

CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MUDAS DE GENÓTIPOS DE CAFÉ

Francisco Remigio Cano-Macías, João Paulo de Moraes Oliveira, Samantha Zorzi Sousa Resende, Serli de Oliveira Cabral, Sônia Maria da Silva, Elias Terra Werner, Milene Miranda Praça Fontes.

Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, S/N, Guararema, 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, Frannk_88@hotmail.com, joaopaulo.ueg@gmail.com, samantha.resende59@gmail.com, biologiaserli@gmail.com, soniamsquimica@gmail.com, elias.werner@ufes.br, mileneufes@gmail.com.

Resumo

A variabilidade genética entre genótipos de *Coffea* influencia as características morfofisiológicas essenciais ao crescimento e à adaptação das plantas. Este estudo avaliou mudas de Arábica, Conilon e Robusta para identificar diferenças precoces com potencial uso na seleção de genótipos vigorosos. Foram analisados três indivíduos por genótipo, totalizando três repetições, considerando altura da planta, diâmetro do caule, crescimento da raiz, massa fresca e seca da raiz e das folhas, área foliar, área foliar específica e densidade estomática. A análise de variância revelou diferenças significativas entre genótipos para a maioria das características, exceto o comprimento da raiz. Conilon e Robusta apresentaram os maiores valores para quase todas as características, enquanto Arábica exibiu a maior área foliar específica. Os resultados indicam ampla variabilidade morfofisiológica, fornecendo subsídios para a identificação precoce de mudas com maior vigor, adaptabilidade e potencial produtivo, auxiliando na seleção de futuras matrizes em programas de melhoramento genético de café.

Palavras-chave: *Coffea*. Densidade Estomática. Melhoramento Genético. Propagação. Vigor.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias / Agronomia.

Introdução

O café é uma das bebidas de maior relevância comercial no mundo. É cultivado principalmente a partir de duas espécies: *Coffea arabica*, reconhecida pela excelência de sua qualidade sensorial, e *Coffea canephora* (conilon ou robusta), valorizada por sua rusticidade e resistência a pragas e doenças (Lyrio *et al.*, 2024). No Brasil, essas espécies apresentam grande variabilidade genética entre seus genótipos. Essa diversidade favorece a adaptação a diferentes ambientes e auxilia na seleção de plantas superiores para programas de melhoramento, com alto potencial produtivo e de qualidade (Senra *et al.*, 2023).

A caracterização morfológica constitui uma ferramenta fundamental e representa a etapa inicial na conservação e aproveitamento dos recursos fitogenéticos. Esse processo permite avaliar a variabilidade genética de uma população, diferenciar taxonomicamente as plantas e selecionar descritores confiáveis e discriminantes, ou seja, aqueles altamente herdáveis e facilmente observáveis. Assim, a caracterização morfológica é necessária para a identificação, conservação e uso eficiente desses recursos (Hernández-Villareal, 2013).

Palma (2021) verificou ampla variabilidade morfológica em 20 acessos de *C. arabica* em bancos de germoplasma, permitindo identificar genótipos com características superiores para uso em programas de melhoramento genético. De forma semelhante, Martínez-Fonseca *et al.* (2020) identificaram variabilidade entre sete clones de *C. canephora* em viveiro, destacando os clones 45 e 105 pelo maior vigor e acúmulo de biomassa, indicativos de maior adaptação e produtividade.

Com base nisso, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar morfofisiologicamente mudas de *C. arabica* e *C. canephora*, a fim de identificar diferenças entre genótipos e subsidiar programas de melhoramento do café.

Metodologia

A caracterização morfofisiológica foi conduzida em mudas comerciais de genótipos de *C. arabica* (var. Arábica 185/10 Vermelho) e *C. canephora* (var. Conilon, clone A₁ e Robusta, clone R₈), adquiridas de pequenos viveiros localizados na zona rural dos municípios de Ibitirama – ES (Arábica) e Castelo – ES (Conilon e Robusta). Essas mudas estavam cultivadas em sacos plásticos contendo substrato de terra natural, sem adição de componentes comerciais, dispostos diretamente sobre o solo e cobertos com sombrite de 50%. Os parâmetros analisados incluíram: altura da planta (cm), diâmetro do caule (mm), comprimento da raiz (cm), massa fresca e seca da raiz (g), massa fresca e seca das folhas (g), área foliar (cm²), área foliar específica (cm² g⁻¹) e densidade estomática (mm²).

A altura da planta foi mensurada com régua milimetrada desde o colo até o ápice, enquanto o diâmetro do caule foi determinado com paquímetro digital na região do colo. O comprimento da raiz foi obtido medindo-se a raiz principal desde a inserção no colo até a extremidade distal, após o seu completo alongamento. A massa fresca da raiz e das folhas foi aferida em balança analítica imediatamente após a coleta. Para determinação da massa seca, as amostras de raiz e folhas foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas, até peso constante, e em seguida pesadas em balança analítica. A área foliar foi estimada pelo produto entre o comprimento e a largura da folha, ajustado pelo fator de forma $K=0,7$, que corrige a diferença entre a forma real da folha e um retângulo ideal (Silva et al., 2010). A área foliar específica foi calculada pela razão entre a área foliar e a massa seca correspondente. A densidade estomática foi obtida a partir de impressões epidérmicas realizadas com esmalte incolor aplicado na superfície abaxial das folhas; após secagem, o material foi transferido para lâminas de microscopia e analisado em microscópio óptico sob aumento de 400×, contabilizando-se o número de estômatos por unidade de área (mm²).

A análise estatística foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado, para cada genótipo, foram avaliados três indivíduos, considerados como repetições biológicas, totalizando três repetições por tratamento. A normalidade, a distribuição e a homogeneidade de variâncias dos dados foram previamente verificadas. Em seguida, realizou-se a análise de variância e, quando os resultados foram significativos, as médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software R* (versão 4.4.1; R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria).

Resultados

A análise de variância (Tabela 1) revelou diferenças significativas entre os genótipos de *Coffea* para a maioria das características morfofisiológicas avaliadas. O comprimento da raiz foi a única variável que não apresentou diferenças entre os genótipos ($p = 0,188$). Em contraste, observaram-se efeitos significativos do fator genótipo sobre a massa fresca e seca da raiz, a massa seca das folhas e a área foliar específica ($p < 0,05$). Diferenças ainda mais expressivas foram verificadas para a altura das plantas e o diâmetro do caule ($p < 0,01$). As maiores magnitudes de variação ocorreram para a massa fresca das folhas, a área foliar e a densidade estomática, todas altamente significativas ($p < 0,001$). De modo geral, os resultados indicam que os genótipos de *Coffea* apresentam ampla variabilidade em atributos associados ao crescimento vegetativo e à fisiologia foliar, com exceção do comprimento da raiz, que permaneceu constante entre eles.

Tabela 1 – Análise de variância para características morfofisiológicas em diferentes genótipos de *Coffea*.

Variável	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Altura da Planta	Genótipo	2	132,75	66,38	14,05	0,00545 **
	Resíduo	6	28,35	4,73		
Diâmetro do Caule	Genótipo	2	1,98	0,99	18,53	0,00271 **
	Resíduo	6	0,32	0,05		
Comprimento da Raiz	Espécie	2	4,03	2,02	2,24	0,188
	Genótipo	6	5,41	0,90		
Massa Fresca da Raiz	Espécie	2	1,42	0,71	8,26	0,0189 *
	Resíduo	6	0,51	0,07		
Massa Seca da Raiz	Genótipo	2	0,06	0,03	7,23	0,0252 *
	Resíduo	6	0,03	0,01		

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

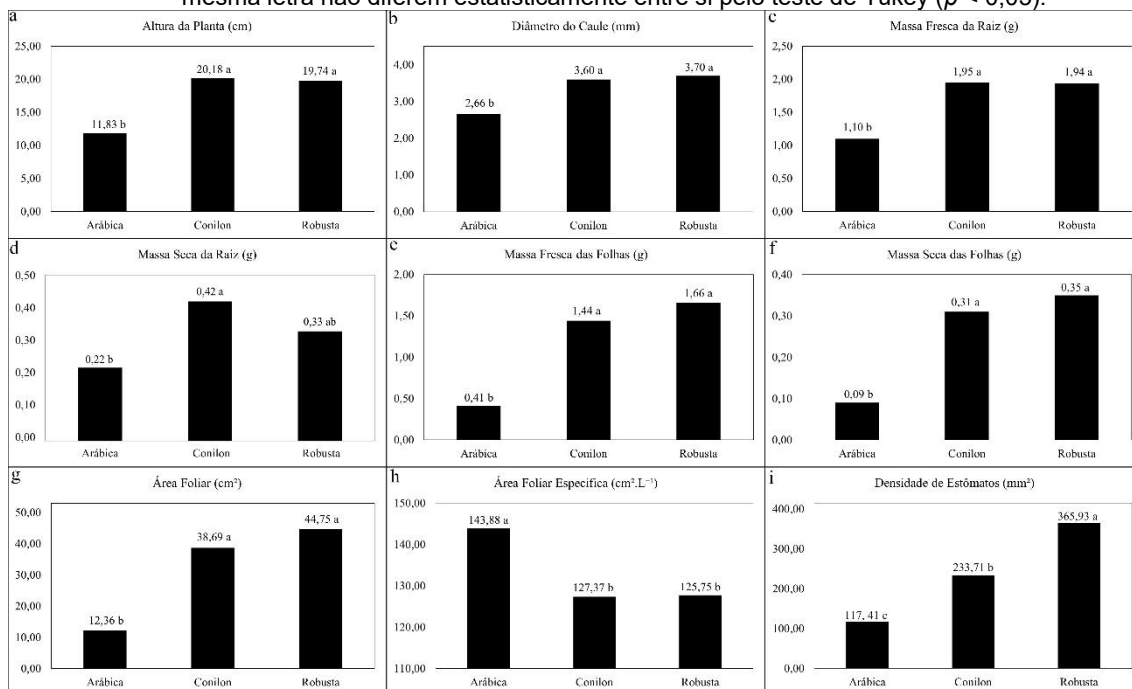
Variável	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Massa Fresca das Folhas	Genótipo	2	2,66	1,33	91,97	3,15e-05 ***
	Resíduo	6	0,09	0,02		
Massa Seca das Folhas	Genótipo	2	0,12	0,06	9,52	0,0138 *
	Resíduo	6	0,04	0,01		
Área Foliar	Genótipo	2	1790,70	895,40	66,46	8,06e-05 ***
	Resíduo	6	80,80	13,50		
Área Foliar Específica	Genótipo	2	532,90	266,45	6,34	0,032 *
	Resíduo	6	251,50	41,910		
Densidade Estomática	Genótipo	2	92767,00	46384,00	150,70	7,44e-06 ***
	Resíduo	6	1847,00	308,00		

GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor do teste F; Pr > F = probabilidade associada ao teste F. Significância: $p < 0,001$ (***) ; $p < 0,01$ (**); $p < 0,05$ (*).

Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Na comparação entre genótipos (Fig. 1), observou-se que a altura das plantas, o diâmetro do caule e a massa fresca da raiz foram superiores em Conilon e Robusta em relação à Arábica (Fig. 1a-c). A massa seca da raiz foi maior em Conilon do que em Arábica, enquanto o Robusta apresentou valores intermediários, não diferindo estatisticamente de ambos (Fig. 1d). A massa fresca e seca das folhas, assim como a área foliar, também foram superiores em Conilon e Robusta (Fig. 1e-g). A área foliar específica, por sua vez, foi maior em Arábica (Fig. 1h). Já a densidade estomática variou entre os genótipos, sendo mais elevada em Robusta, intermediária em Conilon e menor em Arábica (Fig. 1i).

Figura 1 – Características morfofisiológicas de mudas em genótipos Arábica, Conilon e Robusta. (a) Altura da planta; (b) Diâmetro do caule; (c) Massa fresca da raiz; (d) Massa seca da raiz; (e) Massa fresca da folha; (f) Massa seca da folha; (g) Área foliar; (h) Área foliar específica; (i) Densidade de estômatos. Barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Discussão

O maior desempenho de *C. canephora* em parâmetros morfofisiológicos-chave pode estar associado à sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais. A maior massa seca do sistema radicular evidencia elevada plasticidade, permitindo desenvolvimento radicular eficiente e otimização da absorção de nutrientes em solos com diferentes níveis de fertilidade. Além disso, a maior área foliar indica maior capacidade de acúmulo de biomassa aérea, reforçando a vantagem competitiva de *C. canephora* em ambientes produtivos mais exigentes. Resultados semelhantes foram observados em Lampung (Indonésia), onde variações morfológicas em diferentes altitudes refletiram crescimento mais robusto e adaptável em *C. canephora* (Prastowo & Arimarsetiowati, 2019).

Em relação à área foliar específica, *C. arabica* apresentou valores mais altos, indicando estratégia aquisitiva de recursos, com folhas delgadas e maior superfície fotossintética por unidade de biomassa, adaptadas a ambientes sombreados. Conilon apresentou menor área foliar específica, sugerindo estratégia conservativa, com folhas densas e resistentes, adaptadas a estresse hídrico ou alta irradiância. Robusta apresentou valores intermediários, indicando equilíbrio entre eficiência fotossintética e resistência ambiental. Esses achados diferem do observado por Bernardo *et al.* (2021), que relataram menor área foliar específica em *C. arabica* em comparação com *C. canephora*, possivelmente devido a diferenças nas condições de cultivo.

A densidade estomática também apresentou diferenças notórias entre os genótipos: Robusta registrou a maior quantidade de estômatos, Conilon valores intermediários e Arábica os mais baixos. Essa variação pode influenciar a regulação da transpiração e a capacidade de troca gasosa, fatores diretamente ligados ao rendimento fotossintético e à tolerância hídrica. Em *C. arabica*, o acúmulo de metabólitos secundários, como ácidos clorogênicos, pode compensar parcialmente a menor densidade estomática, atuando como mecanismo antioxidante e protetor frente ao estresse abiótico, o que explica sua sobrevivência em ambientes mais restritivos, ainda que com menor vigor estrutural (Duangsodsri, 2020).

Conclusão

A variabilidade genética entre os genótipos de *Coffea* influencia de forma diferenciada as características morfofisiológicas das plantas, afetando principalmente altura da planta, diâmetro do caule, massa fresca das folhas, área foliar, área foliar específica e densidade estomática. Essas diferenças evidenciam que cada genótipo apresenta respostas distintas ao crescimento vegetativo e à eficiência fisiológica. Essa caracterização em mudas de café é importante, pois permite a identificação precoce de genótipos com maior potencial adaptativo e vigor, fornecendo subsídios para a seleção de futuras matrizes.

Referências

- BERNADO, W.; RAKOCEVIC, M.; SANTOS, A.; RUAS, K.; BARONI, D.; ABRAHAM, A.; PIREDA, S.; OLIVEIRA, D.; CUNHA, M.; RAMALHO, J.; CAMPOSTRINI, E.; RODRIGUES, W. Biomass and Leaf Acclimations to Ultraviolet Solar Radiation in Juvenile Plants of *Coffea arabica* and *C. canephora*. *Plants*, v. 10, p.640, 2021. DOI: [10.3390/plants10040640](https://doi.org/10.3390/plants10040640)
- DUANGSODSRI, T. **Phenolic compounds in the response of *Coffea arabica* L. to abiotic stresses**. 2020. 215f. Doctoral Thesis (Plant Biology and Biochemistry) - Université Montpellier, Montpellier, France, 2020.
- HERNÁNDEZ-VILLAREAL, A. Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, v. 2, p. 113–118, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.05>
- LYRIO, M.; CUNHA, P.; DEBONA, D.; AGNOLETTI, B.; FRINHANI, R.; OLIVEIRA, E.; FILGUEIRAS, P.; PEREIRA, L.; CASTRO, E. Perfil volátil de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* var. conilon por SHS-GC-MS e quimiometria. *Química Nova*, v. 47, p. 1–10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230130>
- MARTÍNEZ-FONSECA, J.; NAVARRO-OCAÑA, D.; MARÍN-RODRÍGUEZ, T.; ARIAS-BASULTO, L.; GUTIÉRREZ-BONET, R. Respuesta morfológica de siete clones aviverados de *Coffea canephora* P. en el municipio de Guisa. *Café Cacao*, v.19, p. 11–19, 2020.

PALMA, G. **Caracterización morfoagronómica de 20 accesiones de *Coffea arabica* L. del banco de germoplasma de la UNESUM**. 2021. 67f. Tesis (Ingeniero Agrónomo) - Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador, 2021.

PRASTOWO, E.; ARIMARSETIOWATI, R. Morphological Variations of Robusta Coffee As a Response to Different Altitude in Lampung. **Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)**, v. 35, p. 103–118, 2019. DOI: [10.22302/iccricri.jur.pelitaperkebunan.v35i2.378](https://doi.org/10.22302/iccricri.jur.pelitaperkebunan.v35i2.378)

SENRA, J.; SILVA, J.; FERREIRA, A.; ESPOSTI, M.; FERRÃO, M.; FASSARELLA, K.; SILVA, U.; MILHEIROS, I.; SILVA, F. Initial performance and genetic diversity of coffee trees cultivated under contrasting altitude conditions. **Scientia Agricola**, v.80, p.11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0163>

SILVA, W.; Brinate, S.; Tomaz, MA.; AMARAL, J.; Rodrigues, W.; Martins, L. Métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 746-759, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/metodos.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da UFES/Alegre e ao Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais da UFES/Alegre pelo apoio financeiro, infraestrutura e recursos fornecidos para a realização deste estudo.