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. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904160701615525>

PETEK, M.R.; SERA, T.; FONSECA, I.C.B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v. 68, p. 169-181, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000100018>.

RAMALHO, J.C.; RODRIGUES, A.P.; LIDON, F.C.; MARQUES, L.M.C.; LEITÃO, A.E.; FORTUNATO, A.S.; PAIS, I.P.; SILVA, M.J.; SCOTTI-CAMPOS, P.; LOPES, A.; REBOREDO, F.H.; RIBEIRO-BARROS, A.I. Stress cross-response of the antioxidative system promoted by superimposed drought and cold conditions in *Coffea* spp.. **PLOS ONE**, v. 13, n. 6, e0198694, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198694>.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTICAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO₂] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supraoptimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, p. 415-431, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13088>.

SILVA, M. B. DA; PARTELLI, F. L.; GONTIJO, I.; CALDAS, M. M. Balanço nutricional e sua relação com a produtividade em uma lavoura cafeeira: inferências da análise geoespacial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 12, p. 834-839, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p834-839>

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.104, p. 236-257, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010>.

STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll a. In: **Fluorescence transient chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis**. Netherlands: Springer, v.14, p. 321-362, 2004.

VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C.; FAZUOLI, L.C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.661-672, 2005. Doi : <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000400016>.

VÁZQUEZ, N.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H.; VIEIRA, C. P.; FDEZ-RIVEROLA, F.; VIEIRA, J.; REBOIRO-JATO, M. 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. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12539-019-00320-3>

1. CAPÍTULOS

1.1 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES EM DIFERENTES PARTES DA PLANTAS E DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora*

Resumo

A escolha de genótipos superiores de café é crucial para o sucesso da lavoura. Entretanto, sem um manejo nutricional adequado para cada época do ciclo da cultura, dificilmente se alcançará elevadas produtividades nos cafezais. Objetivou-se determinar a concentração de nutrientes nas folhas, flores, grãos e palha dos frutos em nove genótipos de Café conilon. O experimento foi conduzido no Norte do Espírito Santo, em uma lavoura cultivada com nove genótipos compondo duas cultivares de café Conilon, em delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições e três plantas cada parcela. As coletas de folhas foram realizadas a cada três meses, de agosto de 2019 a maio de 2020. As flores foram coletadas na primeira florada em julho de 2019 e os frutos em junho de 2020, mediante a maturação completa dos genótipos. Os materiais foram secos em estufa e enviados para análises em laboratório para determinação do conteúdo nutricional de macro e micronutrientes. Os dados foram submetidos à análise de variância seguido da comparação das médias e estimativas dos parâmetros genéticos e agrupamento pelo método hierárquico (UPGMA). Os parâmetros ligados ao melhoramento genético indicaram que há pouca influência do ambiente na concentração nutricional nos tecidos vegetais avaliados. As flores foram os tecidos que menos apresentaram interferência ambiental para a concentração nutricional. N, K e Fe foram os nutrientes encontrados em maiores concentrações nos órgãos vegetais avaliados. Para as folhas, as concentrações dos principais nutrientes foram elevadas nas primeiras e reduzindo nas últimas épocas avaliadas devido à mobilização para os frutos. De maneira geral, a ordem de concentração de macro e micronutrientes foi de $N > K > Ca > P = Mg = S$ e $Fe > Mn > Cu > Zn$, respectivamente, apresentando oscilações em função de cada genótipo.

Palavras-chave: Café conilon, Melhoramento genético, Curva de absorção de nutrientes.

Abstract

Choosing superior coffee genotypes is crucial for crop success. However, without adequate nutritional management for each period of the crop cycle, it will be difficult to reach high productivity in coffee plantations. The objective of this study was to determine the concentration of nutrients in leaves, flowers, grains and fruit straw in nine genotypes of Coffee conilon. The experiment was carried out in the North of Espírito Santo, in a crop cultivated with nine genotypes comprising two Conilon coffee cultivars, in a randomized block experimental design, with three replications and three plants each plot. Leaf collections were carried out every three months, from August 2019 to May 2020. Flowers were collected in the first flowering in July 2019 and fruits in June 2020, upon complete maturation of the genotypes. The materials were dried in an oven and sent for laboratory analysis to determine the nutritional content of macro and micronutrients. Data were subjected to analysis of variance followed by comparison of means and estimates of genetic parameters and grouping using the hierarchical method (UPGMA). The parameters linked to genetic improvement indicated that there is little influence of the environment on the nutritional concentration in the evaluated plant tissues. Flowers were the tissues that presented the least environmental interference for nutritional concentration. N, K and Fe were the nutrients found in the highest concentrations in the evaluated plant organs. For leaves, the concentrations of the main nutrients were high in the first and reduced in the last periods evaluated due to mobilization to the fruits. In general, the order of concentration of macro and micronutrients was $N > K > Ca > P = Mg = S$ and $Fe > Mn > Cu > Zn$, respectively, showing oscillations as a function of each genotype.

Key words: Conilon coffee, Genetic improvement, Nutrient absorption curve.

1.1.1 Introdução

Elevadas produtividades em cafezais vêm sendo alcançadas com uso de genótipos superiores, desenvolvidos ao longo de décadas de melhoramento genético (PARTELLI et al., 2020). Diversas características são expressadas nas diferentes linhagens do cafeeiro, dentre elas, tolerância à seca (MARTINS et al., 2019a), duração do ciclo reprodutivo, acúmulo de biomassa seca e de nutrientes (PARTELLI et al., 2014; MARRÉ et al., 2015), crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2013), maior absorção e eficiência do uso dos nutrientes (AMARAL et al., 2011; MARTINS et al., 2016) são exemplos de parâmetros que culminam na escolha da introdução desse genótipo na lavoura.

Esses parâmetros são geralmente reflexos de especificidades estruturais e fisiológicas de cada genótipo, que podem exercer influência em diversos processos fisiológicos, como a transpiração e taxa assimilatória líquida, espessura dos parênquimas paliçádicos e esponjosos, números de estômatos (SCHMILDT et al., 2014; DUBBERSTEIN et al., 2019) e na dinâmica e eficiência nutricional (SANTOS et al., 2015). Genótipos altamente produtivos têm elevadas exigências nutricionais (GOMES et al., 2016) podendo ou não ter variação entre linhagens. O comprimento do ciclo reprodutivo (PARTELLI et al., 2014; MARRÉ et al., 2015), a anatomia do órgão da planta (AMARAL et al., 2011) e fases fenológicas (COVRE et al., 2018), são alguns exemplos de mecanismos responsáveis pela variação nutricional de genótipo de café (OLIOSI et al., 2020), que podem variar em concentração e preferência de um ou mais elementos (DALCOMO et al., 2017; GILES et al., 2018, 2019).

De maneira geral, em plantas de *C. canephora*, Nitrogênio (N), Cálcio (Ca) e Potássio (K) são absorvidos com maior intensidade, enquanto Fósforo (P) e Magnésio (Mg) e Enxofre (S) são menos requeridos (LAVIOLA et al., 2007; BRAGANÇA et al., 2008; PARTELLI et al., 2014; COVRE et al., 2016). Em folhas, há um decréscimo da concentração dos macronutrientes considerados móveis na planta durante a fase reprodutiva. Tal decréscimo é resultante da migração de fotoassimilados e elementos minerais para drenos como flores e frutos após a degradação de compostos celulares (CALBO, 1989). Em diversas variedades de café conilon, Oliosí et al. (2020) e Covre et al. (2016), observaram maior demanda de N, P, K, Ca, S, Mg, B, Fe, Mn, Zn, Cu nas fases reprodutivas (antese, pré-floração e enchimento dos grãos e frutificação).

O desequilíbrio nutricional planta pode promover acúmulo excessivo de elementos (OLIOSI et al., 2020) desencadeando uma série de processos metabólicos indesejáveis, que podem variar de acordo com tipo de órgão da planta, podendo ter influência na qualidade da bebida (MARTINEZ et al., 2014). O estado nutricional da planta é uma importante ferramenta na gestão da cafeicultura, sendo determinado pelo conteúdo nutricional em diferentes tecidos vegetais. Embora as avaliações de órgãos de cafeeiros em diferentes estádios fenológicos sejam importantes ferramentas para determinar o manejo correto de adubação, os valores de referências existentes de nível crítico e faixa de suficiência existentes para caracterização nutricional desconsideram a diversidade genética em genótipos de café conilon (GOMES et al., 2016).

Diversos órgãos da planta podem fornecer subsídios para um manejo nutricional adequado. A análise de flores possibilita avançar nas correções nutricionais durante o crescimento vegetativo, evitando perdas posteriores (MALAVOLTA et al., 2002; DUBBERSTEIN et al., 2016). A análise de grãos e palhas trazem respostas importantes sobre o cálculo de nutrientes responsáveis pela produção da lavoura (COVRE et al., 2016). O órgão da planta de café mais utilizado nessas análises são as folhas, pois são órgãos fisiologicamente ativos e estão presentes em todos os ciclos fenológicos da cultura, favorecendo o monitoramento do estado nutricional da planta (MALAVOLTA et al., 2002; DUBBERSTEIN et al., 2016).

Diante disso, objetivou-se no presente trabalho determinar a concentração de nutrientes em diferentes órgãos vegetais ao longo do ciclo reprodutivo de nove genótipos de Café conilon (*Coffea canephora*).

1.1.2 Materiais e Métodos

1.1.2.1 Área de Estudo e descrição do experimento

O experimento foi conduzido em São Mateus, Espírito Santo, latitude 18° 40' 25" S, longitude 40° 51' 23" W e altitude média aproximadamente de 36 metros. O solo do local é classificado como Argissolo Amarelo de textura franco arenoso, com relevo ondulado (SANTOS et al., 2018), cujas características químicas e físicas extraídas das camadas de solo de 0-10 são apresentadas na Tabela 1. O clima da região é quente e úmido, tipo Aw, com estação seca no outono-inverno e estação chuvosa na primavera-verão, de acordo com a classificação Koppen (ALVARES et al., 2013).

TABELA 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental. São Mateus, ES – Brasil.

Atributos químicos									
(mg dm ⁻³)									
P ¹	K ¹	S	Fe	Zn ¹	Cu ¹	Mn ¹	B	pH	Na
95	93	6	157	8,4	2,6	14	0,33	6,6	7,0
(cmol _c dm ⁻³)									
Ca		Mg	H+Al	SB	CTC	T	t		
2,0		0,8	1,5	3,07	4,57		3,07		
(%)					(dag dm ⁻³)				
V	m	Matéria Orgânica							
67,17	0	2,1							
Frações granulométrica (g kg ⁻¹)									
Areia			Silte				Argila		
746			54				200		

P, K, Na, Fe, Zn, Cu e Mn: Extrator Mehlich-1; pH: em H₂O 1:2,5; Ca e Mg: Extração: KCl 1mol/L; Al+H: Titulação; MO: Método Embrapa; SB (soma de bases); t (CTC efetiva); T (CTC pH 7,0); V (Saturação de bases); m (Saturação de alumínio); Análise física: conforme EMBRAPA; argila pelo método do densímetro; Classificação textural, conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do solo.

Os valores médios de temperatura mínima, média, máxima, precipitação foram coletados na estação meteorológica localizada na fazenda experimental e estão dispostos na Figura 1.

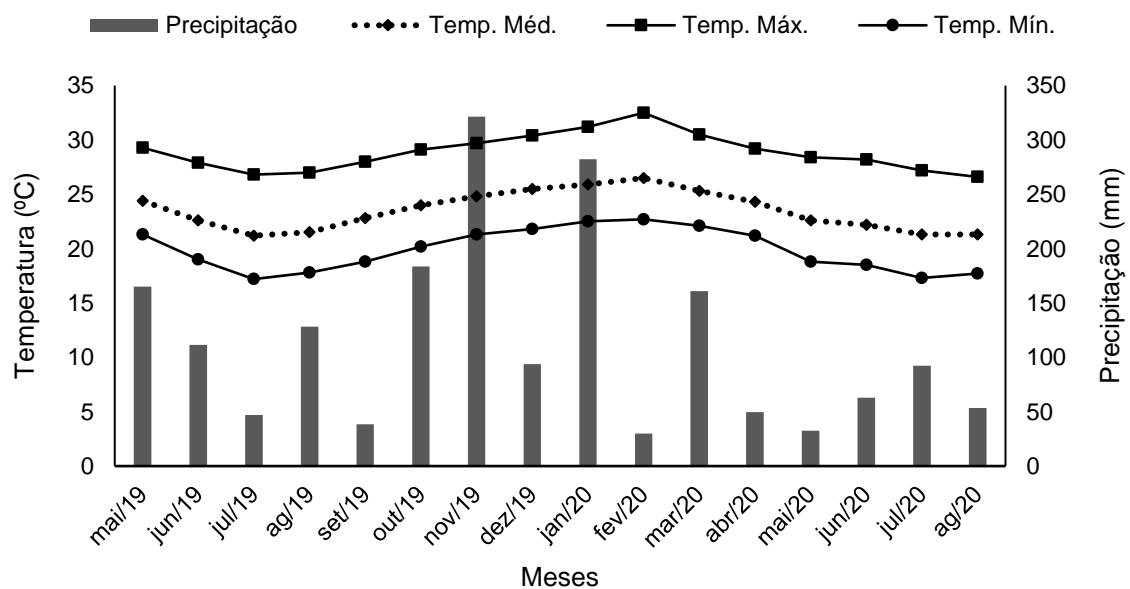


FIGURA 1. Precipitação total, temperatura média, máxima e mínima ocorridas durante o período da condução do experimento (2019/2020). São Mateus – ES.

Em 07 de junho de 2018 foi realizado o plantio da lavoura experimental constituída de genótipos de *C. canephora*, cultivadas sob condições de pleno sol, no

espaçamento de dois metros entre linhas e um metro entre plantas (2x1 m). A adubação da área experimental seguiu, desde então, cronograma e recomendação conforme orientações técnicas para cultura (PAYE et al., 2019). Os tratamentos culturais consistiram no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação por gotejamento.

1.1.2.2 Delineamento amostral

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados em três repetições com tratamentos constituídos pelos nove genótipos. Cada unidade experimental foi constituída por três plantas, composto por duas cultivares de café conilon: [1] cultivar Tributum (GILES et al., 2019; PARTELLI et al., 2020) composta pelos genótipos Bamburral, Beira Rio 8, Clementino, Pirata e Verdim R e [2] pelos genótipos da cultivar Andina (MARTINS et al., 2019b; PARTELLI et al., 2019) sendo, NV2, P1 e Verdim TA. O genótipo A1 é resultante de ambas cultivares.

1.1.2.3 Avaliações dos órgãos vegetais

As análises de flores, folhas, grãos e palhas dos nove genótipos consistiram na determinação das concentrações dos teores dos nutrientes de: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, de acordo com a metodologia descrita por Silva (2009).

Todas as avaliações foram realizadas durante os meses de agosto de 2019 e junho de 2020, todas realizadas no período matutino. As coletas foliares foram realizadas em intervalos de três meses com início em agosto/2019 (época,) novembro/2019 (época 2) fevereiro/2020 (época 3) e maio/2020 (época 4), coletada de ramos plagiotrópicos no terço mediano das plantas, priorizado o 3° e 4° par de folhas a partir da extremidade, em ambos os lados da planta, totalizando 4 folhas em cada lado da planta seguindo orientação norte-sul. As amostras de flores foram coletadas em julho/2019, 10 dias após a antese floral. Os frutos, por sua vez foram coletados no mês de junho/2020, em que as rosetas apresentavam maturação completa e se localizam na porção mediana da planta.

Os materiais foram acondicionados em sacos de papel com a identificação de cada genótipo, levados para secagem em estufa de circulação forçada a 65°C, até atingir massa constante em balança de precisão (0,001g). Os frutos foram descascados manualmente, tendo os grãos separados da palhada. Todos os materiais foram encaminhados para laboratório para análises.

1.1.2.4 Análises Estatísticas

Os valores de concentrações de grãos, palha, flores e folhas foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,01$) para identificar diferenças entre os tratamentos (genótipos). A partir dos componentes de variância, foram estimados para cada característica os seguintes parâmetros: o coeficiente de variação experimental (CVe) que estima a influência do ambiente, o coeficiente de variação genética (CVg) que estima a variabilidade genética e o coeficiente de determinação genotípico (H^2) que estima o controle genético das características avaliadas. O algoritmo Scott Knott ($p \leq 0,05$) foi empregado para o agrupamento das médias de concentração dos nutrientes entre os genótipos.

Para o estudo da diversidade genética, foi estabelecido como medida de dissimilaridade a matriz de distância generalizada de euclidiana (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 de concentrações foliares de nutrientes para predição de diversidade genética de acordo com Singh (1981). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional Genes (CRUZ, 2016).

1.1.3 Resultados

1.1.3.1 Parâmetros Genéticos

Os parâmetros genéticos evidenciam a heterogeneidade genética entre os genótipos avaliados, o que é bastante relevante para a divergência genética e para fins de reprodução, com o objetivo de identificar genótipos superiores.

Diferenças significativas foram detectadas pelo teste F ($p < 0,01$) entre genótipos para todas as concentrações de nutrientes avaliadas (Tabela 2). Dentre os parâmetros estimados, os coeficientes de variação ambiental (CVe) e variação genética (CVg) são classificados segundo Pimental Gomes (1985) como baixos $< 10\%$, médio, entre 10 e 20 %, entre 20 e 30%, e muito alto quando superior a 30%.

Os traços avaliados mostraram variações do coeficiente ambiental (CVe), apresentam valores variando entre 10 e 20%, como por exemplo o Ca 20,10% nas flores, e valores acima de 30% em grãos com 33,19%, palha 37,01% e folhas 43,52% (Tabela 2). Os nutrientes Ca, Fe e Mn apresentaram maiores concentrações com 20%

para flores, 33% para grãos, 37% para palha e 43% para folhas, todos os outros nutrientes apresentaram valores abaixo de 20%.

Elevados valores de coeficiente de variação genético (CVg) foram observados para os nutrientes Cu (83,56%) em flores, Zn (41,40%) em grãos e Mn (35,81%) em palha (Tabela 2). Para folhas, os valores de CVg ficaram abaixo de 20% para todos os macros e micronutrientes. Menores valores de CVg foram observados nos nutrientes K em flores (3,04%) e grãos (4,15%); N em palhas (6,08%) e; Zn (6,01 %) em folhas (Tabela 2).

O coeficiente de determinação genotípico (H^2) apresentou os menores valores para a concentração de Cu em flores (11,4%), K em grãos (24,9%), N em palha (9,5%) e Zn em folhas (67,2%) (Tabela 2). Os maiores valores de H^2 foram observados para a concentração de Mg (87,13%) nas flores, B (96,22%) em grãos, P (98,50%) em palha e Ca (92,65%) em flores (Tabela 2).

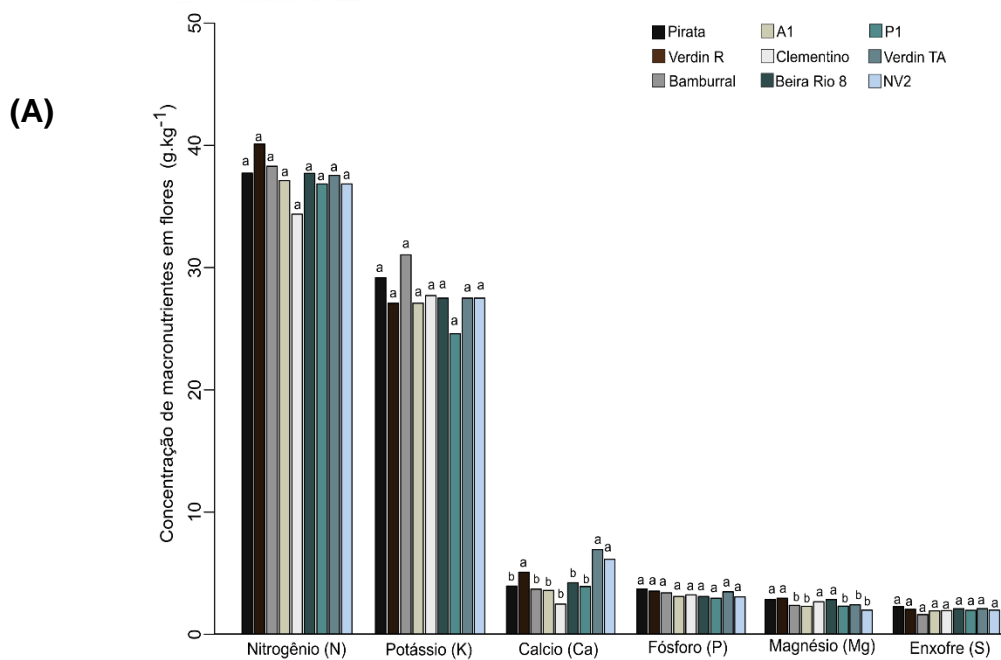
TABELA 2. Estimativas do coeficiente de variação experimental (CVe), coeficiente de variação genético (CVg) e coeficiente de determinação genotípico (H^2) para concentração de nutrientes nas flores, grãos, palha e folhas em 9 genótipos de *Coffea canephora*. São Mateus, ES - Brasil.

Nutrientes	Flores			Grãos			Palha			Folhas		
	CVe	CVg	H^2	CVe	CVg	H^2	CVe	CVg	H^2	CVe	CVg	H^2
----- % -----												
N	4,56	3,06	57,50	3,80	6,68	90,27	15,51	6,08	31,51	9,45	9,16	91,84
P	8,79	5,84	56,97	6,63	12,22	91,07	3,53	16,50	98,50	12,07	9,00	86,97
K	9,45	3,04	23,70	12,48	4,15	24,94	12,23	19,57	88,48	10,58	10,05	91,55
Ca	20,10	28,71	85,96	33,19	22,95	58,92	14,16	30,43	93,27	15,11	15,48	92,65
Mg	8,06	12,10	87,13	4,87	7,54	87,76	11,92	23,29	91,97	20,61	15,94	87,77
S	9,99	6,92	59,02	12,72	19,81	87,90	8,38	11,92	85,86	12,86	9,31	86,29
Fe	5,21	11,01	81,71	18,63	8,24	36,98	37,01	19,70	45,96	20,50	13,99	84,82
Zn	9,41	12,52	84,16	14,64	41,40	96,00	29,07	24,94	68,82	14,55	6,01	67,20
Cu	8,74	83,56	11,37	5,46	10,84	92,21	8,94	18,01	92,41	21,38	9,02	68,11
Mn	9,73	10,11	76,39	8,01	13,39	89,34	12,47	35,81	96,12	43,52	19,19	69,99
B	9,11	8,29	71,31	13,00	37,83	96,22	12,33	13,42	78,06	15,37	14,01	90,88

1.1.3.2 Concentração de nutriente em flores, grãos e palha dos nove genótipos

As concentrações de nutrientes em flores estão apresentadas na Figura 2. Pelo agrupamento de médias do teste Skott-Knott, os nove genótipos avaliados foram divididos em um único grupo para os macronutrientes N, P, K e S, não apresentando diferenças estatísticas entre si. Enquanto para as concentrações de Ca e Mg, os genótipos foram agrupados em dois grupos. Já para os micronutrientes Zn, Mn e B formaram dois grupos e Fe e Cu formaram três grupos (Figura 2A e 2B).

Observa-se que o tecido vegetal das flores concentrou cerca de 38 g kg^{-1} de N, 28 g kg^{-1} de K e menos de 5 g kg^{-1} dos demais macronutrientes. Em relação à concentração de micronutrientes em flores (Figura 2B), observa-se que o Fe é encontrado com cerca de 100 mg kg^{-1} , sendo requerido aproximadamente 2,5 vezes mais que B (cerca de 40 mg kg^{-1}) e cerca de cinco vezes mais que os demais micronutrientes.



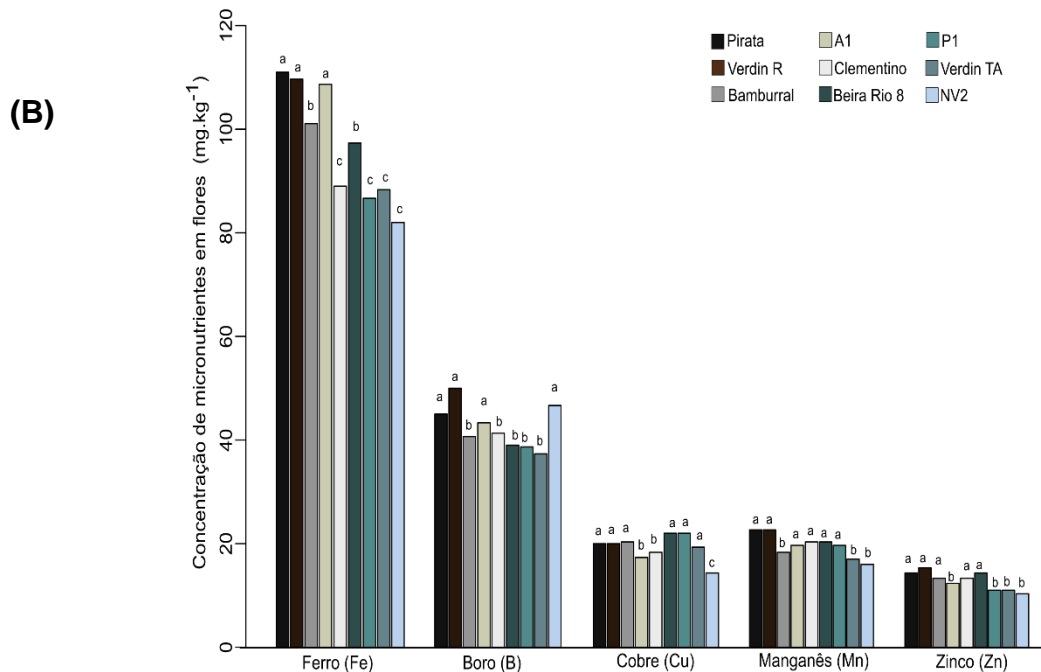


FIGURA 2. Concentração de macronutrientes em flores (A) e micronutrientes (B) de 9 genótipos de *Coffea canephora*. São Mateus, ES – Brasil.

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem pelo teste Skott-Knot a 5% de probabilidade.

Verdin R apresentou maiores médias de concentração em todos os nutrientes em flores (Figura 2A). De maneira similar, Pirata também apresentou médias elevadas para todos os nutrientes avaliados, exceto para concentração de Ca (Figura 2A). Em contrapartida, as menores médias foram encontradas nas concentrações de Ca nos genótipos Pirata (3,95 g kg⁻¹), Bamburral (3,70 g kg⁻¹), A1 (3,60gkg⁻¹), Clementino (2,48 g kg⁻¹), Beira Rio 8 (4,22 g kg⁻¹), P1 (3,91 g kg⁻¹) como observa-se na Figura 2A. Para o Mg, as menores médias foram encontradas para Bamburral (2,38 g kg⁻¹), A1 (2,29 g kg⁻¹), P1(2,31 g kg⁻¹), Verdin TA (2,42 g kg⁻¹), e NV2 (1,98 g kg⁻¹) (Figura 2A).

De acordo com a Figura 2B, P1 apresentou menores médias em todas as concentrações de micronutrientes, exceto no Cu com 19,33 mg kg⁻¹. De maneira similar, Verdin TA apresentou a maior média apenas para a concentração de B (46,67 mg kg⁻¹). Em relação às concentrações de Fe em flores, as maiores médias (cerca de 110 mg kg⁻¹) foram observadas para Pirata, Verdin R e A1, enquanto Clementino, P1, Verdin TA e NV2 apresentaram médias cerca de 25% menores (Figura 2B).

A concentração de nutrientes em grãos está presente na Figura 3, observar-se que nos grãos de café concentraram cerca de 22 g kg⁻¹ de N, 14 g kg⁻¹ de K, cerca de

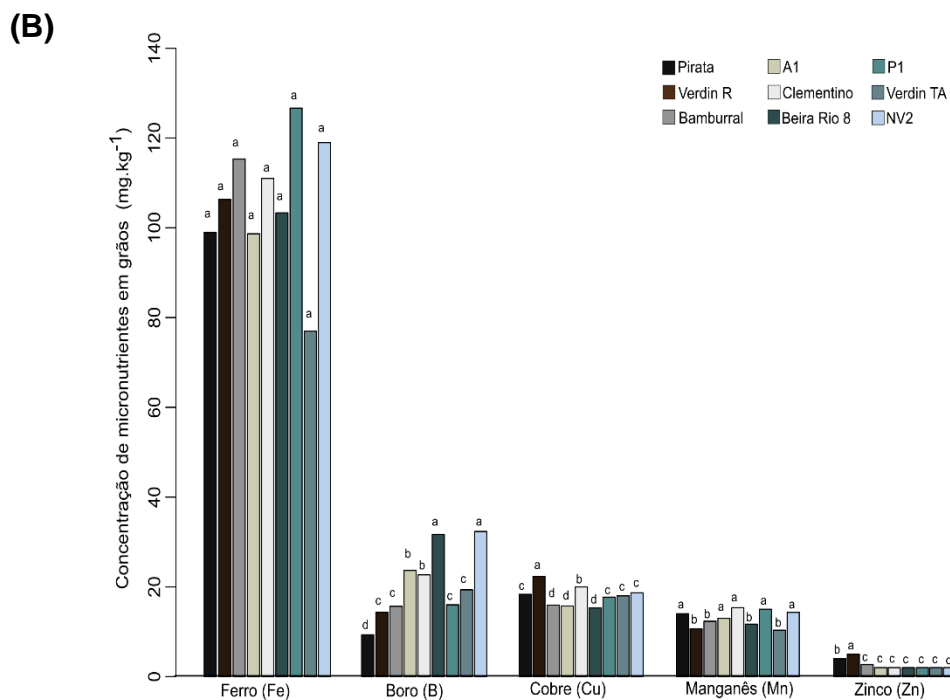


Figura 3. Concentração de macronutrientes em grãos (A) e micronutrientes (B) de 9 genótipos de *Coffea canephora*. São Mateus, ES – Brasil. Médias seguidas pela mesma letra não se diferem pelo teste Skott-Knot a 5% de probabilidade.

Na figura 4 estão apresentadas as concentrações de nutrientes nas palhas do café. Diferente de outros tecidos vegetais apresentados, para a palha, a maior concentração de macronutriente foi de K ($\approx 18 \text{ g kg}^{-1}$), seguido do N ($\approx 8 \text{ g kg}^{-1}$) e Ca ($\approx 5 \text{ g kg}^{-1}$). Demais macronutrientes apresentaram concentrações abaixo de 3 g kg^{-1} (Figura 4A). Já para as concentrações de micronutrientes nas palhas, pode-se observar (Figura 4B) menor concentração de Fe em comparação a outros órgãos vegetais. Nas palhas, a concentração média de Fe foi de cerca de 35 mg kg^{-1} , de B cerca de 30 mg kg^{-1} , Cu cerca 12 mg kg^{-1} , Mn de cerca de 8 mg kg^{-1} e Zn ficando abaixo de 2 mg kg^{-1} (Figura 4B).

Os testes de média para a concentração de nutrientes nas palhas (Figura 4A) revelaram a formação de 2 grupos para K e Ca. A menor média de concentração de K em palhas foi encontrada no grupo formado pelos genótipos A1, Clementino e Beira Rio 8 ($\approx 23 \text{ g kg}^{-1}$), enquanto para Ca a maior média foi observada para Pirata, Bamburral, Verdin TA e NV2 ($\approx 6 \text{ g kg}^{-1}$). Cinco grupos foram formados para P, tendo A1 e Beira Rio 8 apresentado a menor média ($\approx 2,2 \text{ g kg}^{-1}$) e Clementino a maior ($\approx 3 \text{ g kg}^{-1}$). O genótipo Clementino ($\approx 3,5 \text{ g kg}^{-1}$) também apresentou a maior média para Mg, ao passo que Verdin R apresentou a menor média ($\approx 1,5 \text{ g kg}^{-1}$). Bamburral apresentou

a menor média ($\approx 1,8 \text{ g kg}^{-1}$). Para concentração de enxofre. Não foram observadas diferenças significativas para concentração de N na palha entre os genótipos (Figura 4A).

Embora apresentasse grande variação, não foram observadas diferenças significativas para concentração de Fe em palha (Figura 4B). As diferenças foram observadas para B, Ca e Zn, em que Bamburral e P1 apresentaram a menor média para B ($\approx 22 \text{ mg kg}^{-1}$), Verdin R, A1, Beira Rio 8 e NV2 formaram o grupo de menor média para Cu ($\approx 8 \text{ mg kg}^{-1}$) e Pirata, Verdin R e Bamburral foi o grupo de menor média para Zn ($\approx 1 \text{ mg kg}^{-1}$) (Figura 4B). Já para concentrações de Mn em palha, o genótipo Clementino apresentou a maior média ($\approx 10 \text{ mg kg}^{-1}$) e Bamburral, A1 e Verdin TA a menor ($\approx 5 \text{ mg kg}^{-1}$).

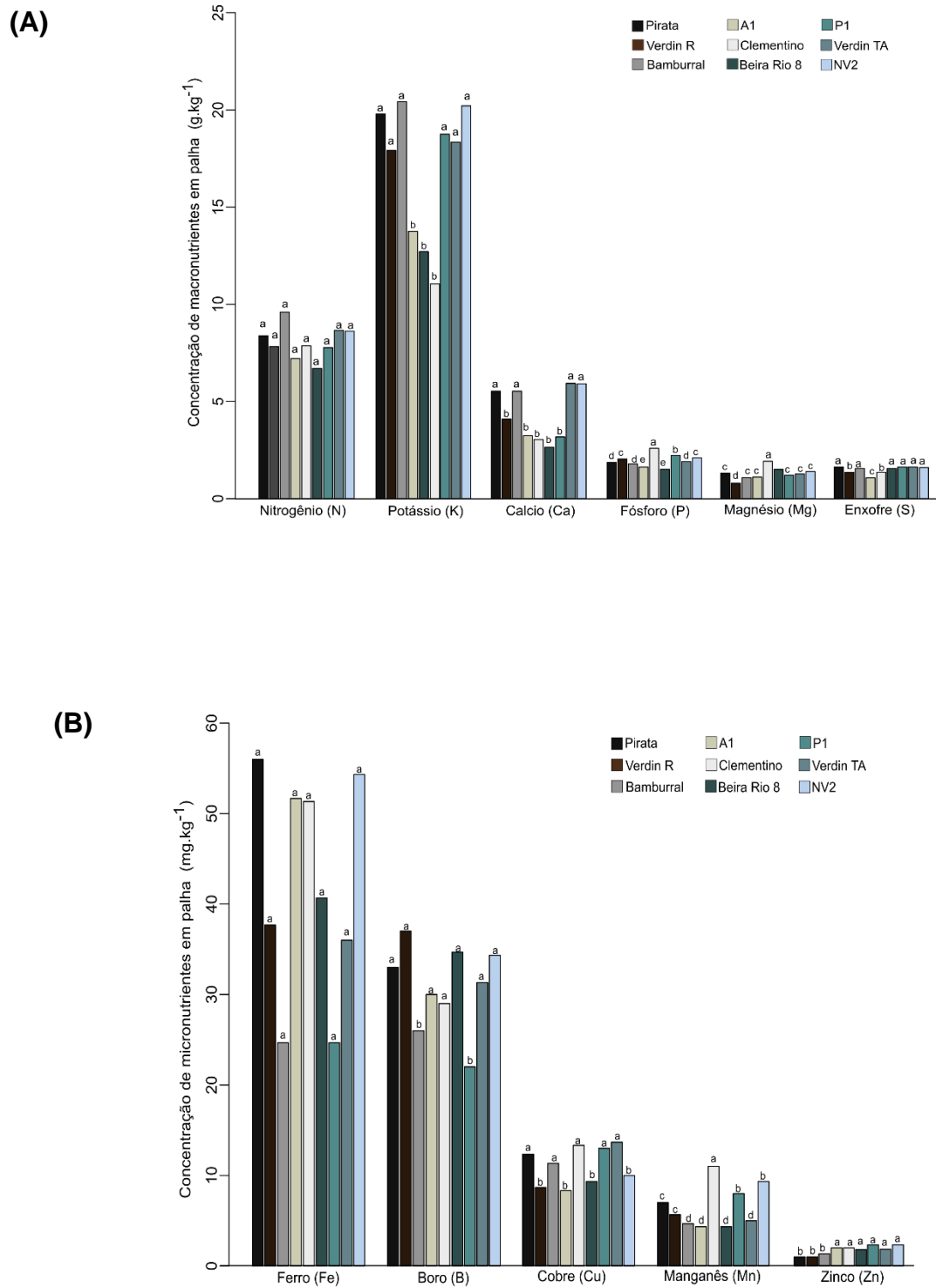


Figura 4. Concentração de macronutrientes em palhas (A) e micronutrientes (B) de 09 genótipos de *Coffea canephora*. São Mateus, ES – Brasil. Médias seguidas pela mesma letra não se diferem pelo teste Skott-Knot a 5% de probabilidade.

1.1.3.3 Concentração foliar de macro e micronutrientes ao longo de quatro épocas

Foi encontrada relação entre a concentração de nutrientes em folhas de cafeeiros em função das quatro épocas amostradas. As médias entre nutrientes, épocas e genótipos estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4. De acordo com a Tabela 3, de maneira geral, observou-se maiores teores nas primeiras duas épocas para os macronutrientes N, P e K, com exceção do N, que só apresentou maiores médias na época 1 (Agosto/2019). Inversamente, os macronutrientes Ca, Mg e S apresentaram maiores médias de concentrações nas épocas 3 e 4, com exceção do Ca, que só obteve na época 4 (Tabela 3).

Verdin R, Verdin TA, Clementino e P1 foram os genótipos que estiveram nos grupos de maior média de concentração de pelo menos um macronutriente em todas as quatro épocas. Verdin R e Verdin TA para N; Verdin R e Clementino para concentração de P; Clementino para Mg e; P1 para concentração de K e S (Tabela 3). Outros genótipos figuraram nos grupos de maiores médias de concentração de macronutrientes em três das quatro épocas, são eles: Pirata para N, P e K; Verdin R, Bamburral e Clementino para K; Clementino e Beira Rio 8 para Ca; Beira Rio 8 para Mg e; Pirata para S (Tabela 3).

De maneira geral, para concentração foliar, o N foi mais concentrado na época 1, reduzindo na época 2, apresentando certa estabilidade na época 3 e encontrado em menor concentração na época 4 (Tabela 3). Bamburral apresentou constância nas três épocas, reduzindo na época 4. Ao passo que A1 e P1 foram os únicos que apresentaram aumento na época 3 (Tabela 3).

Foi observada pouca variação na concentração de P em folhas ao longo das quatro épocas, tendo alguns genótipos apresentado redução mais concentrada na época 4. Apenas Pirata apresentou redução nas épocas 3 e 4; Clementino com redução na época 4 e; Beira Rio 8 com redução nas épocas 2 e 4 (Tabela 3).

De maneira geral, para a concentração foliar de K, observa-se redução em alguns genótipos na época 3 e um acentuada redução na época 4 em todos os genótipos avaliados, com exceção de P1 que apresentou constância ao longo das quatro épocas (Tabela 2). Todos os genótipos apresentaram constância na absorção de K nas duas primeiras épocas. Na época 3, apenas Pirata ($14,79 \text{ g kg}^{-1}$), Beira Rio 8 ($11,05 \text{ g kg}^{-1}$), Verdin TA ($12,50 \text{ g kg}^{-1}$) e NV2 ($10,42 \text{ g kg}^{-1}$) apresentaram reduções.

Destes, Pirata e Beira Rio reduziram na época 4, com 12,09 g kg⁻¹ e 8,75 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Para a concentração de Ca nas folhas, observa-se que as três primeiras épocas foram aquelas que apresentaram menor absorção ao longo das épocas avaliadas, sendo a segunda época aquela que apresentou a menor média para a maioria dos genótipos avaliados (Tabela 3). Bamburral (14,91 g kg⁻¹), Beira Rio 8 (21,55 g kg⁻¹), Verdin TA (19,29 g kg⁻¹), e NV2 (16,70 g kg⁻¹) apresentaram aumento da concentração de Ca na época 3 (Tabela 3). Mesma situação ocorre com Verdin R, que já vinha de uma baixa média de concentração de Ca na época 1 (13,02 g kg⁻¹), reduziu ainda mais na época 2 (8,34 g kg⁻¹), aumentando na época 3 (14,29 g kg⁻¹) e um grande aumento (quase o dobro) na última época com 23,61 g kg⁻¹ (Tabela 3).

O macronutriente Mg apresentou comportamento semelhante ao Ca, uma vez que ambos são móveis na planta, observou-se que os genótipos Clementino e o Beira Rio 8 obtiveram as maiores médias dentre os genótipos avaliados na época 1, com 2,98 g kg⁻¹ e 3,54 g kg⁻¹, respectivamente e aumento significativo nas épocas posteriores (Tabela 3). Além destes, Bamburral, A1, P1, Verdin TA e NV2 apresentaram aumento na época 3 com média de 6,3 g kg⁻¹ e na época 4 com média de 4,63 g kg⁻¹. Embora que na época 4 seja marcada por aumento de todos os genótipos, Pirata, A1, Clementino e Beira Rio 8 tiveram médias maiores em torno de 5,00 g kg⁻¹, enquanto os demais não ultrapassam 4 g kg⁻¹ (Tabela 3).

Para as concentrações de S, de maneira geral, ocorreu uma estabilidade na época 2, seguido de forte aumento na época 3 e redução de alguns genótipos e estabilidade de outros na época 4 (Tabela 3). Verdin R e NV2 apresentaram constância com médias altas em todas as épocas de avaliação, mas apresentaram as piores médias na época 3 (1,55 g kg⁻¹ e 1,80 g kg⁻¹) dentre todos os genótipos. Todos os genótipos apresentaram aumento na época 3 e alguns apresentaram aumento na época 4. Clementino (1,50 g kg⁻¹), Beira Rio 8 (1,33 g kg⁻¹), P1 (2,00 g kg⁻¹) e Verdin TA (1,55 g kg⁻¹) apresentaram médias baixas na época 4, conforme observado na Tabela 3. O genótipo P1 apresentou as piores médias na época 1 (1,23 g kg⁻¹), ligeiro aumento na época 2 (1,68 g kg⁻¹) e melhor resultado isolado na época 3 com (2,80 g kg⁻¹) e uma redução na última época com 2,00 g kg⁻¹.

TABELA 3. Concentração foliar de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}) em 9 genótipos de *Coffea canephora* para quatro épocas do ano. São Mateus, ES – Brasil.

Genótipos	Nutrientes											
	N				P				K			
	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20
Pirata	27,28 Aa	26,58 Aa	21,58 Bb	19,04 Ab	1,81 Aa	1,87 Aa	1,48 Bb	1,60 Ab	17,71 Aa	16,67 Aa	14,79 Ab	12,09 Bc
Verdin R	27,49 Aa	23,61 Ab	25,01 Ab	19,44 Ac	1,90 Aa	1,70 Aa	1,59 Aa	1,72 Aa	16,04 Ba	16,04 Aa	14,17 Aa	11,25 Bb
Bamburral	19,93 Ca	18,88 Ba	20,91 Ba	15,26 Bb	1,49 Ba	1,46 Ba	1,36 Ba	1,30 Ba	16,88 Aa	15,83 Aa	15,63 Aa	9,79 Cb
A1	23,96 Ba	18,78 Bb	22,61 Ba	17,29 Ab	1,49 Ba	1,39 Ba	1,38 Ba	1,45 Aa	14,79 Ba	15,84 Aa	14,80 Aa	9,59 Cb
Clementino	24,06 Ba	17,55 Bb	18,50 Bb	14,21 Bc	1,87 Aa	1,82 Aa	1,80 Aa	1,52 Ab	12,50 Ca	12,71 Ba	11,46 Ba	8,54 Cb
Beira Rio 8	27,21 Aa	20,42 Bc	23,64 Ab	16,47 Bd	1,51 Ba	1,24 Bb	1,47 Ba	1,24 Bb	12,71 Ca	13,96 Ba	11,05 Bb	8,75 Cc
P1	22,47 Bb	19,37 Bc	25,76 Aa	17,73 Ac	1,38 Ba	1,36 Ba	1,61 Aa	1,52 Aa	15,21 Ba	15,42 Aa	13,75 Aa	14,17 Aa
Verdin TA	28,63 Aa	24,83 Ab	25,06 Ab	18,01 Ac	1,55 Ba	1,43 Ba	1,56 Aa	1,51 Aa	15,42 Ba	16,04 Aa	12,50 Bb	12,29 Bb
NV2	27,32 Aa	21,70 Bb	21,07 Bb	18,20 Ac	1,52 Ba	1,41 Ba	1,52 Ba	1,42 Aa	14,80 Ba	15,00 Aa	10,42 Bb	9,59 Cb
Genótipos	Ca				Mg				S			
	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20
	Pirata	11,96 Ab	9,32 Cb	12,38 Bb	17,64 Da	2,38 Bd	3,21 Cc	3,92 Bb	5,15 Aa	1,68 Ab	1,76Ab	2,14 Ca
Verdin R	13,02 Ab	8,34 Cc	14,29 Bb	23,61 Ca	2,25 Bd	3,13 Cc	3,77 Bb	4,50 Ba	1,42 Aa	1,47 Aa	1,55 Da	1,42 Ba
Bamburral	9,76 Bc	6,97 Cc	14,91 Bb	33,96 Aa	1,75 Bb	2,33 Db	3,92 Ba	4,48 Ba	1,30 Ab	1,36 Ab	1,96 Ca	1,92 Aa
A1	13,25 Ab	13,33 Bb	15,35 Bb	33,96 Aa	2,10 Bc	3,52 Cb	5,02 Aa	5,50 Aa	1,26 Ab	1,45 Ab	2,11 Ca	1,91 Aa
Clementino	13,15 Ac	20,38 Ab	20,09 Ab	30,51 Ba	2,98 Ab	5,11 Aa	5,11 Aa	5,06 Aa	1,33 Ab	1,63 Ab	2,39 Ba	1,50 Bb
Beira Rio 8	14,47 Ac	13,42 Bc	21,55 Ab	32,18 Aa	3,54 Ab	4,17 Bb	4,92 Aa	5,42 Aa	1,42 Ab	1,30 Ab	2,10 Ca	1,33 Bb
P1	6,57 Bc	11,65 Bb	14,27 Bb	28,47 Ba	1,77 Bb	2,08 Db	3,59 Ba	3,92 Ba	1,23 Ac	1,68 Ab	2,80 Aa	2,00 Ab
Verdin TA	9,36 Bd	14,00 Bc	19,28 Ab	29,58 Ba	2,52 Bb	3,15 Cb	4,77 Aa	4,29 Ba	1,50 Ab	1,50 Ab	2,07 Ca	1,55 Bb
NV2	8,26 Bc	11,81 Bc	16,70 Bb	26,06 Ca	1,88 Bb	2,52 Db	3,94 Ba	3,84 Ba	1,43 Aa	1,50 Aa	1,80 Da	1,40 Ba

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

A concentração foliar do micronutriente Fe, de acordo com a Tabela 4, variou conforme os genótipos, apresentando geralmente maior média na época 1 ($\approx 90 \text{ mg.kg}^{-1}$) e 4 ($\approx 150 \text{ mg.kg}^{-1}$). Exceções são observadas para Bamburral, Clementino e Beira rio 8 que mantiveram suas concentrações até a época 3, aumentando na época 4. Pirata foi aquele que figurou no grupo de maior média em todas as épocas ($\approx 140 \text{ mg.kg}^{-1}$), apresentando concentrações médias quase 50% superiores ao Clementino e P1 ($\approx 72 \text{ mg.kg}^{-1}$), exemplos de genótipos que figuram no grupo de menor média nas épocas 1, 2 e 4 (Tabela 4). P1 e NV2 foram aqueles que apresentaram concentração média de Fe constante ao longo das 4 épocas.

O Fe está mais disponível na forma de Fe^{2+} , absorvido com maior facilidade pelas raízes das plantas, além disso, nos períodos maiores de estiagem (Figura 1), há uma maior disponibilidade desse macronutrientes, por isso pode-se atribuir as maiores concentrações, devido esse efeito de estiagem não município onde foi realizado o experimento.

De maneira geral, para concentração foliar de Zn, houve constância até a época 2, aumento na época 3 e estabilidade na época 4 (Tabela 4). Exceções foram observadas para Clementino, Beira Rio 8 e NV2 que mantiveram concentrações estáveis nas quatro épocas. Apenas Verdin TA ($3,67 \text{ mg.kg}^{-1}$) apresentou redução na época 3 (Tabela 4). Pirata apresentou comportamento oscilatório, com redução na época 2 ($4,00 \text{ mg.kg}^{-1}$), aumento na época 3 ($6,67 \text{ mg.kg}^{-1}$) e novamente redução na época 4 ($4,00 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Tabela 3). Verdin R e Bamburral apresentaram redução na época 3 saindo de $5,67 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $6,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ para $4,33 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $4,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ na época 4, respectivamente (Tabela 4).

Em relação à concentração foliar de Cu (Tabela 4), pode-se observar que não houve diferença significativa entre os genótipos em cada época. Diferenças são observadas nas épocas em que todos os genótipos apresentaram comportamento similar: Menor concentração na época ($\approx 7 \text{ mg.kg}^{-1}$), ligeiro aumento na época 2 ($\approx 10 \text{ mg.kg}^{-1}$), tendo maior média na época 3 com ($\approx 15 \text{ mg.kg}^{-1}$) e redução na época 4 para ($\approx 12 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Tabela 4).

De maneira geral, para as concentrações foliares de Mn, as maiores médias são observadas na época 3, não apresentando muitas diferenças entre as demais épocas (Tabela 4). Não foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos na época 1. P1 foi aquele que figurou no grupo de maiores médias em todas as épocas avaliadas. Além dele, Pirata também esteve nesse grupo, com exceção da época 3

em que figurou no grupo de menor média ($32,33 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Tabela 4). Verdin R e Verdin TA foram aqueles que apresentaram menores médias nas épocas 2, 3 e 4. Todos os genótipos apresentaram aumento na época 3, com exceção do Pirata (Tabela 4). Em relação às concentrações foliares de B, as maiores médias dos genótipos foram observadas na época 2, com exceção de Verdin R e na época 3 com exceções de Clementino e Beira Rio 8. Verdin R foi o único genótipo que figurou no grupo de maior média em todas as épocas avaliadas e em não apresentar estabilidade na época 2, apresentando aumento na época 3, com maior média dentre os genótipos ($170,33 \text{ mg.kg}^{-1}$) e uma redução drástica na última época, com média em torno 90 mg.kg^{-1} . Entretanto, o Beira Rio 8 figurou no grupo com menores médias (Tabela 3). Apenas o genótipo Pirata apresentou estabilidade ao longo das épocas de avaliação.

TABELA 4. Concentração foliar de Fe, Zn, Cu, Mn e B (mg.kg⁻¹) em 9 genótipos de *Coffea canephora* para quatro épocas do ano. São Mateus, ES - Brasil.

Genótipos	Nutrientes											
	----- Fe -----				----- Zn -----				----- Cu -----			
	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20
Pirata	132,00 Ab	140,67 Ab	100,33 Ac	182,00 Aa	5,33 Ab	4,00 Bc	6,67 Aa	4,00 Ac	7,67 Ad	11,33 Ac	12,67 Aa	11,67 Ab
Verdin R	129,00 Aa	66,00 Bb	79,00 Ab	130,33 Ba	4,00 Bb	4,33 Bb	5,67 Aa	4,33 Ab	6,67 Ad	9,33 Ac	14,00 Aa	10,67 Ab
Bamburral	79,00 Bb	52,00 Bb	81,67 Ab	148,33 Aa	3,67 Bb	3,33 Bb	6,00 Aa	4,00 Ab	7,67 Ad	10,67 Ac	17,00 Aa	10,33 Ab
A1	123,00 Aa	88,33 Bb	87,67 Ab	117,00 Ba	3,67 Bb	3,33 Bb	5,67 Aa	4,67 Aa	6,00 Ad	8,33 Ac	15,00 Aa	14,00 Ab
Clementino	83,00 Bb	72,67 Bb	89,67 Ab	124,00 Ba	5,00 Aa	4,67 Aa	5,33 Aa	4,67 Aa	7,00 Ad	8,67 Ac	13,67 Aa	9,33 Ab
Beira Rio 8	107,33 Ab	93,00 Bb	112,67 Ab	155,00 Aa	5,00 Aa	4,00 Ba	4,67 Ba	4,67 Aa	6,67 Ad	9,67 Ac	12,67 Aa	9,00 Ab
P1	65,00 Ba	80,67 Ba	98,67 Aa	102,67 Ba	3,67 Bb	3,67 Bb	4,67 Ba	5,00 Aa	9,00 Ad	14,33 Ac	14,67 Aa	16,00 Ab
Verdin TA	77,33 Bb	111,33 Aa	118,00 Aa	118,00 Ba	4,33 Bb	5,67 Aa	3,67 Bb	3,67 Ab	8,33 Ad	8,67 Ac	16,33 Aa	10,33 Ab
NV2	84,67 Ba	109,00 Aa	108,67 Aa	110,67 Ba	4,00 Ba	4,00 Ba	3,67 Ba	4,33 Aa	7,33 Ad	8,00 Ac	16,33 Aa	14,33 Ab
Genótipos	----- Mn -----				----- B -----							
	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20	Ag/19	Nov/19	Fev/20	Mai/20				
Pirata	30,67 Ab	31,00 Ab	32,33 Cb	52,33 Aa	95,33 Ba	108,00 Ba	107,67 Ca	92,00 Aa				
Verdin R	23,33 Aa	24,67 Ba	28,00 Ca	16,67 Ca	121,67 Ab	120,00 Ab	170,33 Aa	90,33 Ac				
Bamburral	16,33 Ab	17,67 Bb	52,00 Ba	21,67 Cb	63,33 Cb	94,67 Ba	110,67 Ca	93,67 Aa				
A1	18,67 Ab	19,67 Bb	32,67 Ca	31,00 Ca	92,67 Bb	137,00 Aa	134,00 Ba	97,00 Ab				
Clementino	27,00 Ab	40,67 Aa	48,67 Ba	36,00 Bb	93,67 Bb	128,33 Aa	105,00 Cb	55,67 Bc				
Beira Rio 8	24,33 Ab	20,33 Bb	47,33 Ba	24,33 Cb	104,00 Ba	108,00 Ba	85,00 Db	44,67 Bc				
P1	27,00 Ac	33,67 Ac	69,00 Aa	46,33 Ab	71,33 Cb	91,67 Ba	98,33 Da	79,00 Ab				
Verdin TA	19,00 Ab	24,33 Bb	37,00 Ca	18,67 Cb	85,00 Cb	108,00 Ba	121,33 Ca	88,00 Ab				
NV2	19,00 Ab	25,33 Bb	64,33 Aa	32,00 Cb	74,00 Cb	92,67 Ba	95,67 Da	72,33 Ab				

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

1.1.3.4 Dendrograma com dissimilaridade genética entre os nove genótipos e contribuição relativa da concentração de nutrientes

Foi realizado o agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico UPGMA utilizando como medida de dissimilaridade genética, a distância generalizada Euclidiana considerando a concentração de macro e micronutrientes em flores, grãos, palhas e folhas permitindo a formação do dendrograma. Ao estabelecer um limite máximo de 80% de dissimilaridade entre os genótipos, foi observada a formação de quatro grupos (Figura 5). Adotando o critério de que a média das medidas da divergência genética dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos. Houve formação de quatro grupos pelo método UPGMA, quanto às características nutricionais, com corte realizado a 80% (Figura 5).

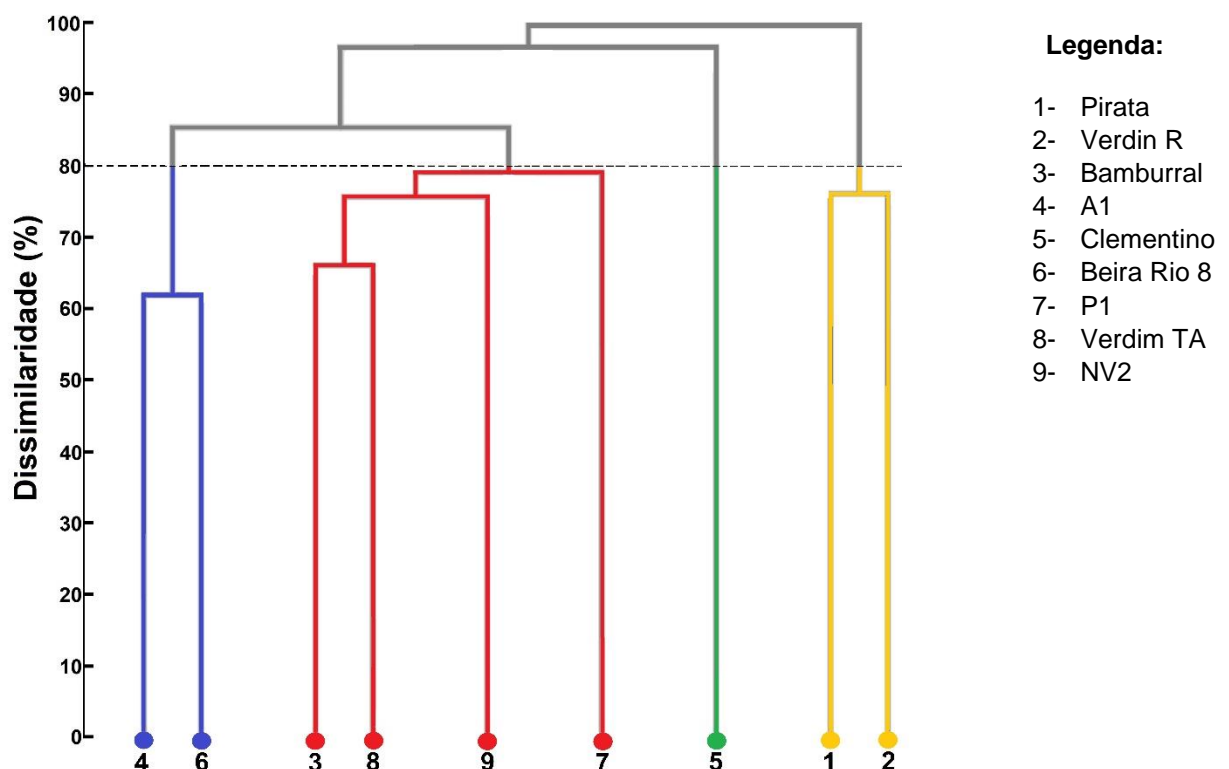


FIGURA 5. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 9 genótipos de *C. canephora*, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância Euclidiana, considerando a concentração de nutrientes nas flores, grãos, palhas e folhas.

O primeiro grupo foi formado pelo A1 e Beira Rio 8. O segundo grupo é formado por quatro genótipos, sendo eles Bamburral, Verdin TA, NV2 e P1. Deste grupo,

Bamburrall e Verdin TA se distanciam dos demais com cerca de 65% de dissimilaridade, no entanto, pertencem a este grande grupo. O terceiro grupo foi formado apenas por Clementino e o quarto grupo formado por Pirata e Verdin R. A formação dos grupos, considerados divergentes entre si, indicam a variabilidade existente entre genótipos de *C. canephora* para a concentração de nutrientes avaliados.

O método de Singh (1981) foi utilizado para avaliar a importância relativa das concentrações de nutrientes em todos os tecidos vegetais avaliados (flores, grãos, palha e folha) a fim de conhecer quais foram as características que mais contribuíram para diversidade entre os genótipos (Tabela 5). Pode-se observar (Tabela 5) que oito variáveis corresponderam por mais de 93% da variabilidade.

A folha foi o tecido vegetal em que as concentrações de nutrientes mais contribuíram para a diversidade. Apenas três variáveis corresponderam por 63,3% da variabilidade observada, sendo os micronutrientes: Fe (31,1%), B (25,7%) e Mn (6,5%). A concentração de Fe em flores também contribuiu expressivamente para a variabilidade (15,2%). As demais contribuições ficaram abaixo de 9%, destacando a concentração de B em grão (8,21%), única concentração mais expressiva para grãos. O B foi o nutriente que mais contribuiu para a variabilidade (38,8%) aparecendo nos quatro tecidos vegetais entre as oito principais contribuições.

TABELA 5. Contribuição relativa da concentração de macro e micronutrientes em flores, grãos, palha e folha para diversidade genética em 9 genótipos de *Coffea canephora*, conforme método de Singh (1981), distância Euclidiana. São Mateus, ES - Brasil.

Variáveis	S.j ¹	Valor (%)	Valor acumulado (%)
Folha Fe	18104,72	31,13	31,13
Folha B	14947,37	25,70	56,83
Flor Fe	884,00	15,20	72,03
Grão B	4774,00	8,21	80,24
Folha Mn	3750,50	6,45	86,69
Palha B	1578,22	2,71	89,41
Flor B	1250,00	2,15	91,56
Palha K	899,63	1,55	93,10
Demais variáveis	4011,97	6,90	100,00

¹S.j (Singh, 1981).

De maneira geral, grande parte da relação entre os nutrientes e as variáveis não apresentaram suporte estatístico ($P > 0,05$). Das relações que apresentaram

suporte estatístico (em verde quando positivo, em vermelho negativo (Tabela 6), a maioria foi considerada como relações moderadas. P foi o macronutriente que mais apresentou correlações moderadas para Flor x Folha geral, 1ª e 2ª época; Grão x Folha geral e 1ª época; Palha x Folha geral, 1ª e 2ª época; Folha 1ª 2ª época x Folha 4ª época. Dos micronutrientes, o B foi o que apresentou mais correlações com as variáveis Flor x Palha, Folha geral, 1ª e 2ª época; Palha x Folha 1ª época; Folha 1ª época x Folha 2ª e 3ª época; Folha 3ª época x 2ª e 4ª época; correlações moderadas negativas para Grão x Folha 3ª e 4ª época (Tabela 6).

Correlações fortes foram observadas para Fe e Mn entre as variáveis Flor x Folha 1ª época. Além disso, Mn também apresentou correlações fortes para Grão x Palha; Grão x Folha geral, 2ª e 4ª época; Palha x Folha 2ª época; Folha 2ª época x Folha 1ª e 4ª época, sendo o nutriente que mais apresentou correlações com as variáveis (Tabela 6). Para Mg, fortes correlações foram observadas para as variáveis de folhas (Tabela 6). As variáveis Folha 1ª época x Folha 2ª época foram aquelas que apresentaram maiores números de correlações fortes, sendo estas para N, P, K, Mg e Mn. Palha x Folha geral apresentou forte correlação com o K, enquanto Palha x Folha 1ª época para K e Cu.

TABELA 6. Coeficientes de correlação de Spearman para concentração de macro e micronutrientes em flores, grãos, palha e folhas de genótipos de *Coffea canephora*. São Mateus, ES – Brasil.

Variáveis	Nutrientes										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Flor x Grão	-0,19	0,09	-0,18	-0,12	0,32	0,04	-0,19	-0,18	0,01	0,56**	-0,12
Flor x Palha	0,06	-0,14	0,14	0,50**	0,05	0,09	0,03	0,22	-0,07	-0,36	0,43*
Flor x Folha geral	0,38*	0,41*	0,14	-0,18	0,44*	0,23	0,39*	-0,04	0,15	0,57**	0,41*
Flor x Folha 1º Época	0,11	0,45*	0,44*	-0,23	0,51**	0,48*	0,63**	0,38*	0,60**	0,36	0,40*
Flor x Folha 2º Época	0,38*	0,41*	0,15	-0,18	0,41*	0,24	0,09	0,54**	0,33	-0,15	0,23
Flor x Folha 3º Época	0,22	0,05	0,13	0,02	0,14	0,07	-0,33	-0,35	-0,40*	0,63**	0,36
Flor x Folha 4º Época	0,44*	0,27	-0,23	-0,18	0,44*	0,03	0,42*	-0,29	0,30	0,12	0,15
Grão x Palha	0,21	0,10	-0,18	-0,18	0,18	-0,10	-0,15	0,04	0,69**	0,62**	0,22
Grão x Folha geral	-0,21	0,46*	0,12	-0,09	0,26	0,07	-0,28	-0,11	0,75**	0,22	-0,38
Grão x Folha 1º Época	-0,10	0,44*	-0,06	0,25	0,16	-0,35	-0,17	-0,09	0,38*	0,04	0,00
Grão x Folha 2º Época	-0,24	0,36	-0,01	-0,10	0,25	0,21	-0,15	-0,11	0,62**	-0,03	0,07
Grão x Folha 3º Época	-0,01	0,31	0,12	0,14	0,12	0,39*	-0,38*	0,01	0,51**	0,41*	-0,40*
Grão x Folha 4º Época	-0,30	0,29	0,27	-0,09	0,33	-0,27	-0,10	-0,10	0,63**	-0,18	-0,59**
Palha x Folha geral	0,06	0,58**	0,63**	-0,37	0,37	0,25	0,36	0,25	0,57**	-0,07	0,29
Palha x Folha 1º Época	-0,11	0,40*	0,75**	-0,43*	0,47*	0,35	0,47*	0,66**	0,31	-0,05	0,46*
Palha x Folha 2º Época	0,09	0,42*	0,54**	-0,32	0,41*	0,11	0,34	0,35	0,65**	-0,07	0,30
Palha x Folha 3º Época	0,04	0,64**	0,28	-0,30	0,35	0,16	0,02	0,02	0,36	-0,20	0,24
Palha x Folha 4º Época	0,19	0,37	0,42*	-0,37	0,06	0,09	0,05	-0,07	0,38*	0,36	-0,13
Folha 1º Época x Folha 2º Época	0,63**	0,68**	0,72**	0,24	0,76**	0,06	0,18	0,36	0,73**	0,21	0,49**
Folha 1º Época x Folha 3º Época	0,21	0,37	0,53**	0,22	0,61**	-0,37	0,02	-0,10	0,10	0,21	0,49**
Folha 1º Época x Folha 4º Época	0,40*	0,44*	0,39*	0,03	0,49**	0,05	0,41*	0,13	0,55**	0,08	-0,13
Folha 2º Época x Folha 3º Época	0,25	0,34	0,50**	0,49**	0,73**	0,42*	0,29	-0,06	0,29	-0,48*	0,41*
Folha 2º Época x Folha 4º Época	0,52**	0,57**	0,49**	0,15	0,60**	0,33	0,19	0,21	0,63**	-0,13	-0,01
Folha 3º Época x Folha 4º Época	0,42*	0,29	0,31	0,53**	0,64**	0,32	0,07	0,33	0,20	-0,06	0,53**

1.1.4 Discussão

O período entre o final de agosto e início de outubro registrou menor precipitação e aumento de temperatura em relação aos demais meses (Figura 1). Nesse mesmo período, foi observado queda da concentração de muitos macronutrientes, por outro lado em épocas posteriores, eventual aumento nas concentrações, favorecido pela quantidade de água, nesse mesmo período foi registrado 718 mm para o mês de dezembro, maior média registrada durante o período de execução do experimento. Em todo o experimento foi adotado o sistema de irrigação, mesmo havendo momentos de alta precipitação em alguns meses na região, uma vez as plantas de café são suscetíveis às variações sazonais de eventos climáticos e de precipitação, tornando-se necessário o emprego desta técnica. Observa-se que as plantas de cafeeiro podem ter seu metabolismo reduzido no período seco e em função de temperaturas amenas, enquanto as taxas de crescimentos são mais aceleradas no período chuvoso e com temperaturas mais quentes em função do aumento do metabolismo (BELAN et al., 2011).

Os parâmetros genéticos como CV_e , CV_g e H^2 são importantes ferramentas utilizadas nos programas de melhoramento, com quais são identificados possíveis genótipos promissores, contribuindo no processo de seleção no melhoramento genético (BLANK et al., 2012; ROSADO et al., 2012; RODRIGUES et al., 2012).

O CV_e por exemplo tem como função estimar o quanto o ambiente está influenciando a expressão das características avaliadas de um determinado experimento (DUBBERSTEIN et al., 2020). No presente estudo, o macronutriente Ca apresentou maiores valores para flores, acredita-se que por esse macronutriente ser um elemento pouco imóvel no floema, o que depende do xilema para direcionamento para as flores, ele segue seu fluxo transpiratório, tendendo a seguir mais para as folhas. Além disso, a estrutura das flores não é bem desenvolvida como das folhas, sendo este mais um fator complicador para a chegada de Ca nas flores.

Segundo estudos de Ferrão et al. (2008) e Ferreira et al. (2016), o CV_g é um parâmetro que pode permitir inferir sobre a variabilidade presente na população e com isso pode ser estabelecido níveis de variabilidade em determinados genótipos. Segundo Rodrigues et al. (2012) e Valadares et al. (2017), quanto maior for seu valor, mais heterogêneo serão os genótipos avaliados. Os maiores valores de CV_g deste trabalho foram observados para palhas, seguidas de grãos e flores em alguns

nutrientes. No entanto, para a maioria dos nutrientes, a variabilidade esteve em níveis considerados baixos para trabalhos de melhoramento genético (DA SILVA et al., 2021).

O último parâmetro relacionado é a herdabilidade (H^2), tal parâmetro permite representar a confiabilidade do valor fenotípico em cima do valor genotípico. Segundo Ivoglo et al. (2008), características com alto valor de H^2 podem ser reflexo da menor influência que do ambiente. Valores altos próximos de 100% indicam alto controle genético nas características avaliadas, enquanto valores próximos de 0% indicam menor controle (RUFINO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2012). No presente estudo, grande parte dos nutrientes apresentaram valores de H^2 ($H^2 > 80\%$) que indica menor influência do ambiente na absorção e alocação de tais nutrientes nos genótipos avaliados. As flores foram os tecidos avaliados que apresentaram maior influência do ambiente, resultando em menores valores de H^2 para muitos nutrientes. A herdabilidade elevada está associada com uma maior variância genética aditiva, menor variação ambiental e menor interação genótipo ambiente (FEHR, 1987; CARIAS et al., 2016).

Plantas de *C. canephora* que são altamente produtivas possuem também maiores demandas nutricionais. Essa demanda varia de acordo com características genéticas e tecido vegetal (BRAGANÇA et al., 2007; SERRANO et al., 2011; PARTELLI et al., 2014). Além disso, a concentração desses nutrientes varia nas plantas conforme condições edáficas, época, idade da planta e ciclo de maturação dos genótipos (BRAGANÇA et al., 2007; PARTELLI et al., 2014), indicando que alguns genótipos podem absorver ou translocar mais nutrientes do que outros.

De maneira geral, observando todos os tecidos, as ordens de concentração de macro e micronutrientes encontradas neste trabalho foram $N > K > Ca > P = Mg = S$ e $Fe > B > Mn > Cu < Zn$. O N foi o nutriente mais requerido durante o período avaliado, sendo encontrado em torno de 40 g kg^{-1} em flores, 20 g kg^{-1} em folhas e grãos. Com exceção da palha em que o nutriente mais encontrado foi o K (cerca de 12 g kg^{-1}) (BRAGANÇA et al., 2008; DUBBERSTEIN et al., 2016; COVRE et al., 2018).

Nas flores, N e K também foram encontrados em concentrações maiores (cerca de 35 e 30 g.kg^{-1} , respectivamente) que os demais macronutrientes que juntos concentraram menos de 20 g kg^{-1} . Nitrogênio possui forte relação no início do ciclo reprodutivo da cultura do café, as concentrações de nutrientes contidas no solo foram translocadas diretamente para as flores. Embora o P não seja o nutriente mais

requerido durante o ciclo produtivo, exerce importante função nessa fase, desempenha papéis indispensáveis nas plantas, atuando nas funções de metabolismo energético na forma de ATP, importante no crescimento dos órgãos vegetais (TAIZ et al., 2017). Já o K desempenha papel importante em diversos processos metabólicos como, por exemplo, a função osmótica das células vegetais, além de ser ativador de várias enzimas, e participar na abertura estomática (TAIZ et al., 2017).

Acredita-se que o alto teor de Ca nas flores, seja devido uma concentração relativamente alta no solo, devido a tratos culturais realizados antes como a calagem com calcários dolomíticos, compondo nos colóides do solo um quantidade maior de cátions de Ca disponível para as plantas (LAVIOLA et al., 2003; GOMES et al., 2016). Estudando duas variedades de café arábica (Laviola et al. 2007) encontraram também alto teor de Ca em flores de Catuaí amarelo, sendo 1,8 vezes maior que o teor das folhas e 1,4 maior que o teor encontrado plantas de Mundo Novo.

O Fe (cerca de 95 mg kg⁻¹) encontrado nesse experimento aproximadamente duas vezes mais que o segundo micronutriente mais requerido (B= 40 mg kg⁻¹) e cerca de 5 vezes mais que os demais (Cu, Mn, Zn). Laviola et al. (2006) encontraram valores médios de 23,8 g kg⁻¹ de N, 2,0 g kg⁻¹ de P, 21,2 g kg⁻¹ de K, e 2,4 g kg⁻¹ de S em flores das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, ambas *C. arabica*, percebendo que concentração desses macronutrientes nas flores foram semelhantes entre essas variedades.

No presente estudo, assim como Laviola et al. (2006), não foram observadas diferenças na concentração de N, K, P e S em flores para os nove genótipos avaliados. Entretanto, principalmente para o micro mais requerido (Fe), significativas diferenças são observadas, onde quatro genótipos (Clementino, P1, Verdin TA e NV2) apresentaram cerca de 20% a menos de Fe que Pirata, Verdin R e A1.

Os botões florais estão em consumo paralelo ao crescimento vegetativo, podendo competir por água, nutrientes e carboidratos e são considerados indicativos do diagnóstico nutricional da planta, por ser uma forte fonte de dreno dentro da planta (LAVIOLA et al., 2007). Há nutrientes como Ca e B que segue o fluxo transpiratório, apresentando maior concentração nas flores e nos frutos, porém o que diz respeito a funcionalidade de vasos condutores, nas flores é bem menor do que nas folhas, dificultando o transporte. Por esse motivo, é interessante nessa época que a planta já tenha recebido e absorvido uma quantidade necessária de nutrientes uma vez que a absorção de nutrientes começa antes da antese floral. Genótipos de *C.canephora*

apresentam particularidades como alta variabilidade genética, devido a fatores genéticos como a alogamia, o que faz com que a absorção de nutrientes ou translocação seja variada, assim como a floração (MALAVOLTA et al., 2002; VALARINI et al., 2005 ; MARTINS et al., 2019a).

Os maiores valores encontrados de nutrientes em concentrações de flores, grãos, palha e folhas podem determinar condições favoráveis para identificação da diversidade dentro desses genótipos (STARLING et al., 2019). O presente estudo pode ser comparado ao de Covre et al. (2016) que avaliaram grãos e palhas de *C. canephora*, obtendo concentrações dos macronutrientes K, N e Ca como os maiores em palhas e N e K em grãos. Para os micronutrientes, os autores também encontraram Fe e B como os mais acumulados nas palhas e nos grãos. Acredita-se que esses maiores teores de nutrientes sejam devido as fertilizações ocorridas em meses anteriores, contribuindo para a granação, além de que pela recomendação de adubação (PREZOTTI, MARTINS, 2013) nesta fase de produção já foram realizadas adubações condizentes com a cultura.

Arzola et al. (1963), encontraram maiores quantidade de N em grãos de café do que na palha e maior quantidade de K nas palhas, sendo este o macronutriente de maior expressão, semelhante a este trabalho. Todo esse efeito dos macronutrientes N e K pode ser devido a vários fatores, sendo um deles o fato de estar ligado a exigência da própria planta em requerer maiores concentrações de N para produção (MALTA et al., 2003).

O macronutriente K apresenta-se com concentrações altas na palha de café, acredita-se que esse alto teor venha do acúmulo pré-existente nas folhas e nos frutos (FERNANDES et al., 2012). Dessa forma, a palha de café, um subproduto gerado em muitas propriedades e que em sua maioria acaba sendo descartado, pode ser utilizada nas lavouras como matéria orgânica do solo, devido a sua alta concentração de K e N. Ao utilizar, além de gerar menos resíduos, diminuirá os custos com fertilizantes químicos, além de melhorias no solo em escala física, química e biológica, aumentos na CTC e no pH (FERNANDES et al., 2013).

O micronutriente Fe foi o que apresentou maior concentração em grãos e palhas de *C. canephora*, o que reafirma os estudos de Bragança et al. (2007), Covre et al. (2016) e Partelli et al. (2013), como micronutriente mais acumulado em cafeeiro conilon. Ao avaliar genótipos com diferentes ciclos de maturação, Marré et al. (2015) também encontrou maior concentração de Fe em genótipos de *C. canephora*. Mesmo

evento ocorrido em estudos de Sarruge et al. (1966), porém em cafeeiros arábica. O B foi o segundo mais acumulado, seguido do Mn, resultados similares encontrados por Covre et al. (2016) em grãos e palhas de cafeeiros irrigados e não irrigados.

Após a floração e até a maturação dos grãos nos genótipos de café, é notada redução das concentrações de N e K em folhas, reflexo da translocação de fotoassimilados necessários para garantir a formação de qualidade dos frutos (Oliosí et al., 2020).

A concentração N foliar esteve relativamente dentro do que é esperada para a cultura nas fases de floração e enchimento de grãos (GOMES et al., 2016). De acordo com Martins et al. (2016) há uma relação direta entre a absorção de nutrientes e o ciclo das plantas, tendo em vista que a maturação dos frutos demanda de maiores quantidades metabólitos, o que intensifica o transporte de fotoassimilados para os frutos (VALARINI et al., 2005).

Oscilações de concentração de N e K nas folhas foram observadas também entre os genótipos Pirata e Bamburral que possuem reconhecidamente maturação tardia e médio/tardia, apresentaram diminuição nas concentrações foliares também mais tardiamente em relação aos demais genótipos. Estas oscilações podem ser atribuídas às condições de maturação dos grãos, sendo condicionadas às características genéticas de cada genótipo. Segundo Partelli et al. (2014) e Partelli et al. (2013), a maior velocidade de absorção de nutrientes nos frutos foi verificada em frutos com maturação precoce, bem como maiores taxas referentes ao crescimento. Os genótipos podem apresentar variações nutricionais ao longo do ano (SERRANO et al., 2011), podendo ser influenciado pelo tipo de maturação (precoce, tardio e mediano) (PARTELLI et al., 2014), fatores climáticos ou a própria fase fenológica. Desse modo, diferentes genótipos necessitam de concentrações de nutrientes em períodos distintos, mas quase sempre semelhante à sua fase fenológica (LAVIOLA et al., 2006, 2007; PREZOTTI; BRAGANÇA, 2013; PARTELLI et al., 2014). Oliosí et al. (2020) em estudos sobre variação sazonal relacionando concentrações foliares, obteve maiores concentrações de N em genótipos precoce e de maturação média nas primeiras amostragens, e menores para os genótipos de maturação tardio, com maior pico em novembro para estes.

Covre et al. (2016), em café conilon cultivados no Sul da Bahia, verificaram aumento na concentração de K foliar nos meses de agosto, setembro e outubro, seguida de queda expressiva até atingir menor valor em abril. Em cafeeiro Arábica

cultivado no Estado de São Paulo, Valarini et al. (2005) observaram reduções nos teores de K nas folhas foram observadas no período de dezembro a maio. De acordo com os estudos de Bragança et al. (2008) em cafeeiros no Norte do Espírito Santo, o K é considerado o terceiro macronutriente mais acumulado em plantas de cafeeiro.

Nas folhas, o macronutriente P é mais requerido nas épocas que antecedem a florada, meses de junho, julho e nas fases de enchimento de grãos, com maior concentração para final de janeiro (DUBBERSTEIN et al., 2016), o que se assemelha aos estudos desse trabalho, em que na época 3 (fevereiro) houve um aumento da concentração desse nutriente. Dentre os macronutrientes, o P é o elemento exigido em menor quantidade (BRAGANÇA et al., 2008), no entanto desempenha papel importante na fotossíntese e na fosforilação das proteínas (TAIZ et al., 2017). O presente estudo pode ser comparado com o de Cietto et al. (1991) que ao trabalhar com a cultivar Catuaí, obtiveram resultados variados em função das fases fenológicas e das épocas do ano. Outra questão explorada está na eficiência de extração do P do solo pelas plantas de cafeeiros, o que reafirma a necessidade de uma adubação regulada e antecipada, para suprir a necessidade em períodos em que a planta demanda mais (MALAVOLTA et al., 2002; VALARINI et al., 2005; PARTELLI et al., 2014).

Quanto às concentrações de Ca e ao Mg presente nas folhas, ambos apresentaram similaridade nas épocas avaliadas (BRAGANÇA et al., 2008). O Ca apresentou redução nas fases de chumbinho para teores foliares, assim como o Mg, que mesmo incomum, possa ser reflexo da redistribuição dos nutrientes para os frutos (COVRE et al., 2018). Valarini et al. (2007) em estudos com cultivares de café arábica, observaram aumento no teor de Ca nas folhas nos meses de dezembro, fevereiro e maio. Olios et al. (2020) afirmaram em seus estudos que as maiores concentrações de Ca foram em outubro e novembro, e Mg houve uma diminuição em setembro, seguido de aumento.

Os teores de S nas folhas encontram-se com maiores concentrações para períodos de enchimento de grãos e granação assim como estudos de (OLIOSI et al., 2020; SILVA et al., 2020). A concentração desse macronutriente apresentou variações decorrentes da maturação dos genótipos. Em café conilon de ciclo precoce (fevereiro), médio (março), tardio (abril) e super tardio (maio) (PARTELLI et al., 2014). Olios et al. (2020) também obtiveram essa variação decorrente da maturação dos genótipos, com maiores concentrações para V8 e V12 (precoce).

Segundo Tomaz et al. (2003), diferentes genótipos podem diferir em relação à absorção, translocação e eficiência de S, todo esse efeito é devido afinidades na absorção pelo sistema radicular, mobilidade no xilema e nos vasos do floema, variando conforme o genótipo (MARSCHNER, 1995).

Para mais, a sazonalidade observada na concentração foliar de macronutrientes varia conforme inúmeros parâmetros já mencionados neste estudo. Os períodos mais quentes do ano e início da primavera, coincidem com as maiores concentrações dos macronutrientes N, P, K. Já depois de setembro, há um aumento na precipitação, época considerada chuvosa para região do experimento, favorecendo maior absorção de nutrientes, justificando as maiores concentrações encontradas para os macronutrientes Ca, Mg e S. Além disso, nesta época, segundo Marengo e Lopes (2005), o aumento da temperatura e das chuvas faz com que ocorra aceleração das atividades respiratórias das plantas e melhor metabolismo do sistema radicular.

O micronutriente Fe é considerado o mais acumulado por plantas de cafeeiro conilon, seguido de Mn, B, Zn e Cu, segundo Bragança et al. (2007), aproximadamente 80% do Fe ocorre nos cloroplastos, papel importante na fotossíntese e na clorofila. As concentrações de Fe e Zn possuem padrão similar nas épocas avaliadas, apresentando um aumento progressivo na última época. Laviola et al. (2007) observaram pouca variação do Zn ao longo das épocas avaliadas, com pouco teor na fase de expansão dos frutos (PARTELLI et al., 2016). Em estudos Soares et al. (2001) indicaram que há um forte antagonismo na translocação de Zn e Fe, isso em espécies de eucalipto, considerado mesmo evento em plantas de cafeeiro, ainda segundo Lange et al. (2005) a omissão de Mn, pode favorecer o aumento de Fe, que pode aumentar a disponibilidade de P, revelando antagonismo com Mn e Zn, ou seja, aumentando-se a concentração de Fe pode ocorrer diminuição de Mn, Zn e K (KROHLING et al., 2015).

De acordo com Covre et al. (2018) no final do ciclo da cultura são observados baixos teores de micronutrientes no café, nesse estudo essa situação se enquadra na época 4, maturação dos frutos. Segundo Oliosí et al. (2020) as concentrações de Fe nas folhas apresentaram maior concentração de nutrientes, logo após as chuvas, que nesse caso ocorreram após dezembro.

Em estudos na Amazônia Ocidental com cafeeiros, Dubberstein et al. (2019) notaram que desde a primeira avaliação, o Cu apresentou pouca variação e um

comportamento linear, mantendo-se constante. Essa situação característica do Cu, também ocorreu no presente estudo.

Em estudos de dois períodos de avaliação, Marré et al. (2015), observaram que as concentrações de Mn nas folhas estavam reduzidas, e isso poderia ser devido a maior demanda do micronutriente no desenvolvimento dos frutos nesse período, o que seria a maturação. Oliosi et al. (2020) observaram redução para o B em agosto, principalmente em função da formação das flores.

Na maioria dos micronutrientes (Fe, Zn, B e Mn) foi possível verificar menores teores nas primeiras épocas do ano (fase de chumbinho) e uma faixa alta, o que seria caracterizado como a expansão e granação dos frutos, esse comportamento é característico de cafeeiros conilon em diversas partes do país, no Norte do Espírito Santo (MARRÉ et al., 2015); na Amazônia Ocidental (DUBBERSTEIN et al., 2015), e cafeeiros arábicas da Zona da Mata brasileira (LAVIOLA et al., 2007).

Tais resultados podem ser indicativos que as cultivares estavam recebendo adubação adequada. No entanto, a adubação só é eficiente se outros fatores envolvidos nesse processo, como as taxas de distribuição dos elementos minerais e translocação, estiverem em consonância com os padrões fisiológicos da cultura.

Com relação à formação dos grupos pelo dendograma, utilizado pelo método de agrupamento UPGMA, considera-se que a formação dos grupos, que podem ser considerados divergentes entre si, indica uma variabilidade entre os genótipos de *C. canephora* para teores nutricionais de folhas, flores, grãos e palha (SILVA et al., 2021). Gomes et al. (2016) e Martins et al. (2019) observaram formações divergentes de genótipos de café Conilon (GOMES et al., 2016; MARTINS et al., 2019). Esses estudos são importantes para programas de melhoramento, podendo ser utilizados como meio de se realizar um planejamento com características mais importantes e selecioná-las (IVOGLO et al., 2008).

Dos quatro grupos formados no presente estudo, aquele formado por Pirata e Verdin R foi o que, de maneira geral, apresentaram maiores concentrações de nutrientes nos tecidos avaliados e menor oscilação na dinâmica nutricional em suas folhas. Esses dois genótipos apresentam ciclos de maturação semelhantes, sendo o Pirata precoce e Verdin R médio/precoce. Outro grupo formado por outros dois genótipos também compartilham de ciclos de maturação semelhantes como a do grupo anterior, sendo este formado por A1 de ciclo médio e Beira Rio 8 de ciclo médio/precoce. Características nutricionais parecem ser atribuídas à herdabilidade, já

que ambos os grupos são oriundos da mesma cultivar a Tributum, com exceção de A1 que sua origem também se deu através da cultivar Andina. Acredita-se que, por serem oriundo de uma cultivar adaptada a regiões mais quentes, os genótipos destes grupos apresentaram tal similaridade em relação à concentração de nutrientes em função de sua linhagem estar mais aclimatada às condições climáticas da área de estudo (CALIMAN et al., 2009). A aclimação da planta pode ocorrer de forma isolada, em resposta a adaptação ao ambiente. Dessa forma, o potencial produtivo de cada planta é determinado também pela capacidade de aclimação, sendo esta dependente da base genética de cada material (AINSWORTH et al., 2004).

Embora o ciclo de maturação e a herdabilidade possam a ter uma ligação direta na formação dos agrupamentos em relação à concentração de nutrientes, o agrupamento formado por Bamburral, P1, Verdin TA e NV2 apresenta uma certa dificuldade em estabelecer uma relação direta entre esses elementos na similaridade entre si. Os micronutrientes em folhas foram os que mais contribuíram relativamente para a diversidade (cerca de 75%). Para esse grupo, o comportamento em relação à concentração de alguns micronutrientes em folhas foi relativamente semelhante.

Embora este estudo tenha abordado as semelhanças nutricionais em diversos órgãos da planta e, com isso, tenha-se chegado aos agrupamentos pela dissimilaridade, fatores como a morfologia de folhas; raízes e arquitetura da planta não foram abordados. Esses atributos morfológicos atuam diretamente na absorção de nutrientes (no caso de raízes) e taxas fotossintéticas e resistência a radiação (no caso de folhas) e podem condicionar o status nutricional nos tecidos de cada planta (ALVES et al., 2002). Desse modo, o aprofundamento nos parâmetros morfológicos poderá trazer mais luz à discussão nutricional de genótipos do cafeeiro Conilon.

1.1.5 Conclusão

As flores foram os tecidos que menos apresentaram interferência ambiental para a concentração nutricional.

De maneira geral, a ordem de concentração de macronutrientes e micronutrientes foi de $N > K > Ca > P = Mg = S$ e $Fe > B > Mn > Cu > Zn$, respectivamente, apresentando oscilações em função de cada genótipo.

O N e o Fe foram os macros e micronutrientes encontrados em maiores concentrações em flores ($37,40 \text{ g kg}^{-1}$; $97,11 \text{ mg kg}^{-1}$), grãos ($22,29 \text{ g kg}^{-1}$; $106,26 \text{ mg kg}^{-1}$), palha ($8,09 \text{ g kg}^{-1}$; $41,89 \text{ mg kg}^{-1}$) e folhas ($779,86 \text{ g kg}^{-1}$; 3757 mg kg^{-1}).

O K foi encontrado como o segundo nutriente mais requerido em Flores (27,69 g kg⁻¹), Grãos (14,15 g kg⁻¹), Palhas (16,99 g kg⁻¹) e folhas (488,24 g kg⁻¹).

Nas folhas, de maneira geral, as concentrações dos nutrientes foram elevadas nas primeiras épocas avaliadas, reduzindo nas últimas épocas. Além disso, oscilações dessas concentrações foliares foram observadas devidas ao ciclo de maturação precoce ou tardia de alguns genótipos.

A concentração de micronutrientes em folhas respondeu por mais de 75% de toda diversidade genética entre os grupos de genótipos.

Os parâmetros ligados ao melhoramento genético indicam que há pouca influência do ambiente na concentração nutricional nos tecidos vegetais avaliados. As flores foram os tecidos que menos sofreram interferência ambiental para a concentração nutricional.

1.1.6 Referências

AINSWORTH, E.A.; ROGERS, A.; NELSON, R.; LONG, S. P. Testing the “source-sink” hypothesis of down-regulation of photosynthesis in elevated [CO₂] in the field with single gene substitutions in *Glycine max*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.122, p.85-94, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.09.002>.

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, n. 6, p. 711-728, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ALVES, P.L.; MAGALHÃES, A.C.N.; BARJA, P.R. The phenomenon of photoinhibition of photosynthesis and its importance in reforestation. **The Botanical Review**, v. 68, n. 2, p. 193-208, 2002. Doi: [https://doi.org/10.1663/00068101\(2002\)068\[0193:TPOPOP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/00068101(2002)068[0193:TPOPOP]2.0.CO;2)

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. 621–9, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000027>.

ANDRADE, R.S; NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. O.; Schatz, A. C. Variação morfológica e fisiológica em *Toona ciliata* sob estresse hídrico e salino. **Cienc. Rural**, v. 50, n.6, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190581>.

ARZOLLA, S.; GOMES, L.; SARRUGE, J.R.; ANDRADE, R.G.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro, X. Extração de macronutrientes na colheita pelas variedades Mundo Novo, Caturra e Bourbon

Amarelo. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. Piracicaba, v. 20, p. 41-52, 1963.

BLANK, A. F.; ROSA, Y. R. S.; FILHO, J. L. S. C.; SANTOS, C. A.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. A diallel study of yield components and essential oil constituents in basil (*Ocimum basilicum* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 38, p. 93-98, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.015>.

BELAN, L. L.; SILVA, K. G.; TOMAZ, M. A.; JESUS JUNIOR, W. C.; AMARAL, J. A. T.; AMARAL, J. F. T. Aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon: Uma abordagem sistemática. **Nucleus**, v.8, n.1, 2011.

BONOMO, P.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, V. R.; CARNEIRO, P. C. S. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, v. 63, n. 2, 207-219, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000200006>

BRAGANCA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P; LEITE, H. G; SANTOS, L. P; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ, V. V. H.; LANI, J. A. Acumulo de B, Cu, Fe, Mn E Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 54, p. 398–404, 2007.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.H.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ V., V.H.; LANI, J.A. Accumulation of Macronutrients for the conilon Coffee Tree. **Journal Plant Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 103-120, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904160701741990>.

CALBO, A.G. Senescência em folhas e migração de solutos. In: SODEK, L.; CASTRO, P.R.C.; NEVES, M. C. P. REUNIÃO BRASILEIRA DE FIOLOGIA VEGETAL, 2. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1989. p.123-134.

CALDARAU, S.; THUM, T.; YU, L.; ZAEHLE, S. Whole-plant optimality predicts changes in leaf nitrogen under variable CO₂ and nutrient availability. **New Phytologist**, v. 225, n. 6, p. 2331-2346, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1111/nph.16327>

CARIAS, C.M.O.M.; GRAVINA, G.A.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.F.; VIVAS, M.; VIANA, A.P. Predição de ganhos genéticos via modelos mistos em progênies de café conilon. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 39-45, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v11i1.961>.

CAVALCANTI, A. C.; OLIVEIRA, M. G. D.; COVRE, A. M.; GONTIJO, I.; BRAUN, H.; PARTELLI, F. L. First approach for soil to conilon coffee in the Atlantic region of Bahia. **Coffee Science**, v. 12, n. .3, p.316-325, 2017. Doi: [10.25186/cs.v12i3.1286](https://doi.org/10.25186/cs.v12i3.1286).

CIETTO, S.; HAAG, H. P.; DECHEN, A. R. Acumulação de matéria seca, absorção de N, P e K pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, 1991, 48: 245-268. Doi: <https://doi.org/10.1111/nph.16327>

COVRE, A. M. ; Partelli, Fábio Luiz ; MAURI, A. L. ; DIAS, M. A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. **Agro@ambiente On-line**, v. 7, p. 193-202, 2013.

COVRE, A. M. ; RODRIGUES, W. P. ; VIEIRA, H. D. ; BRAUN, H. ; RAMALHO, J.C.; PARTELLI, F. L. Nutrient accumulation in bean and fruit from irrigated and non-irrigated *Coffea canephora* cv. Conilon. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 1-9, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.9755 / ejfa.2016-04-341>

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R; GONTIJO, I. Micronutrients in the fruits and leaves of irrigated and non-irrigated coffee plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 9, p. 1119–29, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1431665>

CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. Doi : <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.

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. Doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>.

DALCOMO, J.M.; VIEIRA, H.D.; FERREIRA, A.; PARTELLI, F.L. Growth comparison of 22 genotypes of conilon coffee after regular pruning cycle. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.5897 / AJAR2016.11261>

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J.R.M.; ESPINDOLA, MC. Concentration and accumulation of macronutrients in leaf of coffee berries in the Amazon, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.5, p. 701-10, 2016. Doi: <https://doi.org/10.21475 / ajcs.2016.10.05.p7424>

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; ESPINDOLA, M. C.; DIAS, J. R. M. Concentration and accumulation of micronutrients in robust coffee. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, 2019. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42685>

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; GUILHEN, J.H.S.; RODRIGUES, W.P.; RAMALHO, J.C.; RIBEIRO-BARROS, A.I. Biometric traits as a tool for the identification and breeding of *Coffea canephora* genotypes. **Genetics and Molecular Research**, v.19, n. 2, 2020. Doi: <https://doi.org/10.4238/gmr18541>

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F.L.; DIAS, J.R.M.; ESPINDULA, M.C. Influência da adubação no crescimento vegetativo de cafeeiros na Amazônia sul ocidental. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p. 197-206, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v12i2.1228>.

FEHR, W. R. **Principles of cultivars development**. New York: Macmillan, 1987. 536 p.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R.T.; SANTINATO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro Arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 324-336, 2013.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A.A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.231-240, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000200015>

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. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.1, p.158-166, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-260/14>

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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.038>

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. Doi: <https://doi.org/10.1590 / 0001-3765201820170523>

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. Doi: <https://doi.org/10.4238/gmr.15048839>

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013000200003>.

GUO, Q.; AN, Y.; YUN, J.; YANG, M.; MAGOCHA, T. A.; ZHU, J.; XUE, Y.; QI, Y.; HOSSAIN, Z.; SUN, W.; QI, X. Enhanced D-tagatose production by spore surfacedisplayed L-arabinose isomerase from isolated *Lactobacillus brevis* PC16 and biotransformation. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 247, n. July 2017, p. 940–946, 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.187>

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, p. 823-831, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400003>.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2004; (2ª ed). 452p.

LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Micronutrient deficiency effect on the nutritional status of the castor bean cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40:61-67, 2005.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B.; VENEGAS, V. H. A. Dinâmica de P e S em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v.23, n.1, p.29-40, 2007.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B de.; VENEGAS, V.H.A. Dinâmica de N e K em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.22, n.3, p.33-47, 2006.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R. SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.1.017-1.022, 2002. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000700016>

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.G.; SILVA, F.A.M. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1246-1252, 2003. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542003000600006>.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Editora UFV. Viçosa, MG. 451pp, 2005.

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, n. 5, p.1456-62, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20140649>

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic Press; 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J. S. De.; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Rev. Ceres**, v. 61, supl. p. 838-848, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000009>

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. 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, p. 3633–42, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11418>

MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; MACHADO, L.S.; BRINATE, S.V.B.; et al. Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 10576-10587, 2015. Doi: <https://doi.org/10.42382015.Setembro.8.19>

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. Doi: <https://dx.doi.org/10.35418/2526-4117/v1n1a6>.

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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.044>

OLIOSI, G.; PARTELLI, F. L.; SILVA, C. A.; DUBBERSTEIN, D.; GONTIJO, I; TOMAZ, M. A. Seasonal variation in leaf nutrient concentration of conilon coffee genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, 2020. Doi: <https://doi.org/101080/0190416720201792492>.

PARTELLI, F. L.; ESPINDOLA, M. C.; MARRE, 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, p. 214–22, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S010006832014000100021>

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. Doi: <https://doi.org/10.1590/198470332019v19n4c68>

PARTELLI, F. L.; GOMES, W. R.; OLIVEIRA, M. G.; DIAS, J. R. M.; ESPINDOLA, M. C. Normas foliares e diagnóstico nutricional do cafeeiro na pré-florada e granação, no Espírito Santo. **Coffee Science**, 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. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1510513>.

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. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904160701615525>.

[PARTELLI, F. L.](#); [VIEIRA, H. D.](#); [MARTINS, M. A.](#) Nutritional diagnosis of the organic Conilon coffee trees (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn): sufficiency range approach for leaves and soil. **Coffee Science**, v. 01, p. 43-49, 2006.

PARTELLI, F.L.; GILES, J.A.D.; OLIOSI, G.; COVRE, A.M.; FERREIRA A.; RODRIGUES, E.V.M. Tributun: um café cultivar desenvolvida em parceria com os agricultores. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/198470332020v20n1c21>.

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, p. 108-116, 2013. Doi: <https://doi.org/10.5539/jas.v5n8p108>.

PAYE, H.S.; PARTELLI, F. L.; MARTINS, A. G.; SIEBENEICHLER, E. A. Recomendação de adubação e calagem. In: PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M.C. **CAFÉ CONILON: Conhecimento para Superar Desafios**. Alegre, ES: CAUFES, p. 75-98, 2019.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

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, n. 2, p. 177-186, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v7i2.308>.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 964-971, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700013>

RUFINO, E.R.; SIQUEIRA, W.J.; MARQUES, M.O.M.; COLOMBO, C.A.; CHIORATO, A.F.; AZEVEDO FILHO, J.A.; LOURENÇÃO, A.L.; YAMAMOTO, P.Y.; MARTINS,

A.L.M. Estimativas de parâmetros genéticos de caracteres relacionados ao vigor de estacas em *Lippia alba*. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 779-786, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000400002>.

SAHRAWAT, K. L. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. **Journal Plant Nutrition**, v. 27, p. 1471-1504, 2004. Doi: <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-200025869>.

SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, 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.

SANTOS, T. B.; SANTOS, T. B.; MEDA, A. R.; SITTA, R. B.; VESPERO, E. B.; PAVAN, M. A.; CHARMETANT, P.; PÍCOLO, V. C.; PEREIRA, L. F. O.; VIEIRA, L. G. E.; DOMINGUES, D. S. Caracterização nutricional de acessos provenientes da Etiópia de café arábica. **Coffee Science**, v. 10, n. 1, p. 10-19, 2015.

SARRUGE, J.R.; ANDRADE, R.G.; GOMES, L.; ARZOLLA, S.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro, XIX. Extração de micronutrientes na colheita pelas variedades Mundo novo, Caturra Amarelo e Bourbon Amarelo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, v. 23, p. 85-93, 1966.

SOARES, C.R.F.S.; GRAZZIOTTI, P.H.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J.G.; & MOREIRA, F.M.S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36:339-348, 2001.

SCHMILDT, E.R.; AMARAL, J.A.T.; SCHMILDT, O.; SANTOS, J.S. Análise comparativa de equações para estimativa da área foliar em cafeeiros. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 155-167, 2014. Doi: <https://doi.org/10.25186/cs.v9i2.573>

SERRANO, L.A.L.; SILVA, V.M. da; FORMENTINI, E.A. Uso de compostos orgânicos no plantio do cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 100-107, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000100015>

SILVA, C. A.; SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; DIAS, J. R. M.; PARTELLI, F. L. Genetic diversity in *Coffea canephora* genotypes for leaf nutrient concentration. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO**, 2021.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. 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.

SOUZA, R. T. A.; Silva, D. K. A.; Santos, M. V. F.; Naumann, H. D.; Magalhães, A. L. R.; Andrade, A. P. Association of edaphoclimatic characteristics and variability of condensed tannin content in species from Caatinga. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 5, n.3, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20200042>.

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. Doi: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr18300>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLE R, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VALADARES, R.N.; MELO, R.A.; SILVA, J.A.S.; ARAÚJO, A.L.R.; SILVA, F.S.; CARVALHO FILHO, J.L.S.; MENEZES, D. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações em acessos de melão do grupo momordica. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 557-563, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170413>.

VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C.; FAZUOLI, L.C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, v.64, n.4, p.661-672, 2005. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000400016>.

Ferreira, André Dominghetti et al. Dinâmica dos micronutrientes em cafeeiros enxertados. *Revista Ceres* [online]. 2013, v. 60, n. 2 [Acessado 2 Junho 2021], pp. 262-269. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200016>>. Epub 23 Maio 2013. ISSN 2177-3491. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200016>.

2.1 DIVERSIDADE GENÉTICA DE *COFFEA CANEPHORA* BASEADO EM CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PARÂMETROS DE FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A

Resumo

Diferentes genótipos de uma mesma cultura podem variar a capacidade fotossintética em função da época do ano. Objetivou-se avaliar a diversidade genética entre genótipos de *Coffea canephora* baseado em características morfofisiológicas no verão e no inverno. O experimento foi conduzido no Norte do Espírito Santo, em uma lavoura cultivada com nove genótipos compondo duas cultivares de café Conilon, em delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições e três plantas cada parcela. No verão e no inverno foram realizadas análises de atributos foliares, e avaliações de fluorescência da clorofila *a* em três períodos do dia (manhã: 07:00, meio-dia: 12:00 e tarde: 17:00 horas). Houve formação de três grupos dos nove genótipos de acordo com o método de agrupamento, com corte realizado em 45%. A fluorescência inicial apresentou tendência de maiores valores para horários da manhã e meio-dia, enquanto o rendimento quântico da fotoquímica primário (ϕP_0) apresentou para tarde, ambos no verão e no inverno. Todas as variáveis dos centros de reação apresentaram tendências de valores maiores no período da manhã. Os atributos foliares apresentaram para todos os grupos tendência de menores valores no inverno e mais elevados no verão. O grupo 1 apresentou maior dissimilaridade ao comparar com os demais, com maior média dos parâmetros da fluorescência variável e menores do índice de desenho. Foi possível observar através das análises multivariadas que os atributos foliares estão correlacionados com os parâmetros JIP em relação a variabilidade nas épocas e nos horários.

Palavras-chaves: Café conilon, Atributos foliares, Teste JIP, Curvas OJIP.

Abstract

Different genotypes of the same culture can vary the photosynthetic capacity depending on the time of year. The objective of this study was to evaluate the genetic diversity among *Coffea canephora* genotypes based on morphophysiology in summer and winter. The experiment was carried out in the North of Espírito Santo, in a field cultivated with nine genotypes composing two Conilon coffee cultivars, in a randomized block design, with three replications and three plants each plot. In summer and winter, analyzes of leaf attributes and fluorescence assessments of chlorophyll a fluorescence were performed in three periods of the day (morning: 07:00, noon: 12:00 and afternoon: 17:00 hours). Three groups of the nine genotypes were formed according to the grouping method, with a cut made in 45%. The initial fluorescence showed a tendency towards higher values for the morning and noon hours, while the quantum yield of the primary photochemistry ($\phi P0$) showed for the afternoon, both in summer and in winter. All variables in the reaction centers showed higher value trends in the morning. Leaf attributes showed lower tendencies for winter and higher for summer for all groups. Group 1 showed greater dissimilarity when compared to the others, with a higher mean of the variable fluorescence parameters and lower of the drawing index. It was possible to observe through multivariate analysis that the leaf attributes are correlated with the JIP parameters in relation to the variability in times and times.

Key words: Conilon coffee, Leaf attributes, JIP test, OJIP curves.

2.1.1 Introdução

A seleção de novas linhagens de café, através dos programas de melhoramento genético, tem como objetivo o desenvolvimento e a seleção de genótipos superiores que apresentem características como elevadas produtividades, estabilidade de produção de grãos, adaptabilidade às condições de cultivo em diferentes ambientes, tolerância a eventos bióticos e abióticos, dentre outras características agrônomicas desejáveis (PARTELLI et al., 2019; FERREIRA et al., 2020; PONTES et al., 2020).

Apesar de ser selecionada as características dos genótipos, há uma certa variação que muitas vezes se determina conforme o ambiente ou região que ele foi instalado. A variação fenotípica que se observa em determinada população se deve à ação conjunta do ambiente e do genótipo (CUCOLOTTI et al., 2007; PELOSO et al., 2017). A plasticidade fenotípica expressada por essa interação é ampla e varia desde a espessura das folhas, das cascas dos frutos até no tamanho da planta e do ciclo reprodutivo (CAMARGO, 2010; NOLASCO, 2011; PARTELLI et al., 2014).

No Brasil, primavera-verão e outono-inverno são duas épocas do ano bem marcantes com temperaturas e fotoperiodismo característicos. Na primavera-verão as temperaturas são mais elevadas e os dias são mais longos (SILVA et al., 2004). Nesse período, as elevadas temperaturas, geralmente acima dos 30° C, tendem a dificultar o desempenho fotossintético das plantas, principalmente nas fases de florescimento, podendo causar queda dos botões florais, acelerando a maturação e consequentemente a formação dos grãos (TAIZ et al., 2017; DA MATTA, 2018; LEMORDANT; GENTINE, 2019).

Altas taxas de evapotranspiração observadas nesse período induzem as plantas a optarem pela redução da abertura estomática (RONCHI et al., 2007; BATISTA et al., 2010; MELO et al., 2014; MEDAUAR et al., 2021). Além disso, a intensa irradiância nas folhas provoca aumento do rendimento de moléculas altamente reativas de oxigênio, gerando danos às folhas (DA MATA e RAMALHO, 2006; DA MATA et al., 2007; AWASTHI et al., 2018). Mesmo ocorrendo esses eventos adversos, as plantas de cafeeiros possuem a capacidade de recuperação após esse período de estresse, graças aos mecanismos fisiológicos de adaptabilidade, tais como generalização e plasticidade fenotípica (GRISI et al., 2008; SONG et al., 2009; BATISTA et al., 2010; GAMA et al., 2017).

Durante o outono-inverno os dias são mais curtos e as temperaturas mais amenas, além da umidade relativa do ar apresentar índices mais baixos (MEDAUAR et al., 2021). Nesse período, as plantas são induzidas a uma aclimação fotossintética, que está relacionado à manutenção da atividade respiratória (TAIZ et al., 2017), resultando num tipo de paralização no crescimento, devido as baixas atividades fotossintéticas (PARTELLI et al., 2010) e uma redução da condutância estomática, observadas em plantas cafeeiros nesta época mesmo que as temperaturas sejam adequadas para trocas gasosas (SILVA et al., 2004; DA MATTA, 2004; CHAVES et al., 2008; POMPELLI et al., 2010; MARIÑO, 2014). De qualquer forma, o fotoperiodismo afeta as culturas, interferindo na fisiologia das plantas e também na produção (FERNANDES et al., 2012; TAIZ et al., 2017).

Alterações climáticas como temperatura e disponibilidade de luz, vem afetando a produção cafeeira (CAMARGO, 2010; DUBBERSTEIN et al., 2018). Possíveis alterações causadas por influência dos fatores ambientais sobre o comportamento fisiológico das plantas, que podem ser oriundos de estresse por baixa ou alta temperaturas (BERTAMINI et al., 2007; STIRBET; GOVINDJEE, 2011; BRESTICA et al., 2012; STIRBET et al., 2018), ou pela disponibilidade de luz, afetando as características morfológicas, anatômicas e fisiológicas das folhas.

Indicadores fisiológicos associados às variações edafoclimáticas na relação ambiente-plantas têm sido utilizados em programas de melhoramento (YUSUF et al. 2010; NASCIMENTO et al., 2019). Destes, a fluorescência da clorofila *a*, técnica que permite realizar uma avaliação dos distúrbios provocados ao aparelho fotossintético das plantas (CHEN et al., 2015; ROSA et al., 2018), é bem aceita por ser um método não destrutivo, rápido, permitindo melhor aproveitamento da energia luminosa pelo aparelho fotossintético. Capaz de fornecer um melhor conhecimento dos eventos fotoquímicos e não-fotoquímicos que estão ocorrendo nos tilacóides dos cloroplastos (YUSUF et al., 2010; SILVA et al., 2015) trazendo informações detalhadas sobre o fotossistema II (BUONASERA et al., 2011).

As análises resultam em curvas transientes OJIP que trazem informações visuais sobre o desempenho fotossintético das plantas e o fotossistema II (PSII) e do intersistema do fotossistema (PSI) (KALAJI et al., 2016; HASSANNEJAD et al., 2020).

Ao serem quantificadas e avaliadas através dos parâmetros do teste JIP (STRASSER et al., 2004; TSIMILLI-MICHAEL; STRASSER, 2008; STRASSER et al., 2010), os parâmetros podem descrever eventos como rendimentos, probabilidades,

fluxos específicos de energia por centro de reação, eficiência quântica, fluxos fenológicos e índices de desempenho (STRASSER et al., 2000; STRASSER et al., 2004; STRASSER et al., 2010). Sendo utilizados nos últimos anos para entender os mecanismos de ação de diversos fatores que podem provocar estresse nas plantas (BUSSOTTI et al., 2011; BAYAT et al., 2018; RASTOGI et al. 2019).

Além dos parâmetros fisiológicos, os parâmetros morfofisiológicos, como os atributos foliares, também podem ser sensíveis e descreverem processos ecofisiológicos nas plantas, refletidos nas avaliações de massa foliar por área, densidade específica, suculência, espessura e conteúdo relativo de água presente nas folhas (WRIGHT et al., 2004; CHATURVEDI et al., 2014). Cada genótipo apresenta características peculiares e podem variar conforme o ambiente e suas adaptações. Portanto, variações ambientais podem ser refletidas em órgãos mais sensíveis, nesse caso específico as folhas (TRIPATHI et al., 2020).

Diante do exposto, este estudo objetivou-se avaliar a diversidade genética entre nove genótipos de *C. canephora* baseado em características morfofisiológicas e parâmetros de fluorescência da clorofila *a* no verão/2019 e no inverno/2020 em diferentes períodos durante o dia pela manhã (7:00h), meio-dia (12:00h) e tarde (17:00h) estabelecidas em campo a pleno sol.

2.1.2 Material e Métodos

2.1.2.1 Área de Estudo

O experimento foi conduzido na área experimental da própria universidade em São Mateus, Espírito Santo, com altitude média de 36 metros, latitude de 18° 40' 25" S e longitude 40° 51' 23"W. O clima predominante da região é quente e úmido, classificado tipo Aw, compreendendo uma estação seca no outono e chuvosa no período da primavera-verão, de acordo com a classificação Koppen (ALVARES et al., 2013).

O solo do local é classificado como Argissolo de textura franco arenoso, com relevo ondulado (SANTOS et al., 2018), conforme é apresentado na Tabela 1.

TABELA 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental. São Mateus, ES – Brasil.

Atributos químicos			
P (mg dm ⁻³)	95	Matéria Orgânica (dag kg ⁻¹)	2,1
K (mg dm ⁻³)	93	Fe (mg dm ⁻³)	157
S (mg dm ⁻³)	6	Zn (mg dm ⁻³)	8,4
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,0	Cu (mg dm ⁻³)	2,6
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,8	Mn (mg dm ⁻³)	14
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	B (mg dm ⁻³)	0,33
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,5	Na (mg dm ⁻³)	7,0
pH	6,6		
Frações granulométrica (g kg ⁻¹)			
Areia total		746	
Silte		54	
Argila		200	

Os valores máximos e mínimos de temperatura, umidade relativa do ar e radiação que representam os meses do verão/19 e inverno/20, foram coletados na estação meteorológica localizada na fazenda experimental e estão dispostos na Figura 1.

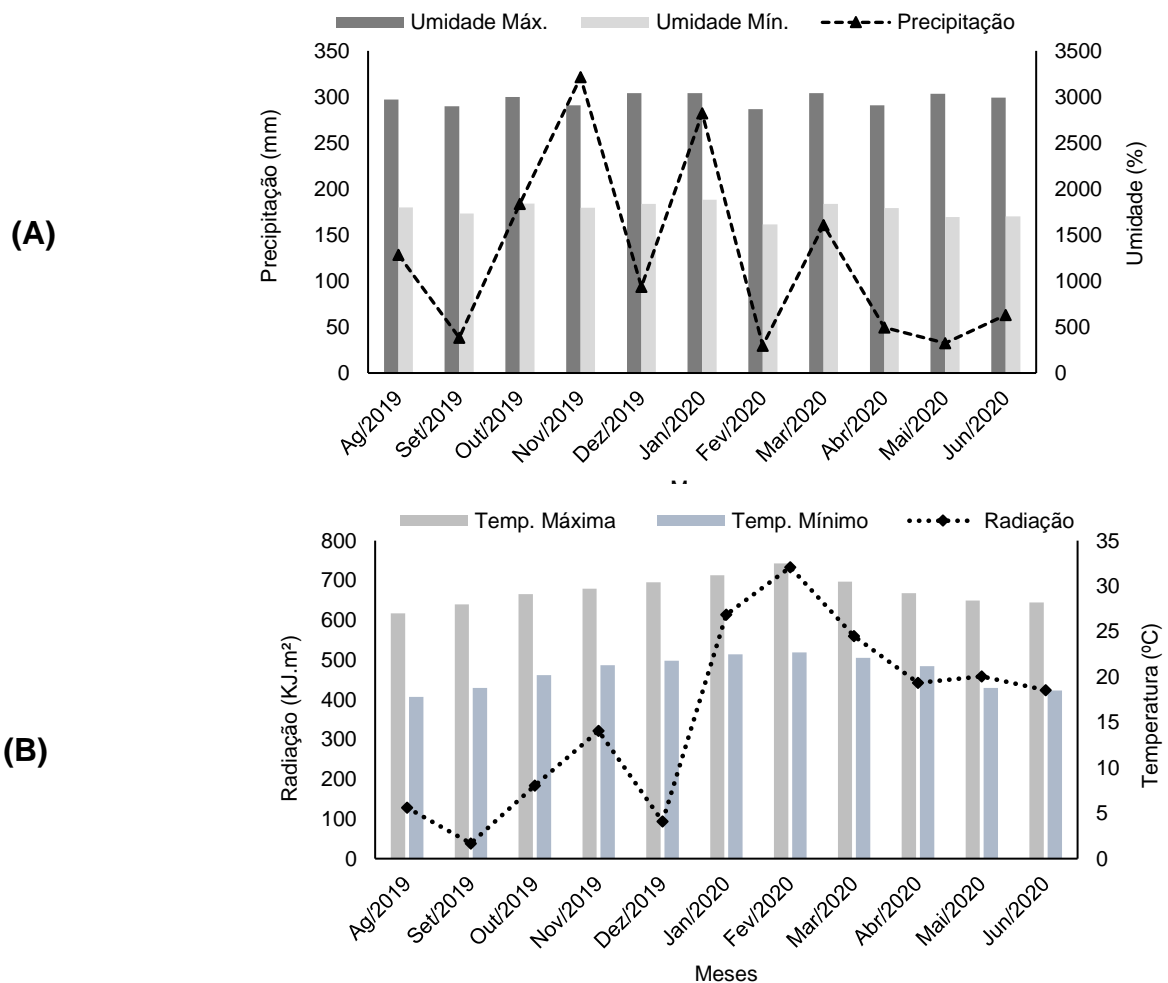


FIGURA 1. Valores de Umidade Relativa do ar (A), Temperatura e Radiação (B) ocorridos nos meses que compreendiam agosto/19 a junho/20, representando as épocas verão (época 1) e inverno (época 2), respectivamente. São Mateus – ES.

O plantio da lavoura experimental ocorreu em 07 de junho de 2018 constituída de genótipos de *C. canephora*. Os genótipos foram cultivados em condições de pleno sol, em espaçamento de 2 x 1 (metros). O cronograma nutricional da lavoura foi seguido conforme recomendações de acordo com Paye et al. (2019). Todos os tratamentos culturais foram realizados na lavoura, tais como controle de plantas daninhas utilizando herbicidas e roçadas, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubações e irrigação por gotejamento.

2.1.2.2 Fluorescência da clorofila *a*

As avaliações de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas com o auxílio do fluorômetro portátil (Modelo *Handy PEA*, *Hansatech Instruments*, *King's Lynn*, *Norfolk*, *UK*). As medições foram realizadas em três plantas por blocos em três horários durante o dia, pela manhã (7:00h), meio-dia (12:00h) e à tarde (17:00h) em duas épocas do ano (verão/19 e inverno/20), utilizando a terceira folha totalmente expandida do terço médio superior do cafeeiro. As folhas foram previamente adaptadas ao escuro por 30 minutos com o auxílio de cliques foliares (*Hansatech*), e em seguida induzida por um pulso saturante de luz vermelha com pico de 650 nm, de aproximadamente $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

A partir da fluorescência transiente foram elaboradas curvas OJIP, e foram calculados e analisados os parâmetros conforme o Teste JIP com base na análise da eficiência do fluxo de energia do PSII (STRASSER et al., 2000; 2004; GUO et al., 2020). Os parâmetros avaliados nesses estudos foram F_0 , F_M , V_J , V_I , ϕP_0 , ϕE_0 , e ϕD_0 , ABS/RC , TR_0/RC , ET_0/RC , DI_0/RC , RC/CS_0 e índice de vitalidade da planta (PI_{ABS}), conforme pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 2. Fórmulas dos termos usados no teste JIP obtidos a partir do transiente de fluorescência da clorofila *a* (O-K-J-I-P)

Parâmetros da Fluorescência	Descrição
Parâmetros Derivados e Parâmetros OJIP	
$F_0 = F_{20\mu s}$	Fluorescência mínima quando todos os centros de reação do FSII estão abertos
F_M	Fluorescência máxima quando todos os centros de reação do FSII estão fechados
$V_J = (F_{2ms} - F_0) / (F_M - F_0)$	Eficiência variável relativa a 2 ms
$V_I = (F_{3ms} - F_0) / (F_M - F_0)$	Eficiência variável relativa a 3 ms
Rendimento Quântico e Eficiência	
$\phi P_0 = TR_0 / ABS = (1 - F_0 / F_M) = F_V - F_M$	Rendimento quântico máximo fotoquímico primário em $t=0$
$\phi E_0 = ET_0 / ABS = (1 - F_0 / F_M) \times (1 - V_J)$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA - para o intersistema de aceptores de elétrons
$\phi D_0 = F_0 / F_M = 1 - \phi P_0$	Rendimento quântico no $t=0$ para dissipação de energia
$RC / CS_0 = \phi P_0 (V_J / M_0) \times (ABS / CS_0)$	Centros de reação redutores de QA ativos por seção transversal no FSII
Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII	
$ABS / RC = M_0 \times (1 / V_J) \times (1 / \phi P_0)$	Fluxo de absorção por centro de reação
$TR_0 / RC = M_0 / V_J$	Fluxo de energia capturado por centro de reação
$ET_0 / RC = (M_0 / V_J) \times \psi E_0 = (M_0 / V_J) \times (1 - V_J)$	Fluxo de transporte de elétrons por centro de reação
$DI_0 / RC = (ABS / RC) - (TR_0 / RC)$	Fluxo de energia dissipada por centro de reação
Índice de Performance	
$PI_{ABS} = (RC / ABS) \times (\phi P_0 / (1 - \phi P_0)) \times (\psi E_0 / (1 - \psi E_0))$	Índice de vitalidade para conservação de energia para redução do intersistema

Fonte: Strasser et al. (2004); Chen et al. (2015); Goltsev et al. (2016).

2.1.2.3 Análises morfofisiológicas

As avaliações de atributos foliares foram realizadas em duas épocas do ano (verão/19 e inverno/20) em que foram coletadas três folhas de cada genótipo do 2º par de folhas (completamente expandidas), ou seja, nove folhas por indivíduo/tratamento. Os materiais foram coletados no período da manhã e armazenados em sacos de papel. Em seguida, no laboratório, utilizou-se um perfurador de metal para retirar três discos de 0,219 mm de cada região do limbo foliar. A pesagem da massa fresca (MF) dos discos foliares, foi realizada com o auxílio de uma balança digital de precisão (0,0001 g), para obter a massa túrgida (MT) os discos

foram colocados em placas de petri e hidratados com água destilada por 24h, e no dia seguinte foram pesados. A espessura (mm) foi medida com um paquímetro digital (Digimess® 100.174BL 150mm/6). Ao final, foi obtida a massa seca (MS) dos discos foliares, estabelecida após secagem em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 60° C, até se obter peso seco constante.

A partir dos valores obtidos, foram calculados: suculência (g m^{-2}) (SUC) pela diferença entre a massa saturada e a massa seca em razão da área foliar dos discos foliares (KLUGE; TING, 1978) e massa foliar por área foliar (g m^{-2}) (MFA) razão entre a massa seca dos discos por sua área foliar. Os valores da densidade (mg m^{-3}) (DEN) foram obtidos pela fórmula: $\text{DEN} = \text{MFA} / \text{ESP}$ (WITKOWSKI e LAMONT1991). Os valores de índice de esclerofilia (g mm^2) foram calculados pela seguinte fórmula: $\text{ESC} = (\text{MS}/2) \times \text{área foliar}$ (RIZZINI, 1997). O conteúdo relativo de água (CRA %) foi obtido pela fórmula: $\text{CRA} = [(\text{MF}-\text{MS}) / (\text{MT}-\text{MS})] \times 100\%$ (BARRS e WEATHERLEY, 1962).

2.1.2.4 Delineamento Experimental e Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados, com três repetições e três plantas cada parcela, composto por duas cultivares de café conilon e nove genótipos, apresentados na Tabela 2.

Genótipo	Clone	Cultivar	Maturação
G1	Pirata	Tributum	Precoce
G2	Verdin R	Tributum	Precoce/Médio
G3	Bamburral	Tributum	Médio/Tardio
G4**	A1	Andina/tributum	Médio
G5	Clementino	Tributum	Médio
G6	Beira Rio 8	Tributum	Precoce/Médio
G7	P1	Andina	Tardio
G8	Verdin TA	Andina	Médio
G9	NV2	Andina	Precoce

**Observação: O genótipo A1 (G4) é composto em ambas cultivares.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2020). A análise de agrupamento hierárquico foi computada usando o construto da matriz de dissimilaridade por distância euclidiana, baseado no método de grupo de pares não ponderados com médias aritméticas (UPGMA) (MICHENER;

SOKAL, 1957). A análise de componentes principais (PCA) foi realizada para identificar as correlações entre os parâmetros ecofisiológicos para entender o desempenho de todos os genótipos de café analisados. Também foi usado para mostrar o comportamento do genótipo ao longo do dia em duas sessões diferentes. A análise de correlação de *Spearman* foi calculada entre o tamanho do efeito padronizado dos dados brutos e o tamanho da amostra.

2.1.3 Resultados

2.1.3.1 Dendograma com dissimilaridade genética

Pela matriz de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, utilizando a distância generalizada Euclidiana como medida de dissimilaridade genética, todos os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* avaliados, em duas épocas do ano e em três horários durante ao dia, produziram um dendograma que ilustra a distância genética entre os genótipos estudados (Figura 2). O limite máximo escolhido foi de 45% a partir do ponto máximo de fusão de dissimilaridade entre os genótipos foi o valor utilizado para a segregação. O primeiro grupo formado pelo genótipo 9 (NV2), o segundo grupo formado pelos genótipos 1, 2, 3, 7 e 8 (Pirata, Verdin R, Bamburral, P1 e Verdin TA, respectivamente) e o terceiro grupo formado pelos genótipos 4, 5 e 6 (A1, Clementino e Beira Rio 8, respectivamente).

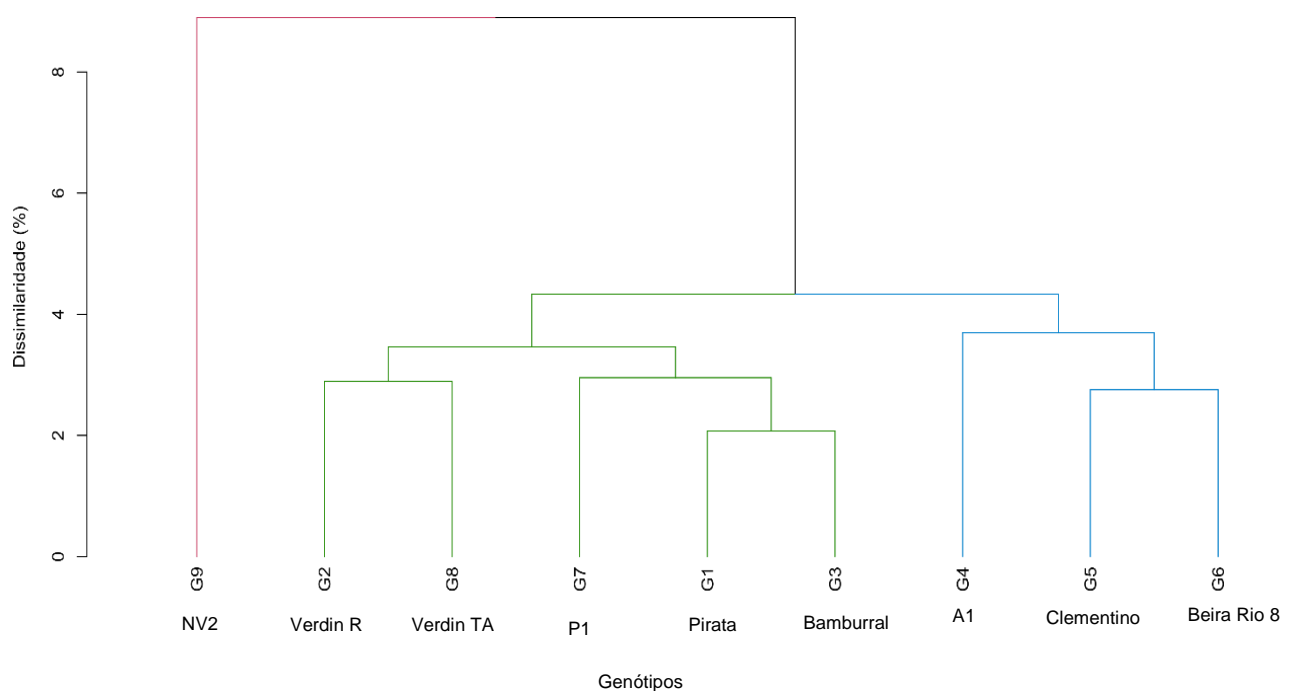


FIGURA 2. Dendograma representativo da dissimilaridade genética entre os nove genótipos de *Coffea canephora*, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância euclidiana, considerando os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*.

De acordo com o agrupamento formado pelo método UPGMA, calculou-se para grupo a média dos parâmetros F_0 , F_M , VJ, VI, ϕP_0 , ϕE_0 , ϕD_0 , ABS/RC, TR_0/RC , ET_0/RC , DI_0/RC , RC/CS_0 e PI_{ABS} obtendo dessa forma uma melhor visualização e discussão das possíveis diferenças que levaram a formação dos grupos (Tabela 3).

TABELA 3. Médias dos parâmetros JIP *test* de *Coffea canephora* por grupo formado pelo método UPGMA.

Parâmetros	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
F_0	651,6250	629,8998	653,7641
F_M	2776	2837	2967
VJ	0,5517625	0,501046	0,489858
VI	0,7987	0,780685	0,76954
ϕP_0	0,71655	0,590185	0,738498
ϕE_0	0,3238875	0,37009	0,366537
ϕD_0	0,283525	0,262593	0,264887
ABS/RC	2,530000	2,344428	2,403034
TR_0/RC	1,775487	1,705839	1,747738
ET_0/RC	0,7816	0,846831	0,866127
DI_0/RC	0,754725	0,636626	0,655325
RC/CS_0	308,4874	317,938	317,3534
PI_{ABS}	9,85050	13,87412	13,15191

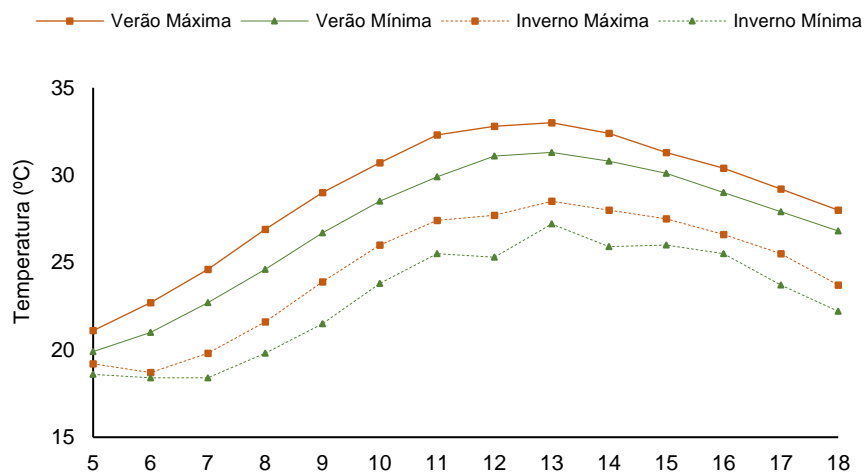
O primeiro grupo é representado exclusivamente pelo genótipo 9 (NV2), caracterizado pelos maiores valores dos parâmetros VJ e VI e menores do índice de desempenho (PI_{ABS}). O segundo grupo composto pelos genótipos 1, 2, 3, 7 e 8 (Pirata, Verdin R, Bamburral, P1 e Verdin TA, respectivamente) apresentou maiores valores de médias para F_0 , ϕP_0 , ABS/RC, ABS/RC e DI_0/RC . O terceiro grupo constituído pelos genótipos 4, 5 e 6 (A1, Clementino e Beira Rio 8, respectivamente) apresentou médias maiores para F_0 , F_M e VJ, Fluxos de rendimentos quânticos de fluxo de energia (ϕP_0) e ET_0/RC (Tabela 3).

Alguns parâmetros apresentaram similaridade nos três grupos, como o VI e o ϕD_0 . Outros apresentaram maior similaridade nos grupos 2 e 3, como por exemplo nos parâmetros ϕE_0 , ET_0/RC , RC/CS_0 e PI_{ABS} .

Durante a execução do presente estudo, as temperaturas observadas durante o verão foram superiores às do período do inverno (Figura 3B). No verão, os gráficos demonstram que no início da manhã, às 5h a temperatura foi registrada em tronco de (21,1 a 19,9°C) e a radiação 1,3 KJm², e as 7h foi possível verificar um aumento (chegando até 24°C), sendo as 12h o maior valor registrado (com temperatura média de 32°C). Ao final do dia, às 17h houve um acentuado decaimento reduzindo a temperatura à média de 28°C.

No inverno, a temperatura e a radiação solar foram mais amenas em relação ao período de verão. No início da manhã, às 5h, a temperatura estava em torno de 18,6 a 19,2°C, sem registro de radiação neste horário, apresentando registros apenas por volta das 7:00h, nesse horário as temperaturas se marcaram em torno de 19,8°C. No horário seguinte de avaliação (12:00h), houve aumento chegando a 28,5°C, seguido por um pequeno decaimento da temperatura marcando 23,7°C (Figura 3A).

(A)



(B)

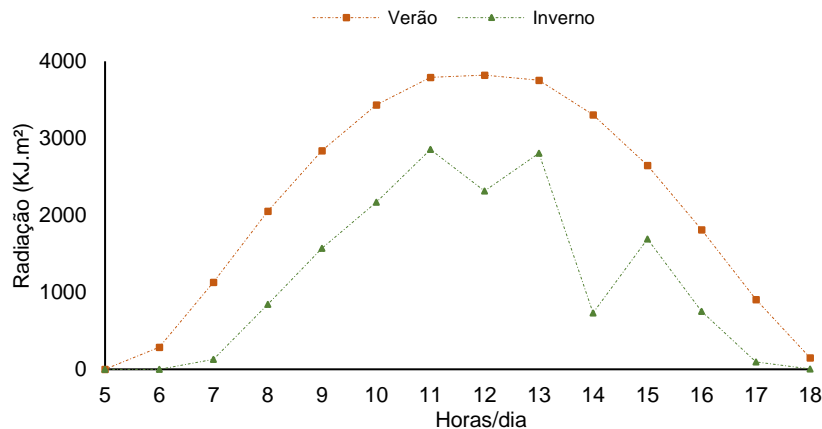


FIGURA 3. (A) Curva diária de Temperatura máxima e mínima e (B) Radiação nas épocas do experimento (verão/19 e inverno/20). São Mateus – ES.

2.1.3.2 Cinética de emissão das curvas OJIP

As avaliações de genótipos de *C. canephora* (três grupos formados conforme a similaridade pelo método UPGMA foram realizadas em duas épocas distintas (verão/2019 e inverno/2020), em três horários durante o dia, pela manhã (7:00h), meio-dia (12:00h) e à tarde (17:00h). Foi observado através das curvas OJIP que independente da época do ano, todas as plantas permaneceram fotossinteticamente ativas, com aumento polifásico característico no nível basal O (fluorescência inicial F_0) até o nível máximo P (fluorescência máxima F_M), com pontos intermediários J e I bem definidos (Figura 4A-F).

No verão, no grupo 1, houve aumento da fluorescência inicial (F_0) em todos os momentos de avaliação e acentuadas reduções de F_M , exceto para tarde. Nas curvas referentes ao meio-dia e a tarde a partir do ponto J até o P, houve decréscimo acentuado (Figura 4A). No grupo 2, houve incremento no ponto J para as avaliações da tarde e redução no ponto P para manhã e meio-dia (Figura 4B). E no grupo 3, houve incremento no ponto I até o ponto P para tarde e comportamento similar para manhã e meio-dia ao longo das fases OJIP (Figura 4C).

No inverno, para o grupo 1, reduções de F_0 foram encontradas nas curvas de meio-dia e tarde, e aumento acentuado no ponto J para o momento da tarde (horário 17h). No entanto, para manhã e meio-dia nesse ponto ocorre redução gradual até o ponto P (Figura 4D). Para o grupo 2, observa-se uma redução na manhã e meio-dia ao longo das fases seguintes da fluorescência, com aumento no ponto P apenas para as avaliações de meio-dia (Figura 4E). No grupo 3, houve aumento do ponto J para a avaliação da tarde e no ponto P para o meio-dia. A curva referente ao período da manhã, o grupo 3 apresentou redução ao longo das fases OJIP, com maior supressão no ponto J (Figura 4F).

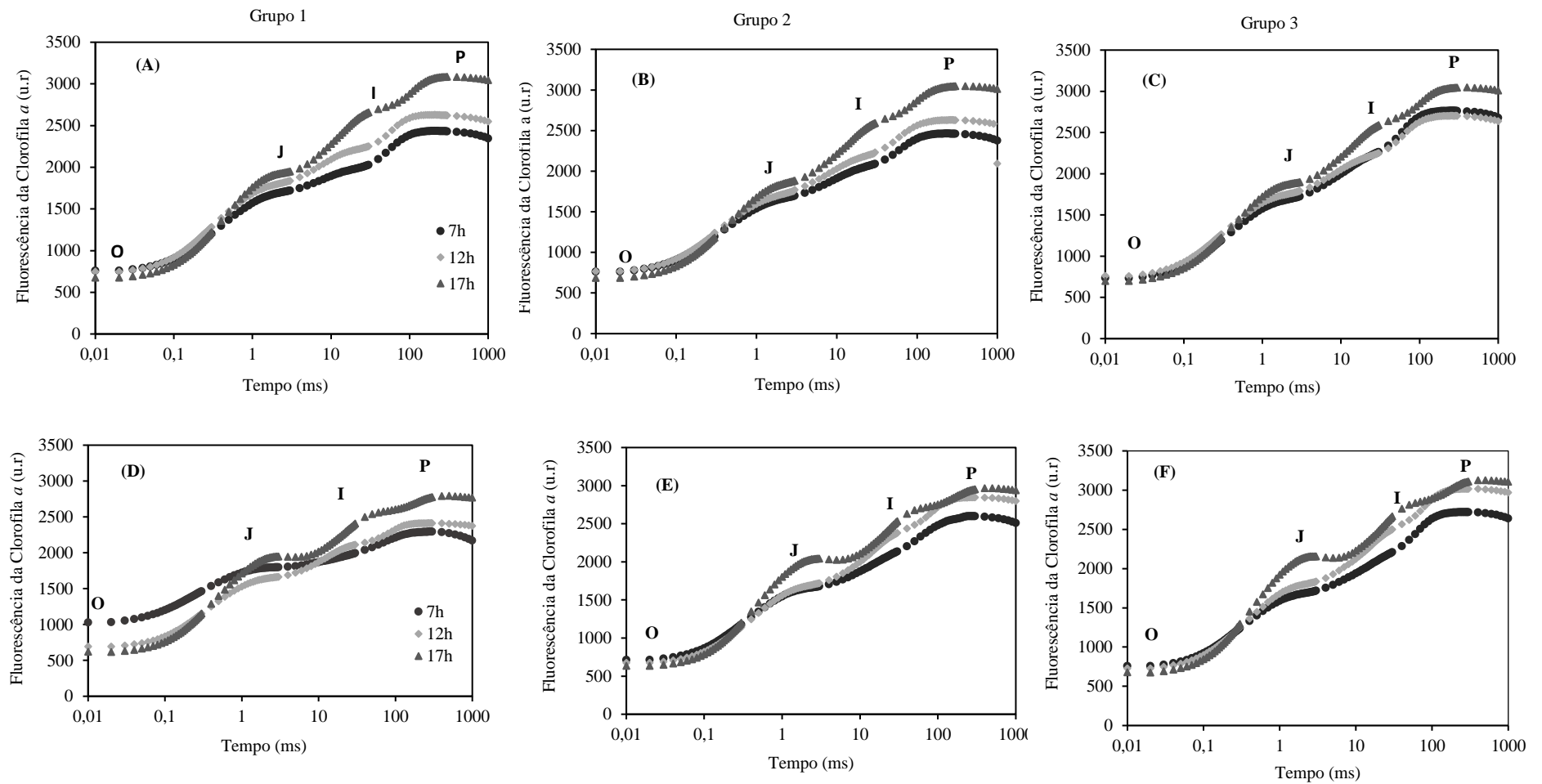


FIGURA 4. Intensidade da Fluorescência transiente da clorofila *a* (OJIP) conforme grupos formados pelo agrupamento de UPGMA de genótipos de *Coffea canephora* em duas épocas do ano: verão/19 (A-C) e inverno/20 (D – F) em três horários do dia manhã (7:00h), meio-dia (12:00h) e tarde (17:00h). O tempo está representado em escala logarítmica (ms). O tempo de adaptação ao escuro foi de 30 min.

As curvas foram duplamente normalizadas entre F_0 e F_M como $V_{OP} = (F_t - F_0) / (F_M - F_0)$, mostrando diferenças cinéticas ΔV_{OP} estabelecidas entre 0,01 e 300 ms a partir da normalização $\Delta V_{OP} = [V_{OP(\text{trat})} - V_{OP(7h)}]$ (Figura 5 e 6).

Quando analisada a fluorescência variável relativa da fluorescência da clorofila a entre V_J (2 ms) e V_I (30 ms) (V_{OP}) observa-se diferenças entre as épocas e os horários avaliados (Figura 5 e 6). No verão, no grupo 1, observou-se desvio positivo entre as fases O-J e J-I, onde a curva tem uma ligeira queda. Nas fases O-I e I-P, observa-se desvios negativos à tarde. No grupo 2, a banda J formou bandas negativas no período de meio-dia e a tarde nas fases O-J (Figura 5B). No grupo 3, os desvios indicam a formação da banda positiva (O-I) para o meio-dia e negativa para tarde (Figura 5C).

Para o inverno, no grupo 1 (Figura 6A), as bandas apresentaram-se como positivas nas fases O-J para tarde e negativas nas fases O-I. No grupo 2, os desvios foram caracterizados como negativos nas fases O-I e J-I para tarde (Figura 6B). Para o grupo 3, desvios positivos encontrados à tarde e negativos para o meio-dia (Figura 6C).

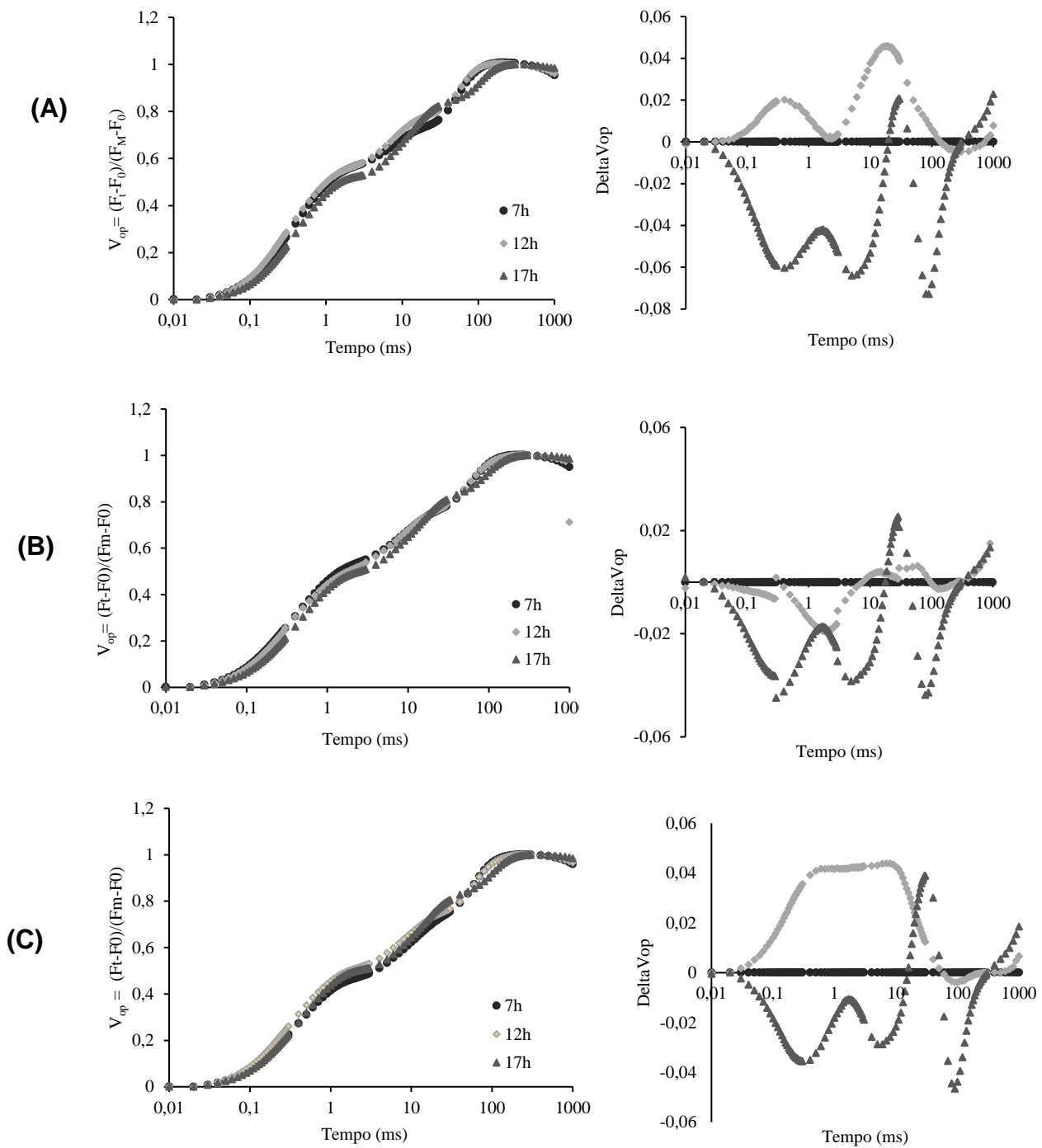


FIGURA 5. Indução da fluorescência variável relativa da clorofila a $V_{OP} = (F_t - F_0) / (F_M - F_0)$ e diferenças cinéticas (ΔV_{OP}) estabelecidos entre 0,01 e 1000 ms conforme grupos formados pelo agrupamento de UPGMA de genótipos de *Coffea canephora* na época do verão, em três horários do dia manhã (7:00h), meio-dia (12:00h) e tarde (17:00h). (A) Grupo 1, (B) Grupo 2, (C) Grupo 3. O tempo está representado em escala logarítmica (ms).

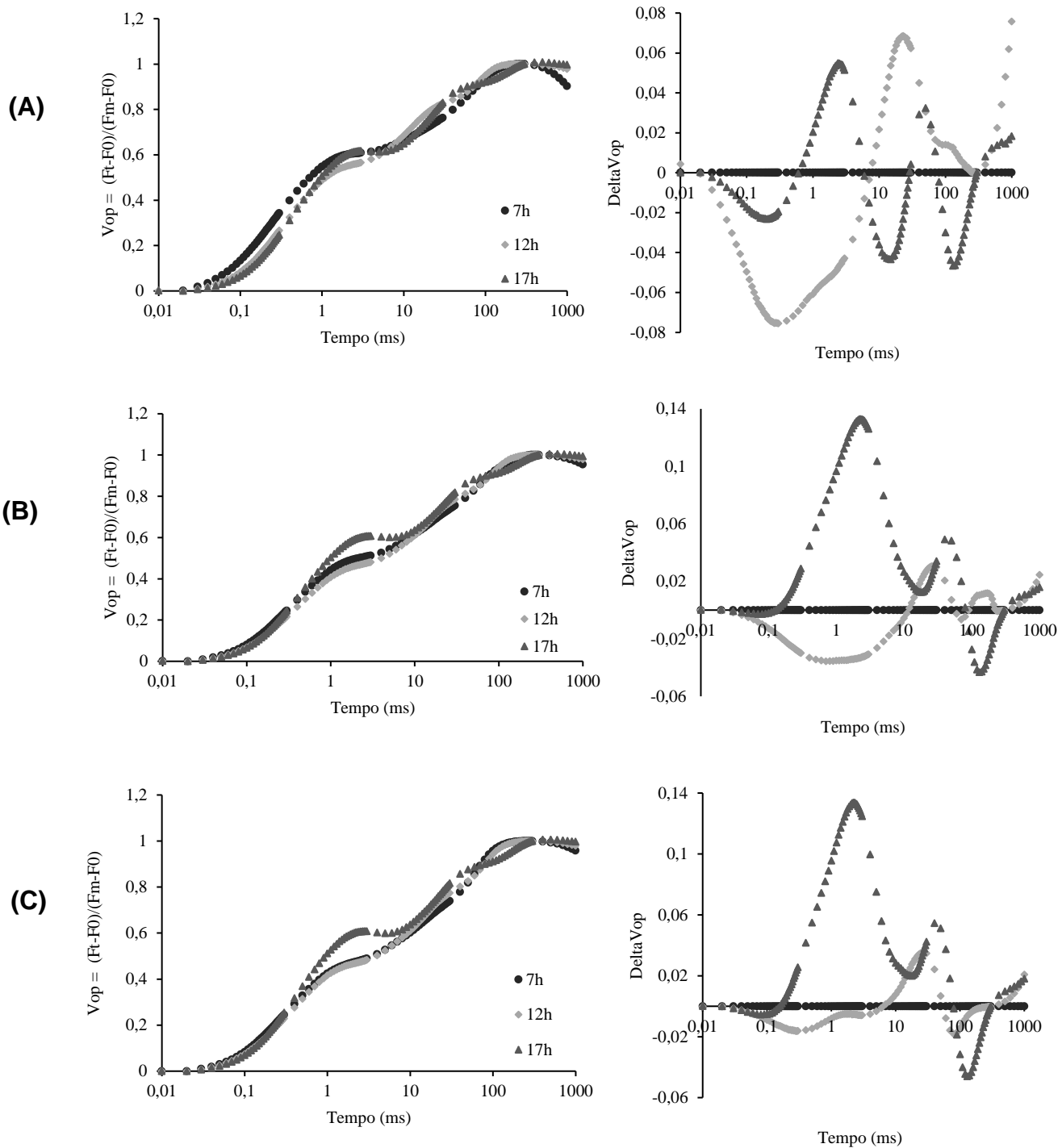


FIGURA 6. Indução da fluorescência variável relativa da clorofila a $V_{OP} = (F_t - F_0)/(F_m - F_0)$ e diferenças cinéticas (ΔV_{OP}) estabelecidos entre 0,01 e 1000 ms conforme grupos formados pelo agrupamento de UPGMA de genótipos de *Coffea canephora* na época do inverno, em três horários durante o dia manhã (7:00h), meio-dia (12:00h) e tarde (17:00h). (A) Grupo 1, (B) Grupo 2, (C) Grupo 3. O tempo está representado em escala logarítmica (ms).

2.1.3.2 Parâmetros do Teste JIP

Os parâmetros do Teste JIP foram calculados a partir de dados obtidos na curva OJIP (Figuras 7, 8 e 9). Todos os parâmetros utilizados e seus significados estão expostos na Tabela 2.

Em todos os grupos formados, o parâmetro F_0 apresentou uma tendência de valores mais elevados para o período da manhã e para o meio-dia. Ao contrário, F_M apresentou uma tendência de valores mais elevados apenas para tarde em ambas épocas (Figura 7). Para o período de inverno (época 2), observou-se tendência de aumento dos valores de VJ nos horários de maior luminosidade (12:00h) em todos os grupos avaliados, enquanto que VI o aumento ocorreu em períodos de menor luminosidade (17:00h) (Figura 7).

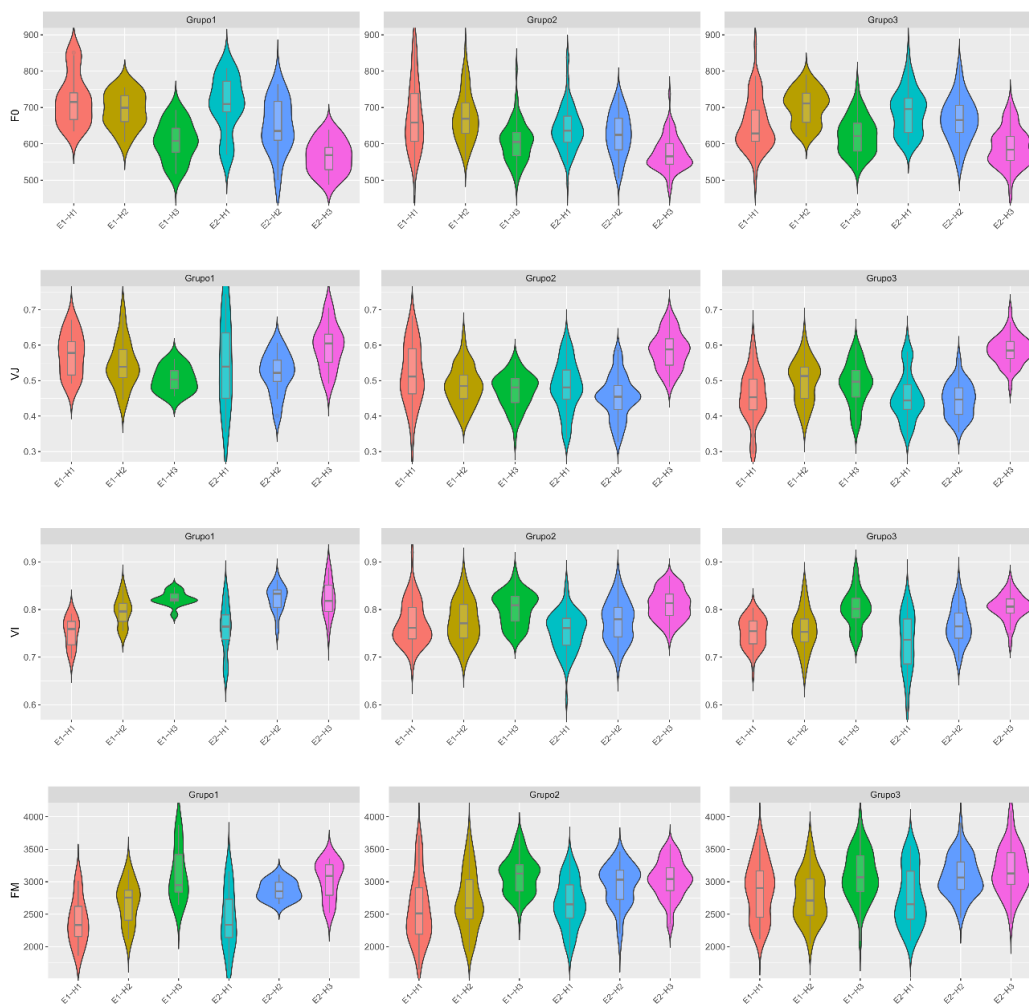


FIGURA 7. Distribuição F_0 , VJ, VI e F_M na visualização dos grupos definidos como Grupo 1 (G9: NV2), Grupo 2 (G1: Pirata; G2: Verdin R; G3: Bamburrall; G7: P1; G8: Verdin TA) e Grupo 3 (G4: A1; G5: Clementino; G6: Beira Rio 8) em duas épocas do ano (verão e inverno) e em três horários durante o dia em que os dados foram coletados. Cada cor representa uma condição (época x hora do dia). As linhas horizontais representam o percentil 0,25 e 0,75 de baixo para cima, a linha interna representa a mediana e a linha vertical representa a distribuição geral. Épocas do ano: E1 – Verão; E2 – Inverno. Horários: H1 – manhã (7:00 h); H2 – meio-dia (12:00 h); H3: tarde (17:00 h).

Para a medida do rendimento quântico da fotoquímica primário (ϕP_0), observou-se que o horário de menor luminosidade (17:00h ou tarde) apresentou maior tendência de elevação, independente da época avaliada ou grupo formado. Ao contrário, na eficiência quântica de energia de dissipação (ϕD_0), foram observadas tendências de reduções para o período da tarde, tanto no verão, como no inverno (Figura 8). Esse fato pode ser devido a adaptação que as plantas sofreram, promovendo uma inibição. Os valores da eficiência quântica para transferência de um elétron além da QA- (ϕE_0) mostraram-se com grande variação e com tendência de redução para o período da tarde apenas no inverno (Figura 8).

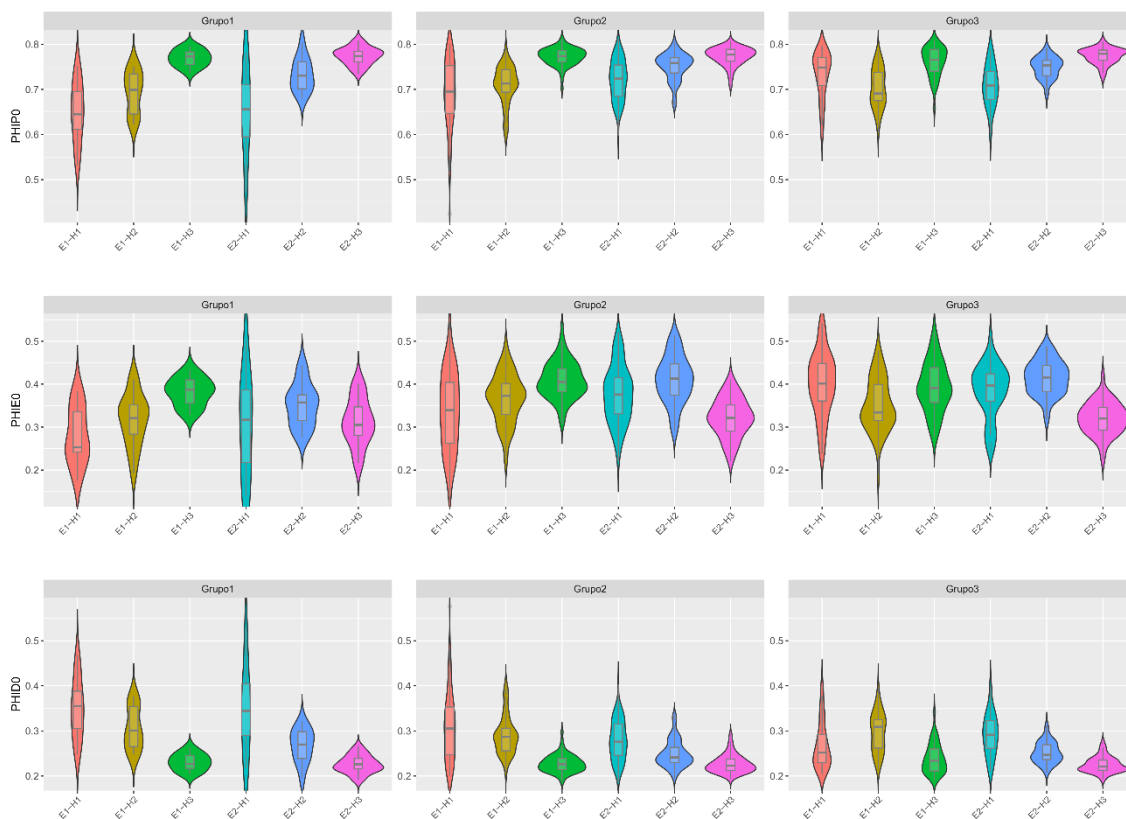


FIGURA 8. Distribuição ϕP_0 , ϕE_0 , e ϕD_0 na visualização dos grupos definidos como Grupo 1 (G9: NV2), Grupo 2 (G1: Pirata; G2: Verdin R; G3: Bamburral; G7: P1; G8: Verdin TA) e Grupo 3 (G4: A1; G5: Clementino; G6: Beira Rio 8) em duas épocas do ano (verão e inverno) e em três horários durante o dia em que os dados foram coletados. Cada cor representa uma condição (época x hora do dia). As linhas horizontais representam o percentil 0,25 e 0,75 de baixo para cima, a linha interna representa a mediana e a linha vertical representa a distribuição geral. Épocas do ano: E1 – Verão; E2 – Inverno. Horários: H1 – manhã (7:00 h); H2 – meio-dia (12:00 h); H3: tarde (17:00 h).

Quando analisados os parâmetros que descrevem os fluxos específicos de energia (fluxos por centro de reação do FSII), nota-se que ocorreu uma tendência de redução para o período da tarde nas épocas do verão e inverno, exceto, o parâmetro ET_0/RC no verão (Figura 9).

O fluxo de absorção (ABS/RC) e de captura de energia pelo centro de reação (TR_0/RC) apresentaram comportamento similar entre si, com tendências de maiores valores nos dois períodos. verão e no inverno nos períodos da manhã e meio-dia. O fluxo de transporte de elétrons (ET_0/RC) apresentou tendência de aumento no inverno no horário da manhã em todos os grupos formados.

O fluxo de energia dissipada por centro de reação (DI_0/RC) encontra-se com padrão semelhante para todos os grupos, evidenciando tendência de redução e aumento apenas para o grupo 1 no inverno e no período da manhã (Figura 9). A tendência de aumento observada em alguns horários para DI_0/RC , associados a menores valores de ET_0/RC levaram a uma diminuição no índice de desempenho (PI_{ABS}). Em todos os grupos, os horários e épocas apresentaram tendência de maiores valores, elevando-se a densidade dos centros redutores de QA (RC/CS_0) (Figura 9).

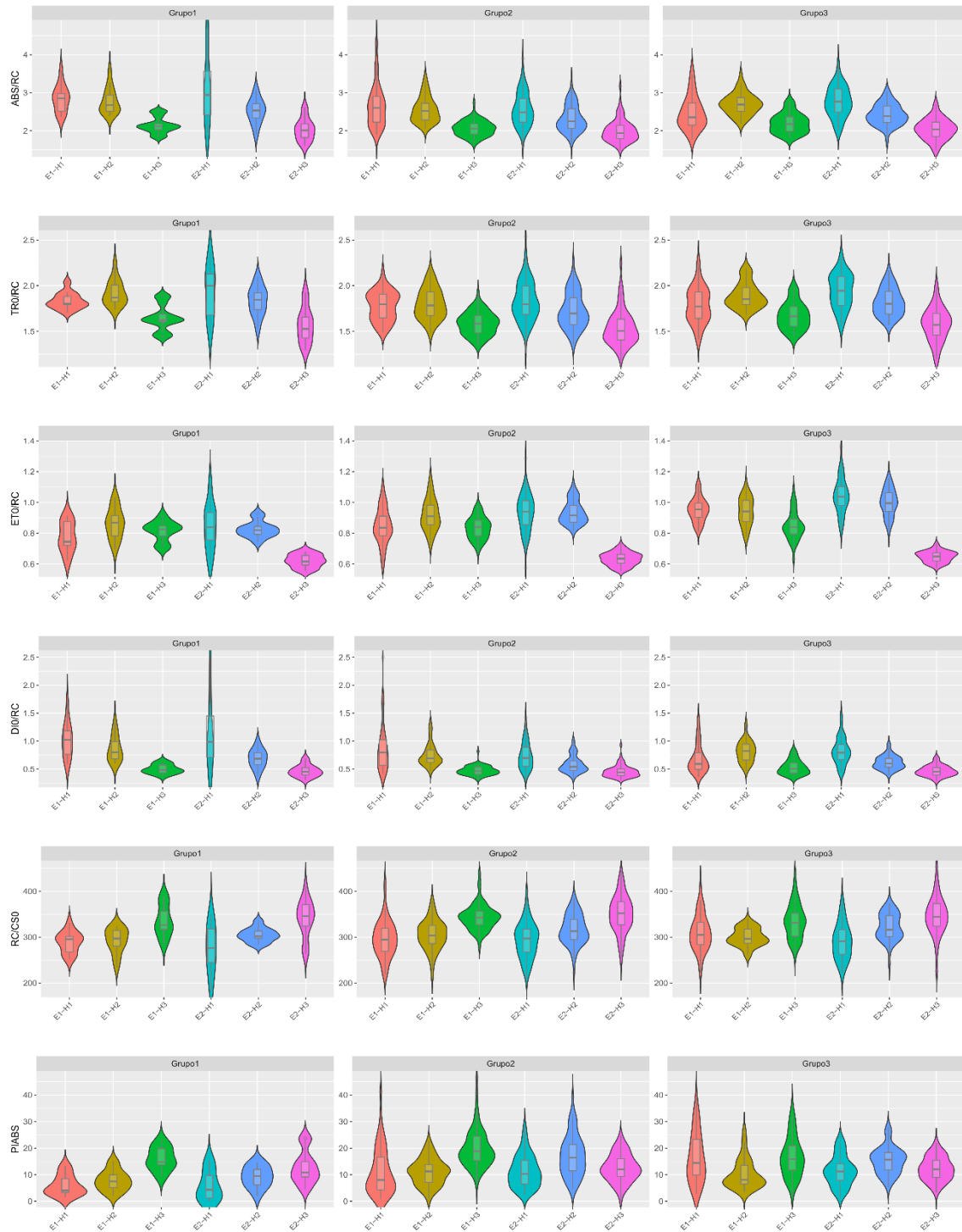


FIGURA 9. Distribuição ABS/RC, TRo/RC, ETo/RC, DIo/RC, RC/CS₀ e PI_{ABS} na visualização dos grupos definidos como Grupo 1 (G9: NV2), Grupo 2 (G1: Pirata; G2: Verdin R; G3: Bamburral; G7: P1; G8: Verdin TA) e Grupo 3 (G4: A1; G5: Clementino; G6: Beira Rio 8) em duas épocas do ano (verão e inverno) e em três horários durante o dia em que os dados foram coletados. Cada cor representa uma condição (época x hora do dia). As linhas horizontais representam o percentil 0,25 e 0,75 de baixo para cima, a linha interna representa a mediana e a linha vertical representa a distribuição geral. Épocas do ano: E1 – Verão; E2 –

Inverno. Horários: H1 – manhã (7:00 h); H2 – meio-dia (12:00 h); H3: tarde (17:00 h).

2.1.3.3 Análises morfoagronômicas (Atributos foliares)

As avaliações de genótipos de *C. canephora* (três grupos formados conforme a similaridade pelo método UPGA) para os atributos foliares foram realizadas em duas épocas distintas (inverno e verão), no período da manhã, para evitar danos aos tecidos foliares. Através dos testes apresentados foi possível observar nos grupos formados pelas características foliares, uma tendência de valores menos elevados no inverno e mais elevados no verão em todos os grupos (Figura 10). Apenas para o CRA que foi observado efeito contrário nas épocas avaliadas, apresentando tendência de decréscimo no verão, e aumento no inverno.

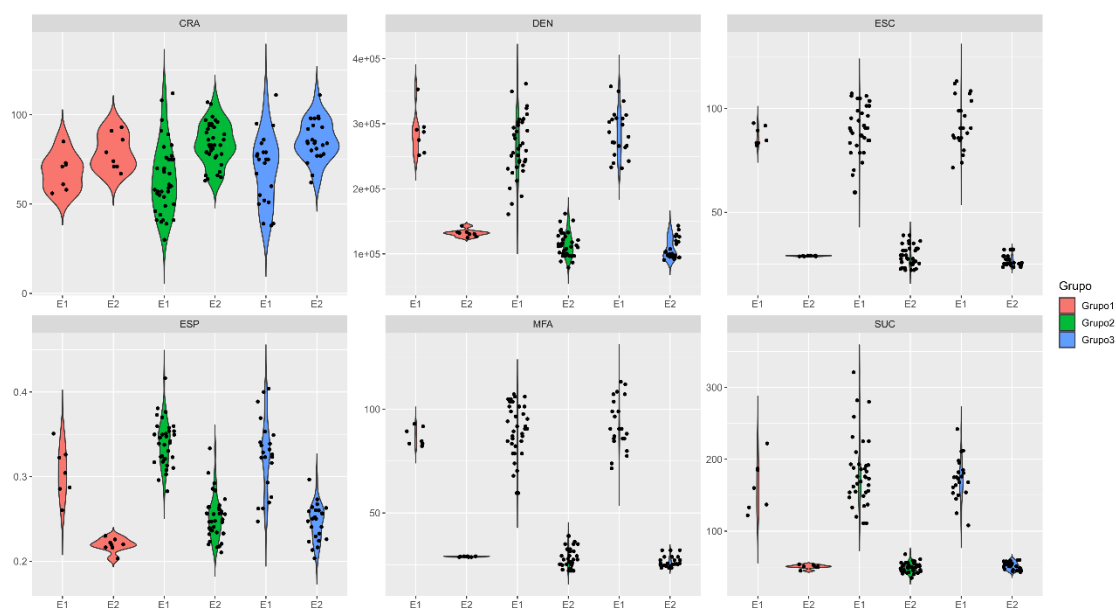


FIGURA 10. Distribuição ESP, SUC, MFA, DEN, ESC, CRA na visualização dos grupos definidos como Grupo 1 (G9: NV2), Grupo 2 (G1: Pirata; G2: Verdin R; G3: Bamburral; G7: P1; G8: Verdin TA) e Grupo 3 (G4: A1; G5: Clementino; G6: Beira Rio 8) em duas épocas do ano (verão e inverno). As linhas horizontais representam o percentil 0,25 e 0,75 de baixo para cima, a linha interna representa a mediana e a linha vertical representa a distribuição geral. Épocas do ano: E1 – Verão; E2 – Inverno. Horários: H1 – manhã (7:00 h); H2 – meio-dia (12:00 h); H3: tarde (17:00 h).

2.1.3.4 Análise Multivariada (PCA) e Correlação das variáveis

A correlação dos parâmetros fisiológicos e morfológicos estudados entre os nove genótipos apresentaram-se como moderadas, fortes e muito fortes, tanto positivas quanto negativas (Figura 11), segundo Devore (2006).

O parâmetro espessura (ESP) apresentou correlações muito fortes positivas com MFA (0,95), ESC (0,95) moderadas positivas com F_0 (0,59), ABS/RC (0,50) e DI_0/RC (0,58) e muito forte negativa com CRA (-0,95). A suculência (SUC) não apresentou nenhuma correlação muito forte com os demais parâmetros.

MFA apresentou correlação muito forte positiva com a esclerofila (ESC) atingindo o valor máximo ($p= 1,00$) sendo considerada perfeita. A Densidade (DEN) apresentou correlações muito forte positiva com ESC (0,96) e muito forte negativa com CRA (-0,94), ϕP_0 (-0,94) e ϕD_0 (0,94). Esclerofila apresentou correlação muito forte negativa com CRA (-0,98).

Para os parâmetros do teste JIP, F_0 apresentou correlação muito forte positiva com DI_0/RC (0,92) e F_M com ϕP_0 . VJ apresentou correlações negativas fortes com ET_0/RC (-0,86) e ϕE_0 (-0,88) e muito forte com PI_{ABS} (-0,90). Por outro lado, o VI não apresentou nenhuma correlação muito forte, apenas uma correlação forte negativa com ϕE_0 (-0,85).

Os parâmetros responsáveis pelos rendimentos quânticos de fluxo de energia apresentaram apenas uma correlação muito forte negativa (perfeita, $p= 1,00$) ϕP_0 x ϕD_0 . Os fluxos de energia por centro de reação apresentaram correlação muito forte positiva com DI_0/RC x ϕD_0 (0,95) e muito forte negativa com ABS/RC x RC/ CS_0 (-0,94). O índice de desempenho apresentou correlação muito forte negativa com VJ (-0,90) e positiva com ϕE_0 (0,90).

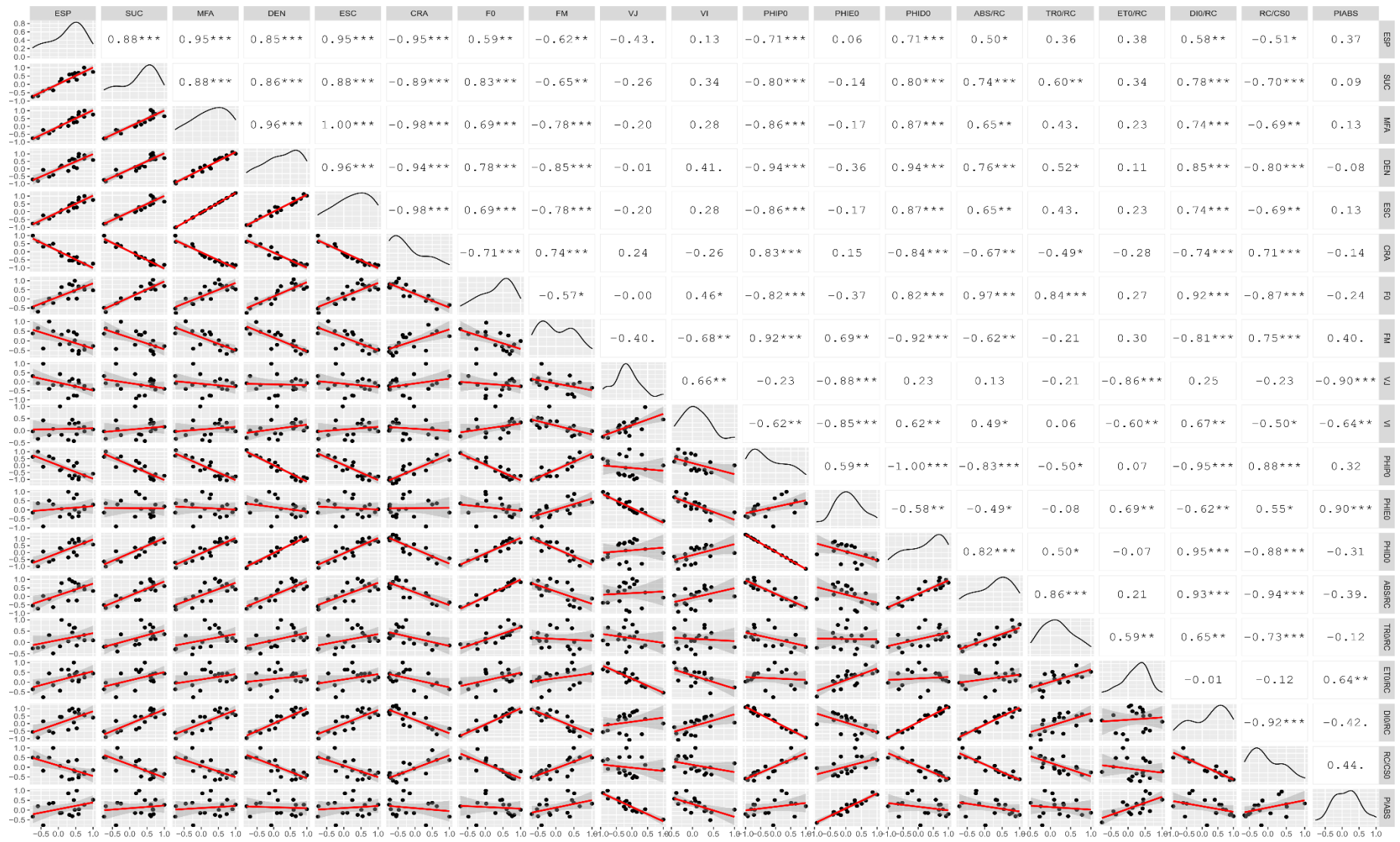


FIGURA 11. Correlação entre características fisiológicas e morfológicas estudadas entre nove genótipos.

A fim de complementar os resultados das correlações entre os parâmetros de fluorescência e atributos foliares, procedeu-se com a análise por componentes principais (PCA) ou análise multivariada (Figura 12 e 13; Apêndice 1). A análise de componentes principais (PCA) analisa as características morfológicas e fisiológicas de genótipos de *C. canephora* em duas épocas do ano (verão e inverno), indicando os parâmetros do Teste JIP e atributos foliares mais influentes.

Os primeiros gráficos de PCA (Figura 12 e 13) analisaram todos os dados dos nove genótipos, agrupando as horas no caso dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* e adicionando os atributos, portanto nos gráficos são observados somente épocas e genótipos. Para isso, dezenove variáveis permitem separar as épocas verão e inverno (Figura 12 A e B).

A análise de componentes principais explicou 77,2% da variação total dos dados em função das características morfológicas e fisiológicas e as duas épocas de avaliação, explicando nos eixos 1 e 2 (53,3% e 23,9%, respectivamente) (Figura 12A e 12B).

A partir da distribuição dos genótipos nos eixos 1 e 2, houve a formação de dois grupos distintos. No lado direito os genótipos influenciados pelo verão e no lado esquerdo os genótipos influenciados pelo inverno (Figura 12A; Apêndice 1).

Para as características morfológicas e fisiológicas (Figura 12B; Apêndice 2), o primeiro eixo foi identificado com parâmetros apenas da fluorescência, tendo como as variáveis de maior correlação com esse eixo: ϕE_0 , ET_0/RC , VJ , F_M e VI . O segundo eixo foi relacionado às variáveis de atributos foliares como CRA , ESP , ESC , SUC , MFA , DEN e os atributos fisiológicos ϕP_0 , F_v/F_0 , ABS/RC , ϕD_0 , F_0/FM , DI_0/RC e F_0 . O parâmetro TR_0/RC teve menor contribuição, podendo ser observado sua força de correlação no apêndice 2.

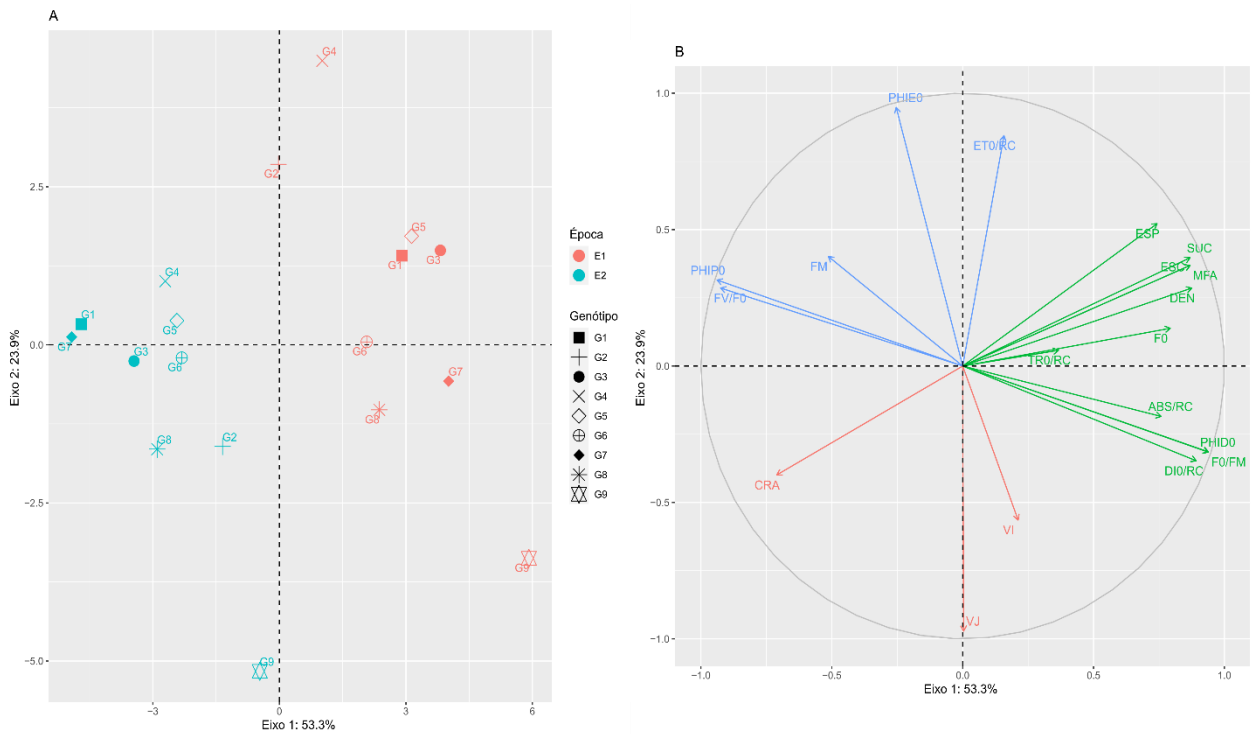


FIGURA 12. Análise de componentes principais de características morfológicas e fisiológicas de nove genótipos de café em duas épocas do ano. Dezenove variáveis permitem separar a época 1 (verão) da época 2 (inverno) (A). As setas representam cada variável com vários comprimentos com base no impacto de cada característica nos agrupamentos de genótipos (B). E1: verão; E2: inverno.

O segundo gráfico de PCA é destinado a analisar as variáveis fisiológicas dos nove genótipos de *C. canephora*, mostrando uma relação entre as avaliações realizadas ao longo do dia, em três horários e em duas épocas de coleta (verão e inverno) (Figura 13). Neste caso, somente os dados de fluorescência da clorofila *a* foram usados, uma vez que os dados referentes aos atributos foram analisados somente em um momento do dia.

Análise de componentes principais explicou 90,2% da variação do conjunto total (Figura 13). O eixo 1 explicou 68% da variância dos dados, enquanto o eixo 2 explicou apenas 22,2%. De acordo com a distribuição dos genótipos nos eixos, observou-se intensa variação na formação dos grupos. Destaca-se, no lado esquerdo inferior, a formação de um grande grupo composto pelo horário da tarde (H3) e a época do inverno. Acima, a formação de um grupo composto pelo horário da tarde, porém referente ao verão. No lado direito, houve maior variação na formação dos grupos, com destaque para horário da manhã (H1) e do meio-dia (H2), nas épocas do verão e do inverno (Figura 13).

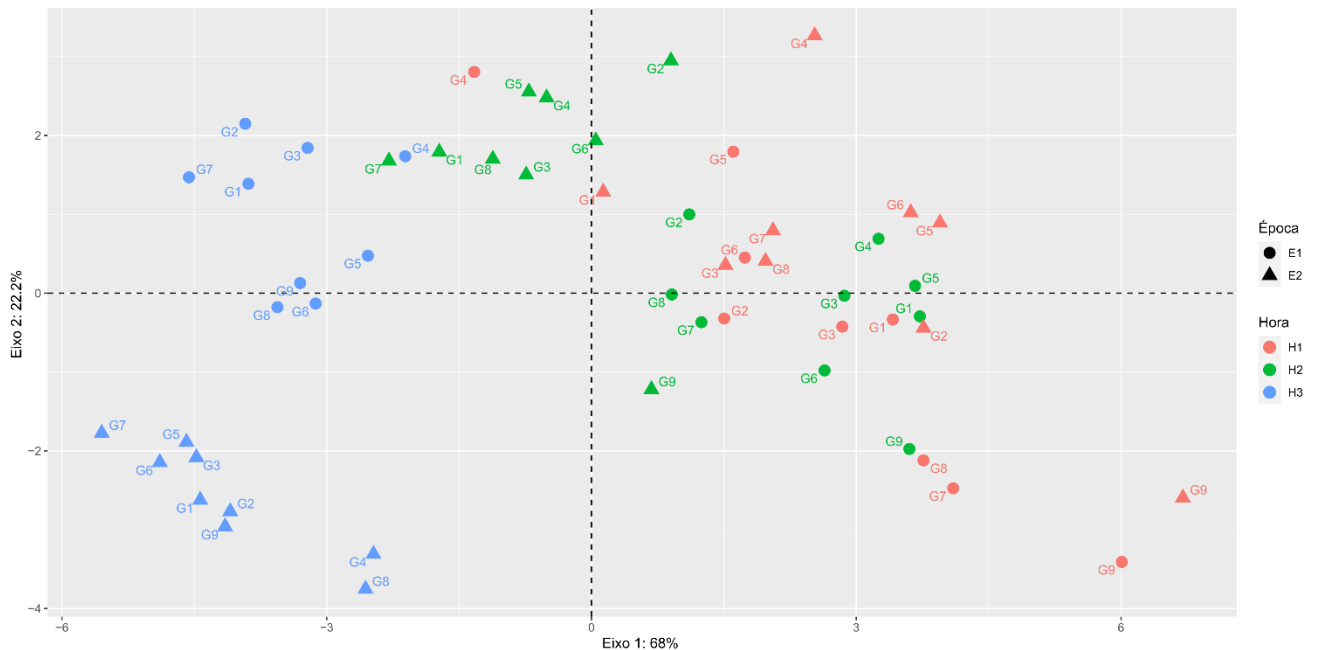


FIGURA 13. Análise de componentes principais de variáveis fisiológicas de nove genótipos de café ao longo do dia em duas épocas. E1: verão; E2: inverno. H1: manhã (7:00 h); H2: meio-dia (12:00 h); H3: tarde (17:00 h).

2.1.4 Discussão

Apesar da variação encontrada em épocas mais quentes e outras com temperaturas mais amenas, nota-se de acordo com Fortunato et al. (2010), Partelli et al. (2011) e Ramalho et al. (2014) tolerância positivas em genótipos de *Coffea* ao longo dessas épocas.

Em estudos sobre *Coffea canephora*, Partelli et al. (2013) destacam características importantes relacionadas a variação sazonal em cafezais, em que temperaturas abaixo de 13° e 17°C juntamente com restrições hídricas, podem afetar a componentes fotossintéticos dessas plantas, reduzindo a condutância estomática, fotossíntese, eficiência fotoquímica do fotossistema II, dentre outras. Tais mudanças podem interferir e provocar danos em alguns casos nas plantas, já em outros casos a planta consegue se aclimatar a essa condições de temperatura, resultando em menores prejuízos (RAMALHO et al., 2003; FORTUNATO et al., 2010). Alguns autores relatam que temperaturas baixas em plantas de *Coffea canephora*, podem promover uma aclimação em todas as plantas (RAMALHO et al., 2003). Essa afirmação também é indicada pelos autores (NIE e BAKER, 1991; GORSUCH et al., 2010) sobre a aclimação após uma exposição de frio.

As plantas são capazes de lidar com os estresses ambientais, mantendo de certa forma o funcionamento eficiente de todos os parâmetros fotossintéticos, devido a uma gama de mecanismos complementares que possuem a capacidade de proteger as células e todo aparelho fotossintético (BATISTA-SANTOS et al., 2011).

O agrupamento dos genótipos pelo método UPGMA, mediante os parâmetros JIP, permitiram destacar, neste estudo, características similares ou diversidade genética nos grupos formados (FORINA et al., 2007; CHONG; LEE; LING, 2013; GOES et al., 2020). Esse estudo de diversidade genética através de técnicas multivariada é muito importante no planejamento e nas etapas posteriores de trabalho em programas de melhoramento (GUEDES et al., 2013; MACHADO et al., 2017). Diante disso, é evidente que os parâmetros JIP mostraram-se informativos nas avaliações em diferentes épocas e na formação dos grupos ou clusters (CHIANGOA et al., 2021).

A curva típica polifásica OJIP da fluorescência da clorofila *a* fornece informações importantes sobre estrutura e funcionamento do aparato fotossintético das plantas (YUSUF et al., 2010). Os transientes OJIP são muito sensíveis a luz e, nesse estudo, fica claro o quanto os períodos de maior luminosidade (7:00 h e 12:00h) suprimiram os pontos J, I e P (GONÇALVES et al., 2010; ZIVCAK et al., 2015; SERÔDIO et al., 2021). Essa supressão pode ser atribuída, principalmente, à inibição do transporte de elétrons no lado doador do FSII ou redução no tamanho do *pool* de plastoquinona A (QA), resultando num bloqueio parcial de fluxo de energia (MEHTA et al., 2010).

As condições ambientais (abióticas e bióticas) como, por exemplo, luz, temperatura, umidade do ar podem afetar o desempenho das plantas no campo, além dos processos fotoquímicos e bioquímicos da fotossíntese (KALAJI et al., 2012; 2016; TAIZ et al., 2017). Além disso, as plantas podem desenvolver alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos, mudanças estruturais nas folhas, as quais podem ser quantificadas por sinais da fluorescência da clorofila *a* e atributos foliares (BAKER e ROSENQVST, 2004; STIRBET e GOVINDJEE, 2011). Estudos indicam que o fotossistema II é o mais atingido por estresse de temperaturas altas e baixas (FALQUETO et al., 2010; PERBONI et al., 2015).

As normalizações da fluorescência da clorofila *a* permitem realizar uma melhor avaliação do comportamento polifásico das curvas OJIP (STRASSER et al., 2010). O aparecimento da banda positiva é considerado um bom indicador na identificação de

distúrbios fisiológicos, antes mesmo que estes apresentem manifestações visuais. Banda positiva implica no menor agrupamento energético entre as unidades de FSII (STRASSER et al., 2004; XIANG et al., 2013), sendo que quanto mais positiva, menor a conectividade.

Nos meses mais quentes da região (ALVARES et al., 2013), os desvios negativos resultaram num aumento na capacidade de re-oxidar o *pool* de QA para o QB (MARTINS et al., 2015). O Mesmo comportamento é encontrado por Pinheiro et al. (2012), que observaram o desvio negativo nos horários mais frescos, com um incremento de QA no estado oxidado, sugerindo aumento na capacidade de reoxidar o *pool* de quinonas. As bandas positivas nos horários mais quentes indicam um distúrbio nas membranas dos tilacóides, reduzindo a conectividade entre os centros de reações do FSII, podendo ser observado devido a Redução do parâmetro ABS/RC no período da tarde e meio-dia, ao qual indica uma forma de defesa a um possível estresse luminoso. Os valores de F_0 e F_M também são bons indicadores de efeitos causados por estresses ambientais na maquinaria fotossintética (KALAJI et al., 2017).

O teste JIP fornece informações relevantes na análise do comportamento do FSII sob estresse ambiental (KALAJI et al., 2016). De acordo com Han et al. (2009), Ohada et al. (2011) e Schansker et al. (2014), o rendimento quântico máximo do PSII (ϕP_0), fluorescência inicial (F_0) e fluorescência máxima (F_M), o fluxo de energia dissipada por RC (DI_0/RC) e o índice de desempenho (PI_{ABS}) são considerados parâmetros sensíveis a possíveis variações, como por exemplo, temperatura e radiação, sendo os mais utilizados na identificação da fotoinibição.

Valores altos para F_0 podem indicar destruição do centro de reação (RC) do FSII ou uma certa incapacidade na transferência de energia da antena para os RC (BAKER e ROSENQVST, 2004). Diante disso, o fluxo de elétrons entre quinona A (QA) e quinona B (QB) diminui, resultando numa redução da captura de energia do FSII (PAUNOV et al., 2018). Sinais de fotoinibição resultantes de condições ambientais podem provocar algum tipo de estresse (PERBONI et al., 2015), mesmo em plantas cultivadas em pleno sol como neste experimento, em que a temperatura máxima foi de 31°C para os meses mais quentes (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) da região, tendo uma maior incidência de luminosidade devido à época ser característica de verão (dias mais longos), favorecendo aumento de F_0 (BRESTICA et al., 2012; CHEN et al., 2015;).

Aumento de F_M no horário da tarde revelou que plantas que recebem menor intensidade luminosa não afetam o *pool* de plastoquinona na cadeia transportadora de elétrons (JANUSAUSKAITE e FEIZIENE, 2012). Entretanto, reduções nos períodos de maior luminosidade como meio-dia, pode indicar que as plantas sofreram algum tipo de estresse, resultando na redução da eficiência de energia e do pool de plastoquinona (PAUNOV et al., 2018).

A região onde os genótipos foram instalados é caracterizada por apresentar as épocas com verão e inverno marcantes, com dias longos no verão e dias curtos no inverno, bem como sinais de temperatura, UR% e radiação observados na Figura 1. A radiação elevada, quando combinada com outros fatores ambientais, contribui para diminuição da capacidade fotossintética, podendo haver inibição (DALMOLIN et al., 2015), que por sua vez, pode influenciar de diferentes formas no desenvolvimento das plantas (CARON et al., 2014).

Os valores de ϕP_0 representam a eficiência fotoquímica do FSII (CHEKANOV et al. 2018) e sua redução indica deficiência da transferência de elétrons (JIANG et al., 2008). Reduções encontradas em ϕE_0 podem ser um indicativo de danos fotoinibitórios, representando uma regulação fotoprotetora reversível ou uma inativação irreversível do FSII (JIANG et al., 2008). Além disso, segundo Mathur et al. (2013), essa redução pode ser resultado de uma transmissão inadequada dos elétrons e podem ser refletidas no aumento da perda de energia por dissipação (ϕD_0) (HERMANS et al., 2003; OUKARROUM et al., 2009).

O aumento da energia total dissipada, como calor, pelo centro de reação (Dl_0/RC) e o ϕD_0 no período da manhã (7h), no inverno, podem indicar uma redução de centro de reação ativos que não conseguiram encaminhar os elétrons para a plastoquinona (KALAJI et al., 2017). A dissipação da energia de excitação na forma de calor (ϕD_0) evita a fotoinibição, funcionando com mecanismo fotoprotetor (CHEN et al., 2015; KALAJI et al., 2017). Por outro lado, a redução da energia de dissipação pode ser percebida como uma melhor eficiência do uso de energia, perdendo menos como dissipação de calor, podendo ser refletida como uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

O aumento observado em ET_0/RC e ϕE_0 indicam que a fração dos centros de reação ativa foi inativada e sua redução indica que a cadeia transportadora de elétrons foi comprometida (REDILLAS et al., 2011). Redução do parâmetro ABS/RC no período

da tarde e meio-dia, indicam uma forma de defesa a um possível estresse luminoso. Esse estresse ocasiona alteração no tamanho do sistema da antena do FSII, causando a inativação dos centros de reação (KALAJI et al., 2018) e tem relação direta com RC/CS₀. Aumento em TR₀/RC proporcional ao aumento de ABS/RC pode indicar comprometimento no complexo de evolução de oxigênio (TAKAHASHI e MURATA, 2008). Além disso, o aumento do TR₀/RC induz que toda a QA foi reduzida, porém, não foi capaz de oxidar de voltar devido sofrer algum fator de estresse com isso, a reoxidação de quinona A reduzida (QA-) é inibida, não havendo acúmulo e não conseguindo transferir elétrons com eficiência para a QB (RATHOD et al., 2011).

O PI_{ABS} é o parâmetro do teste JIP regulado pela absorção de energia (ABS), captura de energia de excitação (TR) e conversão de energia de excitação (ET) (CHEN et al., 2014). Este parâmetro representa o desempenho de todos os processos fotoquímicos relacionados ao FSII. Tal parâmetro é considerado um indicador da vitalidade da planta, principalmente no que se refere aos efeitos de variadas condições ambientais (STRASSER et al., 2004; REDILLAS et al., 2011; STIRBET et al., 2014). A redução de PI_{ABS} no período da manhã sugere uma diminuição no desempenho fotossintético associado à redução da capacidade de transporte de elétrons (KALAJI et al., 2018). Além disso, a redução pode ser considerada um indicativo de que houve uma tensão negativa sobre o sistema, resultando em danos na atividade do FSII e FSI (YUSUF et al., 2010).

De forma geral, os atributos foliares através de suas características podem refletir uma variação ambiental da planta no ambiente, além de estarem diretamente relacionadas a processos como de produtividade e nutrientes (REICH et al. 1992; DÍAZ et al., 2004). O aumento na espessura das folhas, nesse caso, ocorreu nas folhas coletadas e avaliadas no verão, época marcada por maior luminosidade e alta precipitação (MELO JÚNIOR e BOEGER, 2016). Além disso, a espessura tem relação direta com a suculência, representando a capacidade dos tecidos foliares armazenarem água (MELO JÚNIOR e BOEGER, 2016). Os autores Rosado e De Mattos (2007) analisaram algumas características foliares como ESP, SUC, MFA e outros, em uma comunidade vegetal de área de restinga e concluíram que houve maiores valores para esses atributos nos meses mais secos do ano, semelhante ao encontrado no presente estudo, exceto para CRA.

Os dados permitem demonstrar o quanto há variabilidade em cada grupo de genótipo em resposta a estímulos ambientes ao longo do dia e no decorrer das épocas

do ano (verão e inverno). Além disso, mostra como as curvas OJIP podem ser modificadas sob diferentes situações (MEHTA et al., 2010; YUSUF et al., 2010; KALAJI et al., 2018; PAUNOV et al., 2018). Características importantes são apresentadas através dos atributos foliares (características das folhas), permitindo inferir sobre a disponibilidade de recursos e as características marcantes em genótipos na área de estudo (DÍAZ et al., 2004; CHATURVEDI et al., 2011).

2.1.5 Conclusão

A divergência genética foi evidenciada entre os nove genótipos de *Coffea canephora* avaliados. Portanto, a população mostra potencial para futuro fins de reprodução de plantas.

A análise da fluorescência transiente da clorofila *a* revelou diferenças fisiológicas referentes às duas épocas do ano.

O genótipo 9 (NV2) pertencente ao Grupo 1 apresentou maior dissemelhança, apresentando-se em cluster (grupo) isolado em comparação aos demais em ambos métodos.

Os parâmetros do teste JIP demonstraram através dos dados, tendências de aumento e redução para os horários avaliados, com maior variação para a tarde (17:00h), ocorrendo independente da época do ano.

Os atributos foliares apresentaram tendência de valores menos elevados no inverno e mais elevados no verão em todos os grupos.

As análises referentes às correlações e componentes principais evidenciaram características de maior correlação neste estudo para atributos foliares e parâmetros do Teste JIP.

2.1.6 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, n. 6, p. 711-728, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

AWASTHI, R.; BHANDARI, K.; NAYYAR, H. Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. **Frontiers in Environmental Science**, v. 3, p. 11, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2015.00011>

BAKER, N.R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.1607-1621, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh196>

BARRS, H.D.; WEATHERLEY, P.E. A Re-Examination of the Relative Turgidity Techniques for Estimating Water Deficits in Leaves. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 15, p.413-428. 1962. Doi: <http://dx.doi.org/10.1071/B19620413>.

BATISTA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; PEREIRA, F.J.; CARVALHO, G.R.; CASTRO, E.M. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agrônômica**, v 41, p. 475-481, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300022>

BATISTA-SANTOS, P.; LIDON, F. C.; FORTUNATO, A.; LEITÃO, A. E.; LOPES, E.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.I.; RAMALHO, J.C. The impact of cold on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp.—Photosystem sensitivity, photoprotective mechanisms and gene expression, **Journal of Plant Physiology**, n. 168, v.8; p. 792-806, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.11.013>

BAYAT, L.; ARAB, M.; ALINIAEIFARD S.; SEIF, M.; OKSANA, L.; LI, T. Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. – **AoB Plants**, v. 10, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply052>

BERTAMINI, M.; MUTHUCHELIAN, K.; NEDUNCHEZHIAN, N. Low night temperature effects on photosynthetic performance on two grapevine genotypes. **Biologia Plantarum**, v.51, p.381-385, 2007. Doi: [10.1007/s10535-007-0080-2](https://doi.org/10.1007/s10535-007-0080-2).

BRESTICA, M.; ZIVCAK, M.; KALAJI, H. M.; CARPENTIER, R.; ALLAKHVERDIEV, S. I. Photosystem II thermostability in situ: environmentally induced acclimation and genotype-specific reactions in *Triticum aestivum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.57, p.93-105, 2012. Doi: [10.1016/j.plaphy.2012.05.012](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.05.012).

BUONASERA, K.; LAMBREVA, M.; REA, G.; TOULOUPAKIS, E.; GIARDI, M. T. Technological applications of chlorophyll a fluorescence for the assessment of environmental pollutants. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 4, n.401, p.1139-1151, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-011-5166-1>.

BUSSOTTI, F.; DESOTGIU, R.; CASCIO, C.; POLLASTRINI, M.; GRAVANOVA, E.; GEROSA, G.; MARZUOLI, R.; NALI, C.; LORENZINI, G.; SALVATORI, E.; MANES, F.; SCHAUBE, M.; STRASSER, R. J. Ozone stress in woody plants assessed with chlorophyll a fluorescence. A critical reassessment of existing data. **Environmental and Experimental Botany**, v.73, p. 19-30, 2011. Doi: [10.1016 / j.envexpbot.2010.10.022](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.022)

CAMARGO, M.B.P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000100030>

CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BUSANELLO, C. EFICIÊNCIA DO USO DA RADIAÇÃO SOLAR POR PLANTAS *Ilex paraguariensis* A. ST. HIL. CULTIVADAS SOB SOMBREAMENTO E A PLENO SOL. **Ciência Florestal**, 24(2), 257-265, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509814563>

CHATURVEDI, R. K.; RAGHUBANSHI, A.S.; SINGH, J.S. Plant functional traits with particular reference to tropical deciduous forests: A review. **Journal of Plant Ecology**, v.7, n.6, p. 544-558, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtt053>.

CHAVES, A.R.M.; TEN-CATEN, A.; PINHEIRO, H.A.; RIBEIRO, A.; DA MATTA, F.M. Seasonal changes in photoprotective mechanisms of leaves from shaded and unshaded Fieldgrown coffee (*Coffea arabica* L.) trees. **Trees**, v.22, n.3, p.351-361, 2008. Doi:10.1007/s00468-007-0190-7. 15. Doi:[10.1007/s00468-007-0190-7.15](https://doi.org/10.1007/s00468-007-0190-7.15).

CHEKANOV, K.; VASILIEVA, S.; SOLOVCHENKO, A.; LOBAKOVA, E. Reduction of photosynthetic apparatus plays a key role in survival of the microalga *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae) at freezing temperatures. **Photosynthetica**, v. 56, n. 4, p. 1268-1277, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0841-5>

CHEN, S.; KANG, Y.; ZHANG, M.; WANG, X.; STRASSER, R. J.; ZHOU, B.; QIANG, S. Differential sensitivity to the potential bioherbicide tenuazonic acid probed by the JIP-test based on fast chlorophyll fluorescence kinetics. **Environmental and Experimental Botany**, v.112, p. 1-15, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.11.009>.

CHEN, S.; STRASSER, R.J.; QIANG, S. In vivo assessment of effect of phytotoxin tenuazonic acid on PSII reaction centers. **Plant Physiol. Biochem.**, v. 84, p. 10–21, 2014. Doi: [10.1016/j.plaphy.2014.09.004](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.004)

CHIANGO, H.; FIGUEIREDO, A.; SOUSA, L.; SINCLAIR, T.; SILVA, J. M. Assessing drought tolerance of traditional maize genotypes of Mozambique using chlorophyll fluorescence parameters. **South African Journal of Botany**, v.38, p. 311 – 317, 2021. Doi: [10.1016/j.sajb.2021.01.005](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.01.005)

CHONG, C. Y.; LEE, S. P.; LING, T. C. Efficient Software Clustering Technique Using an Adaptive and Preventive Dendrogram Cutting Approach. **Information and Software Technology**, v.55, n.11, p. 1994-2012, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1631/FITEE.1500373>

CUCOLOTTO, M.; PIPOLO, V.C.; GARBUGLIO, D.D.; FONSECA JUNIOR, N. da S.; DESTRO, D.; KAMIKOGA, M.K. Genotype x environment interaction in soybean:

evaluation through three methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.270-277, 2007. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000600009>

DA MATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.55-81, 2006. Doi: [10.1590/S1677-04202006000100006](http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006).

DA MATTA, F.M.; RONCHI, C.P. MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.485-510, 2007. Doi: [10.1590/S1677-04202007000400014](http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014).

DA MATTA, F. M. **Coffee tree growth and environmental acclimation**. Chapter taken from: Lashermes, P. (ed.), *Achieving sustainable cultivation of coffee*, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2018 (ISBN: 978 1 78676 152 1; www.bdspublishing.com). DOI: <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0022.02>.

DALMOLIN, A. C.; THOMAS, S. E. O.; ALMEIDA, B. C.; ORTÍZ, C. E. R. Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento. **R. bras. Bioci.**, v. 13, n. 1, p. 41-48, 2015.

DEVORE, J.L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. São Paulo, SP: Thomson Pioneira, 2006. 706 p.

DÍAZ, S.; HODSON, J. G.; THOMPSON, K.; CABIDO, M.; CORNELISSEN, J. H. C.; JALILI, A.; MONTSERRAT-MARTÍ, G.; GRIME, J. P.; ZARRINKAMAR, F.; ASRI, Y.; BAND, S. R.; BASCONCELO, S.; CASTRO-DÍEZ, P.; FUNES, G.; HAMZEHEE, B.; KHOSHNEVI, M.; PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; PÉREZ-RONTOMÉ, M. C.; SHIRVANY, F. A.; VENDRAMINI, F.; YAZDANI, S.; ABBAS-AZIMI, R.; BOGAARD, A.; BOUSTAMI, S.; CHARLES, M.; DEGHAN, M.; TORRES-ESPUNY, L. D.; FALCZUK, V.; GUERREROCAMPO, J.; HYND, A.; JONES, G.; KOWSARY, E.; KAZEMI-SAEED, F.; MAESTROMARTÍNEZ, M.; ROMO-DÍEZ, A.; SHAW, S.; SIAVASH, B.; VILLAR-SALVADOR, P.; ZAK, M. R. The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. **Journal of Vegetation Science**, v.15, p.295-304, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02266.x>

FALQUETO, A. R.; SILVA, F. S. P.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; OLIVEIRA, A. C.; BACARIN, M. A. Fluorescência da clorofila em arroz: sondagem das mudanças induzidas pela senescência na atividade do PSII em variedades de arroz que diferem na capacidade de rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202010000100004>

FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FERREIRA, J. L.; CAIXETA, E. T.; CANIATO, F. F.; SETOTAW, T.; SANT'ANA, G. C.; FERREIRA, L. M. Genetic Diversity of *Coffea arabica*. **IntechOpen**, 2020. Doi: [10.5772 / intechopen.94744](https://doi.org/10.5772/intechopen.94744).

FORINA, M.; SILVA, L.; CASALE, M.; CERRATO, M. O. New Algorithm for Seriation and Its Use in Similarity Dendrograms. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.87, n.2, p. 262-274, 2007. Doi: [10.1016 / j.chemolab.2007.03.004](https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2007.03.004)

FORTUNATO, A.; LIDON, F.C.; BATISTA-SANTOS, P.; LEITÃO, A.E.; PAIS, I.P.; RIBEIRO, A.I.; RAMALHO, J.C. Biochemical and molecular characterization of the antioxidative system of *Coffea* sp. under cold conditions in genotypes with contrasting tolerance. **Journal of Plant Physiology**, 167, 333-342, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.10.013>

GAMA, T.C.P.; SALES JUNIOR, J.C.; CASTANHEIRA, D.T.; SILVEIRA, H.R.O.; AZEVEDO, H.P.A. Anatomia foliar, fisiologia e produtividade de cafeeiros em diferentes níveis de adubação. **Coffee Science**, v. 12, n. 1, p. 42-48, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v12i1.1195>.

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**, 72(2):127-132, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052013000200003>

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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.038>

GÓES, B. C.; GOES, R. J.; CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Análise Multivariada Da Soja Cultivada Sob Sistema Plantio Direto Em Coberturas Vegetais De Milheto E Sorgo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 14, n. 3, 283-298, 2020.

GOLTSEV, V.N.; KALAJI, H.M.; PAUNOV, M.; BABA, W.; HORACZEK, T.; MOJSKI, J.; KOCIEL, H.; ALLAKHVERDIEV, S.I. Fluorescência de clorofila variável e seu uso para avaliar a condição fisiológica do aparato fotossintético de plantas. **Russ J Plant Physiol**, v. 63, p. 869–893, 2016. Doi: [10.1134 / S1021443716050058](https://doi.org/10.1134/S1021443716050058).

GONCALVES, J. F. C.; SILVA, C. E.; GUIMARAES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amaz.**, v.40, n.1, pp.89-98, 2010 Doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100012>

GORSUCH, P.A.; PANDEY, S.; ATKIN, O. K Thermal de-acclimation: how permanent are leaf phenotypes when cold-acclimated plants experience

warming? **Plant Cell Environ**, 33, pp. 1124 – 1137, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02134.x>

GRISI, F. A.; ALVES, J.D.; CASTRO, E.M.; OLIVEIRA, C.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L.A. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'Catuai' e 56 'Siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000600008>

HAN, S; TANG, N.; JIANG, H.X.; YANG, L.T.; LI, Y.; CHEN, L.S. CO₂ assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress. **Plant Science**, v. 176, p. 143-153, 2009. Doi: [10.1016 / j.plantsci.2008.10.004](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.10.004)

HASSANNEJAD, S.; LOTFI, R.; GHAFARBI, S. P.; OUKARROUM, A.; ABBASI, A.; KALAJI, H.M.; RASTOGI, A. Early Identification of Herbicide Modes of Action by the Use of Chlorophyll Fluorescence Measurements. **Plants**, v. 9, n. 4, 529, 2020.

HERMANS, C.; SMEYERS, M.; RODRIGUEZ, R. M.; EYLETTERS, M.; STRASSER, R. J.; DELHAYE, J-P. Quality assessment of urban trees: a comparative study of physiological characterisation, airborne imaging and on site fluorescence monitoring by the OJIP-test. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, p. 81-90, 2003. Doi: 10.1078 / 0176-1617-00917

JANUSAUSKAITE, D.; FEIZIENE, D. Chlorophyll fluorescence characteristics throughout spring triticale development stages as affected by fertilization. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 62, n.1, p. 7-15, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1080/09064710.2011.560122>

JIANG, H. X.; CHEN, L. S.; ZHENG, J.G.; HAN, S.; TANG, N.; SMITH, B.R. Aluminum-induced effects on Photosystem II photochemistry in Citrus leaves assessed by the chlorophyll a fluorescence transient. **Tree Physiology**, v. 28, p. 1863-1871. 2008. Doi: [10.1093 / treephys / 28.12.1863](https://doi.org/10.1093 / treephys / 28.12.1863)

KALAJI, H. M.; JAJOO, A.; OUKARROUM, A.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; LUKASIK, I.; GOLTSEV, V.; LADLE, R. J. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. **Acta Physiol Plant**, v. 38, n. 38, p. 102, 2016. Doi: [10.1007/s11738-016-2113-y](https://doi.org/10.1007/s11738-016-2113-y)

KALAJI, H.M.; BABA, W.; GEDIGA, K.; GOLTSEV, V.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; DIMITROVA, S.; PISZCZ, U.; BIELECKI, K.; KARMOWSKA, K.; DANKOV, K.; KOMPALA-BABA, A. Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. **Photosynthesis Research**. v.136, p.329-343, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11120-017-0467-7>

KALAJI, M.; RASTOGI, A.; ZIVCÁK, M.; BRESTIC, M.; DASZKOWSKA, G. A.; SITKO, K.; ALSHARAF, K. Y.; STYPIŃSKI, P.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D. Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors. **Photosynthetica**, v. 56, p. 953–961, 2017. Doi: [10.1007 / s11099-018-0766-z](https://doi.org/10.1007/s11099-018-0766-z)

KALAJI, M.H.; CARPENTIER, R.; ALLAKHVERDIEV, S.I.; BOSA, K. Fluorescence parameters as early indicators of light stress in barley. **J Photochem Photobiol B**, 112:1–6, 2012. Doi: [10.1016 / j.jphotobiol.2012.03.009](https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2012.03.009)

KLUGE, M.; TING, I. P. Crassulacean Acid Metabolism: Analysis of an Ecological Adaptation. **Springer-Verlag**, 1978.

LEMORDANT, L.; GENTINE, P. A resposta da vegetação ao aumento do CO₂ impacta as temperaturas extremas. **Geophysical Research Letters**, v.46, n.3, p.1383-1392, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1029/2018GL080238>.

MACHADO, C.M.S.; PIMENTEL, N.S.; GOLYNSK, A.; FERREIRA, A.; VIEIRA, H.D.; PARTELLI, F.L. Genetic diversity among genotypes of *Coffea arabica* in the Brazilian cerrado. **Genetics and Molecular Research**, 16(3):1-13, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039794>

MARINO, G.; PALLOZZI, E.; COCOZZA, C.; TOGNETTI, R.; GIOVANELLI, A.; CANTINI, C.; CENTRITTO, M. Assessing gas Exchange, sap flow and water relations using tree canopy spectral reflectance indices in irrigated and raifed *Olea europea* L. **Environmental and Experimental Botany**, v.99, p. 43-52, 2014.

MARTINS, J. P.R.; SCHIMILDT, E. R.; ALEXANDRE, R. S.; FALQUETO, A. R.; OTON, W.C. Chlorophyll a fluorescence and growth of *Neoregelia concentrica* (Bromeliaceae) during acclimatization in response to light levels. **In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant**, v. 51, p. 471–481. 2015.

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, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.044>

MATHUR, S.; JAJOO, A. Alterations in photochemical efficiency of photosystem II in wheat plant on hot summer day. **Physiol Mol Biol Plants**., 20(4): 527–531, 2014. Doi: [10.1007 / s12298-014-0249-z](https://doi.org/10.1007/s12298-014-0249-z)

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **J. Exp. Bot.**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000. Doi: <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>

MEDAUAR, C. C.; SILVA, S. A.; GALVÃO, I. M.; FRANCO, L. B.; CARVALHO, L. C. C. Mapeamento Fuzzy de Favorabilidade Climática para o Cultivo de Café Conilon no Estado da Bahia. **International Journal of Fruit Science**, 2021. Doi:[10.1080 / 15538362.2020.1864698](https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1864698).

MEHTA, P.; JAJOO, A.; MATHUR, S.; BHARTI, S. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 16-20. 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2009.10.006>

MEIRELES, E. J. L.; CAMARGO, M. B. P. de; PEZZOPANE, J. R. M.; THOMAZIELLO, R. A.; FAHL, J. I.; BARDIN, L.; SANTOS, J. C. F.; JAPIASSÚ, L. B.; GARCIA, A. W. R.; MIGUEL, A. E.; FERREIRA, R. A.

MELO JÚNIOR, J.C.F; BOEGER, M.R.T. Leaf traits and plastic potential of plant species in a light-edaphic gradient from a restinga in southern Brazil. **Acta Biológica Colombiana**, 21:51-62, 2016. Doi: <https://doi.org/10.15446/abc.v21n1.47621> .

MELO JÚNIOR, J.C.F; BOEGER, M.R.T. Leaf traits and plastic potential of plant species in a light-edaphic gradient from a restinga in southern Brazil. **Acta Biológica Colombiana** 21:51-62, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n1.47621>

MELO, E. F.; FERNANDES-BRUM, C.; PEREIRA, F. J.; DE CASTRO, E. M.; CHALFUN-JÚNIOR, A. Anatomic and physiological modifications in seedlings of *Coffea arabica* cultivar Siriema under drought conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.1, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000100003>.

MICHENER, C.D.; SOKAL, R.R. Uma abordagem quantitativa para um problema de classificação. **Evolution**, 11: 490–499, 1957.

NASCIMENTO, N. F.; NASCIMENTO, L. B. B.; GONÇALVES, J. F. C. Respostas funcionais foliares de plantas jovens de *Hevea brasiliensis* submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Ciência Florestal**, v.29, n. 3, p.1019-1032. 2019. Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509832658>

NIE, G.Y.; BAKER, N. R. **Modifications to thylakoid composition during development of maize leaves at low growth temperatures.** *Planta Physiol*, 95, pp. 184 – 191, 1991. Doi: <https://doi.org/10.1104/pp.95.1.184>

NOLASCO, C. A. **Estudo de caso: a cafeicultura na pequena propriedade na comunidade de Abelhas, distrito de Inhobim, município de Vitória da Conquista, Bahia.** 2011. 29 f. Monografia (Especialização em Gestão da Cadeia Produtiva de Café com Ênfase em Sustentabilidade) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2011.

OHADA, I.; BERG, A.; BERKOWICZ, S. M.; KAPLAN, A.; KEREN, N. Photoinactivation of photosystem II: is there more than one way to skin a cat?. **Physiologia Plantarum**, v.142, n.1, p.79-86, 2011.

OUKARROUM, A.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R.J. Drought stress effects on photosystem I content and photosystem II thermotolerance analyzed using Chl a fluorescence kinetics in barley varieties differing in their drought tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 137, p. 188- 199, 2009. Doi: [10.1111 / j.1399-3054.2009.01273.x](https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2009.01273.x)

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 Breed. Appl. Biotechnol**, vol.19, n.4, pp.476-480, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4c68> .

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes em frutos de café Conilon com diferentes ciclos de maturação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol.38, n.1, p.214-222, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100021>.

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**; Vol. 5, No. 8; 2013. Doi: [10.5539 / ias.v5n8p108](https://doi.org/10.5539/ias.v5n8p108)

PARTELLI, F.L.; BATISTA-SANTOS, P.; SCOTTI-CAMPOS, P., PAIS, I.P.; QUARTIN, V.L., VIEIRA, H.D.; RAMALHO, J.C. Characterization of the main lipid components of chloroplast membranes and cold induced changes in *Coffea* spp. **Environmental and Experimental Botany**, 74(1):194-204, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.06.001>

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. Doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n3p619>

PARTELLI, F.L.; GILES, J.; OLIOSI, G.; COVRE, A.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, V. Tributun: a coffee cultivar developed in partnership with farmers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 20, 2020. Doi: [10.1590/1984-70332020v20n2c21](https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n2c21).

PAUNOV, M.; KOLEVA, L.; VASSILEV, A.; VANGRONSVELD, J.; GOLTSEV, V. "Effects of Different Metals on Photosynthesis: Cadmium and Zinc Affect Chlorophyll Fluorescence in Durum Wheat." **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, p. 787, 2018. Doi: [10.3390 / ijms19030787](https://doi.org/10.3390/ijms19030787)

PAYE, H.S.; PARTELLI, F. L.; MARTINS, A. G.; SIEBENEICHLER, E. A. Recomendação de adubação e calagem. In: PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M.C. **CAFÉ CONILON: Conhecimento para Superar Desafios**. Alegre, ES: CAUFES, 2019. p. 75-98.

PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; AMARAL, J. F. T.; CAVATTE, P. C.; TOMAZ, M. A. Efeito da aplicação de piraclostrobina no crescimento inicial de café arábica em diferentes disponibilidades hídricas. **Coffee Science**, v. 12, n. 4, p. 498–507, 2017.

PERBONI, A.; MARTINAZZO, E.; SILVA, D.; BACARIN, M. Baixas temperaturas sobre a fluorescência da clorofila a em plantas de diferentes híbridos de canola. **Ciência Rural**, n. 45, p. 215-222, 2015. Doi: [10.1590/0103-8478cr20131427](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131427).

PINHEIRO, C. L. Ecofisiologia do estresse luminoso em espécies de *Cattleya Lindl.* (Orchidaceae). São Mateus, Universidade Federal do Espírito Santo, 2012. 98 f. **(Dissertação de Mestrado)**.

POMPELLI, M.F.; MARTINS, S.C.V.; CELIN, E.F.; VENTRELLA, M.C.; DA MATTA, F.M. What is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions? **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n.4, p.1083-1088, 2010. Doi: [10.1590/S1519-69842010000500025](https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000500025).

PONTES, D. S.; ROSADO, R. D.S.; CRUZ, C. D.; NASCIMENTO, M.; OLIVEIRA, A. M. C.; PENSKY, S. M. Seleção de características por meio da análise de procrustes para o estudo da diversidade genética em café Conilon. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 42, 2020. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.43195>.

RAMALHO, J.C.; DAMATTA, F.M.; RODRIGUES, A.P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; BATISTA-SANTOS, P.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.; LIDON, F.C.; LEITÃO, A.E. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, 26:5-18, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0001-7>

RAMALHO, J.C.; QUARTIN, V.; FAHL, J.C.; CARELLI, M. L.; LEITÃO, A.E.; NUNES, M.A. Cold acclimation ability of photosynthesis among species of the tropical *Coffea* genus. **Planta Biol**, 5, pp. 631 – 641, 2003. Doi: <https://doi.org/10.1055/s-2003-44688>

RASTOGI, A.; ZIVCAK, M.; TRIPATHI, D.K.; YADAV, S.; KALAJI, H. M. Phytotoxic effect of silver nanoparticles in *Triticum aestivum*: Improper regulation of photosystem I activity as the reason for oxidative damage in the chloroplast. **Photosynthetica**, v. 5, p.209-216, 2019. Doi: [10.32615 / ps.2019.019](https://doi.org/10.32615/ps.2019.019)

RATHOD, D. P.; BRESTIC, M.; SHAO, H. B. Chlorophyll a fluorescence determines the drought resistance capabilities in two varieties of mycorrhized and non-mycorrhized *Glycine max* Linn. **Afr J Microbiol Res**, v. 5, p. 4197–4206, 2011. Doi: [10.5897 / AJMR11.737](https://doi.org/10.5897/AJMR11.737)

REDILLAS, M. C. F. R.; STRASSER, R. J.; JEONG, J. S.; KIM, Y. S.; KIM, J.-K. The use of JIP test to evaluate drought-tolerance of transgenic rice overexpressing

OsNAC10. **Plant Biotechnology Reports**, 5(2), 169–175. Doi:10.1007/s11816-011-0170-7, 2011. Doi: [10.1007 / s11816-011-0170-7](https://doi.org/10.1007/s11816-011-0170-7)

REICH, P.B.; WALTERS, M.B.; ELLSWORTH, D.S. Leaf lifespan in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. **Ecological Monographs**, 62:365-392. 1992. Doi: [10.2307 / 2937116](https://doi.org/10.2307/2937116)

RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições. 1997.

RODRIGUES, E. V.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; BASTOS, E. A.; SANTOS, A. Tolerance of F2 populations of cowpea to water deficit. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 48- 55, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n106rc>

RONCHI, C.P.; Da MATTA, F.M. **Aspectos fisiológicos do Café Conilon**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: INCAPER, p. 95-119, 2007.

ROSA, W.S.; MARTINS, J.P.R.; RODRIGUES, E.S. et al. Desempenho do aparelho fotossintético em função das citocininas utilizadas durante a multiplicação in vitro de *Aechmea blanchetiana* (Bromeliaceae). **Plant Cell Tiss Organ Cult**, n. 133, p. 339–350, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1385-x>.

ROSADO, B. H. P.; MATTOS, E. A. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, v. 21, n.3, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000300020>.

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.

SCHANSKER, G.; THÓT, S.Z.; HOLZWARTEH, A.R.; GARAB, G. Chlorophyll a fluorescence: beyond the limits of the QA model. **Photosynthesis Research**, v.120, p.43-58, 2014.

SERÔDIO, J.; CAMPBELL, D. A. Photoinhibition in optically thick samples: Effects of light attenuation on chlorophyll fluorescence based parameters, **Journal of Theoretical Biology**, v. 513, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2021.110580>.

SILVA, E.A.; DA MATTA, F.M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, R.S.; BARROS, R.S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v.89, n.2-3, p.349-357, 2004. Doi:[10.1016/ j.fcr.2004.02.010.20](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.02.010.20).

SILVA, F.; DUTRA, W.; DUTRA, A.; OLIVEIRA, I.; FIGUEIRAS, L.; MELO, A. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p. 946-952, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>.

SONG, C.; KATUL, G.; OREN, R.; BAND, L. E.; TAGUE, C. L.; STOY, P. C.; McCARTHY, H. R. Energy, water, and carbon fluxes in a loblolly pine stand: Results from uniform and gappy canopy models with comparisons to eddy flux data. **Journal of Geophysical Research**, v.114, p.1-18, 2009. Doi: [10.1029 / 2009JG000951](https://doi.org/10.1029/2009JG000951)

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.104, p. 236-257, 2011. Doi: [10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010](https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010).

STIRBET, A.; LAZÁR, D.; KROMDIJK, J. Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses? **Photosynthetica**, v.56, n.1, p. 86-104, 2018. Doi: [10.1007/s11099-018-0770-3](https://doi.org/10.1007/s11099-018-0770-3).

STIRBET, A.; RIZNICHENKO, YU G.; RUBIN, A. B.; GOVINDJEE. Modeling Chlorophyll a Fluorescence Transient: Relation to Photosynthesis. **Biochemistry**. vol. 79, n. 4, 2014. Doi: [10.1134 / S0006297914040014](https://doi.org/10.1134/S0006297914040014)

STRASSER, B.; SÁNCHEZ-LAMAS, M.; YANOVSKY, M. J.; CASAL, J. J.; CERDÁN, P. D. Arabidopsis thaliana life with out phytochromes. **Proceedings of the National Acadademy of Sciences**, v. 107, p. 4776-4781, 2010.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: **Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation**. Taylor e Francis, London, 2000. Cap. 25, p. 445-483.

STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll a. In: **Fluorescence transient chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis**. Netherlands: Spring, v.14, p. 321-362, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLE R, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAKAHASHI, S.; MURATA, N. How do environmental stresses accelerate photoinhibition? **Trends Plant Science**, v. 13, p. 178–182, 2008. Doi: [10.1016/j.tplants.2008.01.005](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.01.005)

TRIPATHI, S.; BHADOURIA, R.; SRIVASTAVA, P. et al. Efeitos da disponibilidade de luz nos atributos foliares e no crescimento de mudas de quatro espécies de árvores em floresta tropical seca. **Ecol Process**, v. 9, n.2, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0206-4>.

TSIMILLI, M.; STRASSER, R. J. **In vivo assessment of stress impact on plants' vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of Mycorrhization on host plants**. In: VARMA, A. (Ed.). *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*, v. 3, Dordrecht: Springer, p. 679-703.2008.

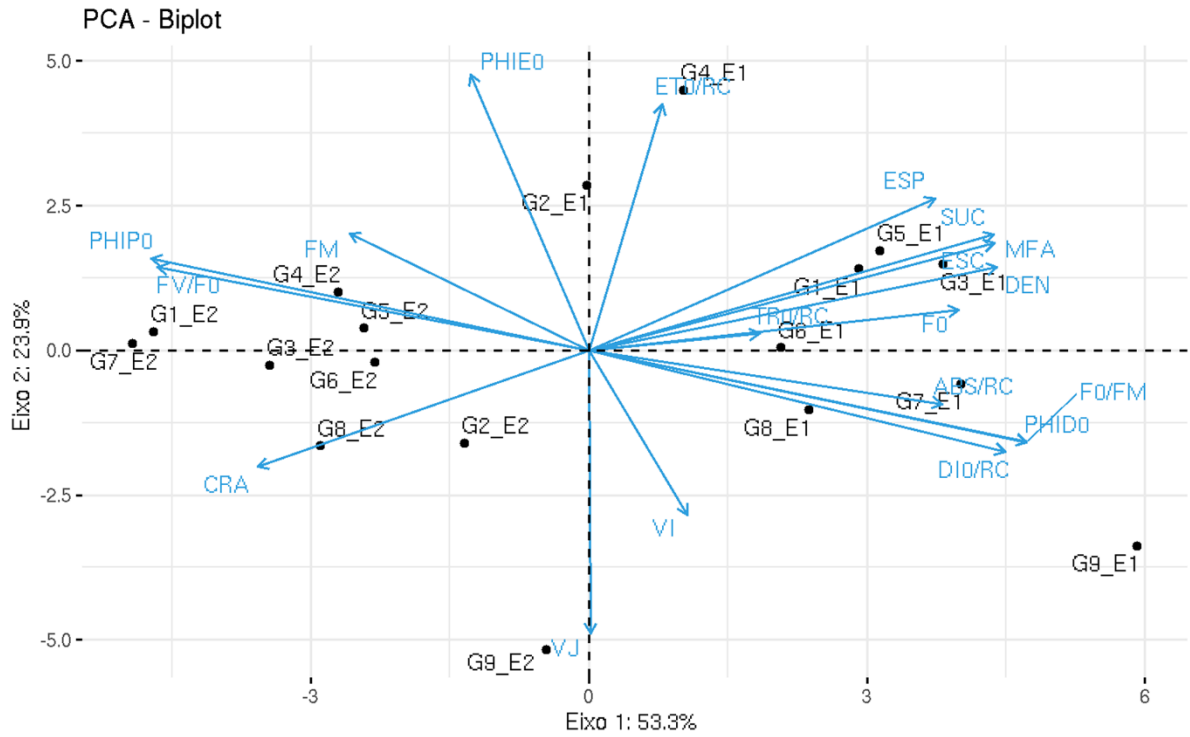
WITKOWSKI, E. T. F.; LAMONT, B. B. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia**, v.88, p. 486-493, 1991.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M.; ACKERLY. The World-wide leaf economics spectrum. **Nature**. v.428:821–827, 2004. Doi: [10.1038/nature02403](https://doi.org/10.1038/nature02403)

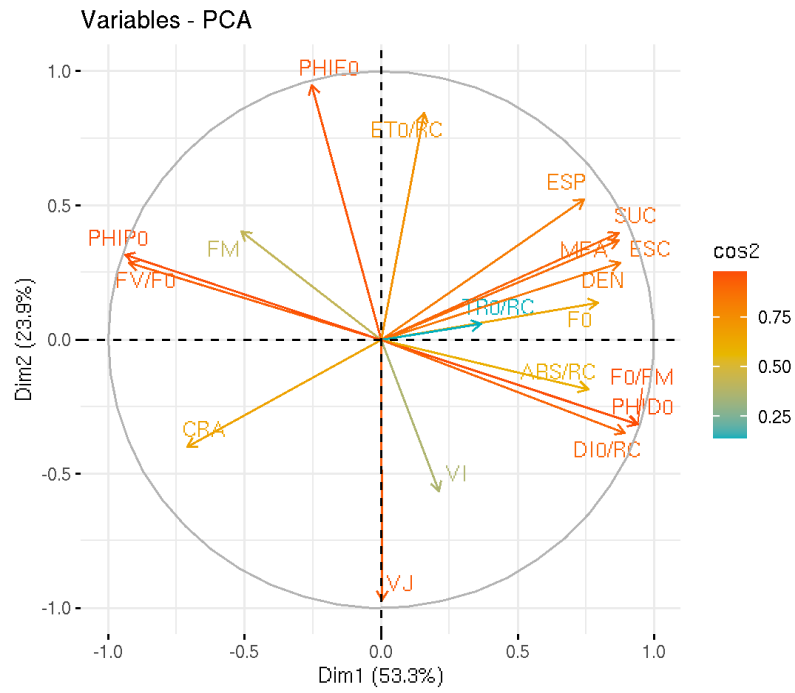
YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N. B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic Brassica juncea plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1797, p. 1428–38, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2010.02.002>.

ZIVCAK, M.; BRESTIC, M.; KUNDERLIKOVA, K., SYTAR, O.; ALLAKHVERDIEV, S. I. A fotoinibição do fotossistema I induzida por pulsos de luz repetitivos afeta severamente a assimilação de CO₂ e a fotoproteção em folhas de trigo. **Photosynth**. 126, 449–463, 2015. Doi: [10.1007/s11120-015-0121-1](https://doi.org/10.1007/s11120-015-0121-1)

Apêndices



APÊNDICE 1. Análise por componentes principais (PCA) através das aracterísticas morfológicas e fisiológicas de nove genótipos de *Coffea canephora* em duas épocas do ano no gráfico Biplot.



APÊNDICE 1. Análise por componentes principais (PCA) dos 09 genótipos de *Coffea canephora* através das aracterísticas morfológicas e fisiológicas.