

## ANÁLISE COMPARATIVA E QUALIDADE NUTRICIONAL EM MUDAS COMERCIAIS DE GENÓTIPOS DE CAFÉ

**João Paulo de Moraes Oliveira, Francisco Remigio Cano-Macías, 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, joaopaulo.ueg@gmail.com, Frannk\_88@hotmail.com, samantha.resende59@gmail.com, biologiaserli@gmail.com, soniamsquimica@gmail.com, elias.werner@ufes.br, mileneufes@gmail.com.

### Resumo

A nutrição adequada das mudas é essencial para o crescimento, vigor e estabelecimento das plantas de café. Avaliações precoces da absorção de macronutrientes permitem identificar genótipos mais eficientes e ajustar manejos de fertilização. Este estudo analisou mudas comerciais de Arábica, Conilon e Robusta para verificar sua qualidade nutricional e comparar o acúmulo de macronutrientes entre genótipos. Foram avaliados três indivíduos por genótipo, considerando teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. A análise de variância revelou diferenças significativas entre os genótipos para todos os nutrientes, sendo o fósforo o mais sensível. Arábica apresentou teores adequados de nitrogênio, fósforo e cálcio; Conilon, apenas de cálcio; e Robusta apresentou teores inadequados para todos os nutrientes. Os resultados evidenciam diferenças na absorção e acúmulo de macronutrientes entre os genótipos, indicando que o manejo nutricional das mudas deve ser ajustado para atender às exigências específicas de cada um, garantindo mudas de boa qualidade, com maior vigor e padronização.

**Palavras-chave:** *Coffea*. Fitotecnia. Macronutrientes. Manejo. Nutrição de Plantas.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias / Agronomia.

### Introdução

O café é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, tanto pelo seu valor econômico e social quanto pela contribuição ao desenvolvimento rural. Entretanto, a produtividade do cafeeiro está diretamente associada às condições edafoclimáticas. Os solos brasileiros, em geral, apresentam baixa fertilidade natural, o que torna necessária a correção e a fertilização constantes para assegurar o adequado crescimento das plantas (Silva, 2017). Na fase vegetativa inicial, o fornecimento equilibrado de nutrientes é essencial, destacando-se o papel do nitrogênio na síntese de proteínas, na fotossíntese e na expansão foliar, ainda que, nesse estágio, a extração total de nutrientes seja relativamente baixa (Ube, 2021).

A análise foliar na cafeicultura constitui um método eficiente para diagnosticar o estado nutricional da planta, permitindo identificar deficiências, excessos ou toxicidades com maior precisão do que a análise de solo isolada. Enquanto esta última indica apenas a disponibilidade teórica de nutrientes, a análise foliar revela o que foi efetivamente absorvido, considerando as interações entre solo, planta e ambiente. Assim, torna-se uma ferramenta indispensável para o ajuste da adubação e a correção de desequilíbrios nutricionais (Sousa, 2016).

Em *Coffea canephora*, observou-se que, embora a absorção absoluta de nutrientes seja baixa nas fases iniciais, ela é determinante para o estabelecimento da cultura. Nesse estágio, o nitrogênio se destaca por sua contribuição à síntese proteica, ao crescimento foliar e à fotossíntese. No entanto, sua aplicação nem sempre resulta em incrementos proporcionais de outros nutrientes, devido a interações antagônicas e à redistribuição da demanda para tecidos em crescimento. Esse comportamento evidencia a complexidade das relações nutricionais e reforça a necessidade de integrar a análise de solo à análise foliar, de modo a orientar uma adubação mais precisa e evitar limitações no desenvolvimento inicial do cafeeiro (Busato et al., 2023).

Fenômeno semelhante foi registrado em *Coffea arabica*. Navarro (2022), ao estudar a cultivar IAC Obatá, constatou que a análise foliar revelou deficiências de fósforo e magnésio em estágios avançados de desenvolvimento, mesmo quando a análise inicial do solo indicava níveis adequados. Essa discrepância entre disponibilidade e absorção real reforça a relevância do diagnóstico foliar para ajustar a adubação e sustentar a produtividade da cultura.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar comparativamente a qualidade nutricional de mudas comerciais de Arábica, Conilon e Robusta, por meio da análise foliar de macronutrientes. A proposta é identificar diferenças na absorção e no acúmulo de nutrientes durante a fase inicial de desenvolvimento, gerando informações que subsidiem estratégias de manejo nutricional mais eficientes e específicas para cada genótipo.

## Metodologia

A análise nutricional foi conduzida em mudas comerciais de genótipos de *C. arabica* (var. Arábica 185/10 Vermelho) e *C. canephora* (var. Conilon, clone A<sub>1</sub> e Robusta, clone R<sub>8</sub>), adquiridas em viveiros localizados na zona rural de Ibitirama – ES (Arábica) e Castelo – ES (Conilon e Robusta). As mudas estavam cultivadas em sacos plásticos com substrato de terra natural, sem adição de componentes comerciais, mantidas diretamente sobre o solo e cobertas com sombrite de 50%.

A determinação do nitrogênio orgânico na forma de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) foi realizada por reação colorimétrica com o reagente de Nessler, seguindo protocolo adaptado. A curva padrão foi construída com concentrações de 0, 1,0, 2,0, 4,0, 6,0 e 8,0 mg L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, obtidas a partir da diluição da solução estoque de sulfato de amônio. A leitura da absorbância ocorreu em espectrofotômetro a 480 nm. A concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foi calculada a partir da equação da curva padrão e convertida para porcentagem em relação à massa seca da amostra (0,1 g), pela fórmula:

$$\%N - NH_4^+ = \frac{ppm \times Volume \text{ final } (L) \times Fator \text{ de diluição} \times 1000}{Massa \text{ da amostra } (mg)}$$

A determinação de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foi realizada após digestão nítrico-perclórica (3:1), conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Aproximadamente 0,5 g de material vegetal, previamente seco a 65 °C e macerado, foi submetido à pré-digestão em 6 mL de solução nítrico-perclórica por 12 h, seguida de digestão em bloco digestor (120 °C por 30 min e 180–200 °C até solução límpida). Após resfriamento, o volume foi ajustado para 50 mL com água deionizada.

A quantificação dos nutrientes foi realizada por espectrometria de absorção atômica, utilizando curvas padrão preparadas a partir de soluções de referência certificadas. O fósforo foi determinado por método colorimétrico, com leitura em espectrofotômetro a 725 nm. Em todas as análises, foram avaliados três indivíduos por genótipo, sendo cada indivíduo considerado uma repetição biológica. A normalidade, a distribuição e a homogeneidade de variâncias dos dados foram verificadas previamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, as médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando 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 revelou efeito significativo do fator genótipo sobre os teores de macronutrientes em mudas de *Coffea* (Tabela 1). Diferenças foram observadas para nitrogênio e magnésio ( $p < 0,05$ ), indicando variação moderada entre os genótipos na absorção desses nutrientes. O potássio e o cálcio apresentaram diferenças ainda mais expressivas ( $p < 0,01$ ), evidenciando forte influência genética sobre a sua acumulação. O fósforo, por sua vez, destacou-se com o maior nível de significância ( $p < 0,001$ ), demonstrando que esse nutriente foi o mais sensível às diferenças entre os genótipos. Esses resultados confirmam a existência de ampla variabilidade genética na nutrição mineral de *Coffea*.

Tabela 1 – Análise de variância para os teores de macronutrientes em mudas de diferentes genótipos de *Coffea*.

## A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

| Variável   | Fonte de variação | GL | SQ    | QM    | F     | Pr > F     |
|------------|-------------------|----|-------|-------|-------|------------|
| Nitrogênio | Genótipo          | 2  | 50,61 | 25,30 | 5,54  | 0,0434 *   |
|            | Resíduo           | 6  | 27,42 | 4,57  |       |            |
| Fósforo    | Genótipo          | 2  | 0,71  | 0,35  | 52,70 | 0,0001 *** |
|            | Resíduo           | 6  | 0,04  | 0,01  |       |            |
| Potássio   | Espécie           | 2  | 23,35 | 11,67 | 14,46 | 0,0051 **  |
|            | Genótipo          | 6  | 4,84  | 0,81  |       |            |
| Cálcio     | Espécie           | 2  | 20,34 | 10,17 | 14,42 | 0,0051 **  |
|            | Resíduo           | 6  | 4,23  | 0,71  |       |            |
| Magnésio   | Genótipo          | 2  | 0,65  | 0,33  | 6,83  | 0,0284 *   |
|            | Resíduo           | 6  | 0,29  | 0,05  |       |            |

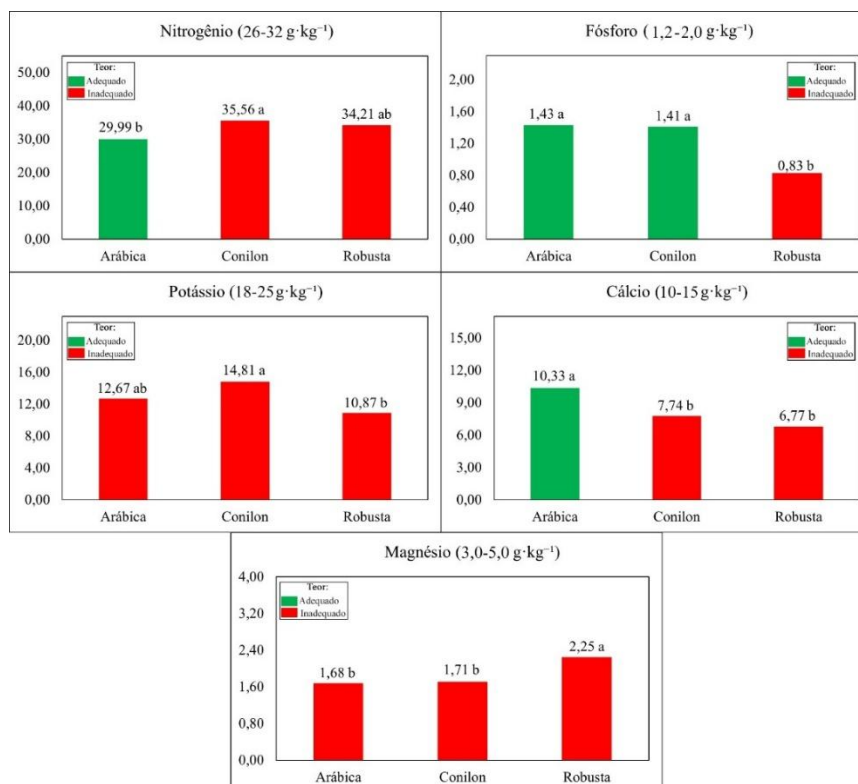
GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor do teste F; Pr > F = probabilidade associada ao teste F. Significância:  $p < 0,001$  (\*\*\*) ;  $p < 0,01$  (\*\*);  $p < 0,05$  (\*).

Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

Conforme ilustrado na Figura 1, Conilon e Robusta apresentaram teores de nitrogênio superiores ao de Arábica, embora apenas Arábica tenha permanecido dentro da faixa de suficiência. Para o fósforo, Arábica e Conilon não diferiram entre si e apresentaram teores adequados, enquanto Robusta apresentou acúmulo significativamente menor e abaixo da faixa recomendada. Para o potássio, não houve diferença estatística entre os genótipos, mas todos apresentaram valores inferiores ao intervalo de suficiência. No caso do cálcio, Arábica apresentou teor significativamente maior em comparação a Conilon e Robusta, mantendo-se dentro da faixa adequada, enquanto os demais genótipos apresentaram valores insuficientes. Quanto ao magnésio, Robusta apresentou maior acúmulo em relação a Arábica e Conilon, entretanto, todos os genótipos apresentaram valores abaixo do nível considerado adequado. Esses resultados evidenciam diferenças significativas na absorção e no acúmulo de nutrientes entre os genótipos, sugerindo distintas estratégias nutricionais durante o desenvolvimento inicial das mudas de café.

Figura 1 – Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em mudas de Arábica, Conilon e Robusta. As faixas recomendadas de acúmulo para cada nutriente foram estabelecidas de acordo com Raji et al. (1996). Barras verdes indicam teores adequados e barras vermelhas indicam teores inadequados em relação às faixas de suficiência.

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).  
Fonte: elaborado pelo próprio autor (2025).

### Discussão

Os resultados indicam que o café Arábica apresenta maior eficiência nutricional no viveiro, com níveis adequados de nitrogênio, fósforo e cálcio, em contraste com Conilon e Robusta, que exibem deficiências mais generalizadas. Esses achados estão de acordo com as faixas críticas propostas por Clemente et al. (2008) para plantas de primeiro ano, confirmando a insuficiência desses nutrientes. Observou-se ainda, nos genótipos de *C. canephora*, excesso de nitrogênio. Já a deficiência de magnésio e potássio em todos os genótipos ressalta que esses nutrientes são críticos no estabelecimento inicial do cafeeiro. Assim, recomenda-se um manejo nutricional diferenciado no viveiro, que assegure níveis ótimos de nitrogênio, fósforo e cálcio e, ao mesmo tempo, implemente estratégias para suprir de forma proativa as demandas de potássio e magnésio, favorecendo o crescimento vegetativo e a produtividade futura.

Esse padrão de acúmulo desbalanceado, observado principalmente em genótipos de *C. canephora*, nos quais um nutriente atinge níveis adequados enquanto outros permanecem em déficit, reflete limitações na eficiência de absorção ou translocação durante o desenvolvimento inicial, independentemente da disponibilidade no solo. Comportamento semelhante foi relatado em plantações adultas de Conilon no Espírito Santo (Fontana et al., 2022), onde, mesmo após correções no solo, persistiram desequilíbrios nutricionais de nitrogênio, fósforo e magnésio, comprometendo o crescimento e a produtividade. A concordância entre os resultados obtidos em mudas e em plantas adultas reforça a hipótese de que há uma base fisiológica e genética que torna o Conilon particularmente suscetível a esses desbalanços, exigindo um manejo nutricional específico e antecipado desde o viveiro.

### Conclusão

Os genótipos de *Coffea* avaliados apresentam diferenças na absorção e no acúmulo de macronutrientes durante o desenvolvimento inicial das mudas. As mudas de Arábica apresentaram teores adequados de nitrogênio, fósforo e cálcio, enquanto as de Conilon apresentaram teores

adequados apenas para o fósforo. Já as mudas de Robusta apresentaram teores inadequados para todos os macronutrientes avaliados. Além disso, a análise revelou que o fósforo é o nutriente mais sensível às variações genotípicas. Essas diferenças evidenciam distintas estratégias nutricionais entre os genótipos, reforçando a importância de manejos específicos de fertilização para otimizar o crescimento e a qualidade das mudas de café.

## Referências

BUSATO, C.; REIS, E.; OLIVEIRA, M.; GARCIA, G.; BUSATO, C.; PARTELLI, F. Acumulación de nutrientes e índices de clorofila en *Coffea canephora* como respuesta a las dosis de nitrógeno. **Cultivos Tropicales**, v. 44, p. 11, 2023.

CLEMENTE, F.; CARVALHO, J.; GUIMARÃES, R.; MENDES, A. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio - primeiro ano. **Coffee Science** - ISSN 1984-3909, v. 3, p. 47-57, 2008.

FONTANA, A.; PIRES, I.; PARTELLI, F.; CAMPANHARO, A.; ROCHA, J.; RODRIGUES, J. Nutritional diagnosis in a Conilon coffee plantation in the northern region of the Espírito Santo state. *Revista Agrogeoambiental*, v. 14, p. 10, 2022. DOI: [10.18406/2316-1817v14n120221708](https://doi.org/10.18406/2316-1817v14n120221708).

MALAVOLTA, E.; VITTI, GC.; OLIVEIRA, SA. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 201 p., 1997.

NAVARRO, A. **Determinación de la curva de extracción de nutrimentos de los frutos de café (*Coffea arabica* L.) en el cultivar Obatá, en la zona de Los Santos**. 2022. Tesis (Ingeniería en Agronomía) - Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica, 2022.

RAIJ, BV.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, JA; FURLANI, AMC. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo (IAC. Boletim técnico, 100), 285p, 1996.

SILVA, E. **Influência de fontes de fertilizantes organominerais e de liberação lenta na qualidade do café**. 2017. 25p. Graduação (Agronomia) - Centro Universitário do Cerrado Patrocínio, Patrocínio, Brasil, 2017.

SILVA, WD.; Brinate, SB.; Tomaz, MA.; AMARAL, JD.; Rodrigues, WN.; Martins, LD. Métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Enciclopédia Biosfera**, 7(13):746-759, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/metodos.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.

SOUSA, J. **Análise foliar para ajuste da recomendação de adubação do cafeeiro**. 2016. 53p. Dissertação (Magister em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2016.

UBE, J. **Importancia del nitrógeno para el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivó de café (*Coffea spp.*) en Ecuador**. 2021. 15p. Tesis (Ingeniero Agropecuario) - Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador, 2021.

## 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

## *A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO***

Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais da UFES/Alegre pelo apoio financeiro, infraestrutura e recursos fornecidos para a realização deste estudo.