



Crescimento de *Mabea fistulifera*, *Cedrela fissilis* e *Cariniana legalis* em resposta à adubação potássica

Karine Fernandes Caiafa^{1*}, Haroldo Nogueira de Paiva¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-900, Viçosa, MG

***Autor correspondente:**

karine.caiafa@ufv.br

Termos para indexação:

Fertilizantes potássicos
Produção de mudas
Parâmetros de qualidade

Index terms:

Potassium fertilizers
Seedling production
Quality parameters

Histórico do artigo:

Recebido em 01/12/2025
Aprovado tecnicamente em 29/05/2026
Aprovação final em 24/06/2026
Publicado em 26/06/2026

Resumo - O potássio (K) desempenha funções essenciais no crescimento vegetal, porém sua influência sobre espécies arbóreas nativas brasileiras ainda é pouco conhecida. O estudo avaliou o efeito de sete doses de K_2O (0 a 300 mg dm^{-3}) no crescimento e na qualidade de mudas de *Mabea fistulifera*, *Cedrela fissilis* e *Cariniana legalis*, cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo durante 120 dias após a semeadura. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, e os dados foram submetidos à análise de regressão. Foram avaliados: altura, diâmetro do coleto, massas secas, relações morfológicas e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). *M. fistulifera* apresentou resposta significativa apenas para massa seca de raízes. Em *C. fissilis*, todas as variáveis responderam ao suprimento de K, com incremento no crescimento e na qualidade das mudas, destacando-se os efeitos positivos sobre altura, biomassa e IQD. Para *C. legalis*, houve resposta significativa apenas para diâmetro do coleto e massa seca da parte aérea. Os resultados evidenciam diferenças interespecíficas na exigência nutricional em K, indicando a necessidade de recomendações específicas de adubação potássica para otimizar a produção de mudas das espécies nativas.

Growth of *Mabea fistulifera*, *Cedrela fissilis*, and *Cariniana legalis* in response to potassium fertilization

Abstract - Potassium (K) plays an essential role in plant growth; however, its influence on Brazilian native tree species remains poorly understood. This study evaluated the effects of seven K_2O rates (0 to 300 mg dm^{-3}) on the growth and seedling quality of *Mabea fistulifera*, *Cedrela fissilis*, and *Cariniana legalis* cultivated in a Red-Yellow Latosol for 120 days after sowing. The experiment was conducted in a randomized complete block design, and the data were subjected to regression analysis. Height, collar diameter, dry biomass, morphological ratios, and the Dickson Quality Index (DQI) were evaluated. *M. fistulifera* showed a significant response only for root dry mass. In *C. fissilis*, all variables responded to potassium supply, leading to increases in seedling growth and quality, especially in height, biomass accumulation, and DQI. For *C. legalis*, significant responses were observed only for collar diameter and shoot dry mass. These results demonstrate interspecific differences in response to potassium fertilization, indicating the need for species-specific fertilization recommendations to optimize the production of native forest seedlings.

Introdução

O sucesso de plantios com espécies florestais nativas depende da produção de mudas vigorosas e bem nutridas, porém ainda existem lacunas significativas sobre os requisitos nutricionais dessas espécies na fase de viveiro (Fernandes et al., 2019; Goulart et al., 2021). A insuficiência de informações específicas dificulta a definição de práticas adequadas de manejo e compromete a qualidade morfológica das mudas, etapa determinante para o estabelecimento e o crescimento no campo (Butzke et al., 2023; Duarte et al., 2023).

O potássio (K) desempenha funções fisiológicas essenciais, como regulação osmótica, ativação enzimática, fotossíntese e transporte de fotoassimilados, além de contribuir para a tolerância a estresses bióticos, como o ataque de patógenos e insetos, e abióticos, como déficit hídrico, salinidade e temperaturas extremas (Silva et al., 2022). Entretanto, a resposta das espécies florestais ao fornecimento desse nutriente é variável, especialmente entre espécies nativas, para as quais ainda há poucos estudos que permitam estabelecer faixas nutricionais adequadas para a fase de viveiro (Goulart et al., 2017).

Mabea fistulifera Mart. (canudo-de-pito), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro-rosa) e *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (jequitibá-branco) representam espécies relevantes da flora nativa brasileira, combinando funções ecológicas e potencial econômico. *M. fistulifera* destaca-se pela rusticidade, pelo rápido desenvolvimento e pela produção de óleo de interesse energético, sendo amplamente utilizada em programas de recuperação ambiental (Cortes et al., 2023; Santos et al., 2025). *C. fissilis* é valorizada pela madeira leve e de alto valor agregado, frequentemente empregada na movelaria e presente em formações da Mata Atlântica (Santos et al., 2024), sendo classificada como vulnerável de extinção (Barstow, 2018). *C. legalis*, espécie de grande porte e, atualmente classificada como em perigo de extinção (Negrão & Ribeiro, 2025), possui papel estrutural nas florestas estacionais e madeira densa de múltiplos usos (Lima et al., 2022).

Apesar da importância ecológica e econômica dessas espécies, ainda são escassas as informações sobre as faixas críticas de K no solo para a fase de viveiro e as doses que maximizam o crescimento e os índices morfológicos de qualidade. A ausência desses parâmetros dificulta a definição de recomendações técnicas específicas para a produção de mudas de espécies florestais nativas.

Em razão do papel fisiológico do K no crescimento vegetal e das diferenças ecológicas entre as espécies avaliadas, parte-se da hipótese de que o fornecimento crescente deste nutriente pode promover incremento no crescimento e nos índices de qualidade das mudas até uma faixa ótima. Adicionalmente, o desempenho tende à estabilização ou redução, e a magnitude dessa resposta varia entre as espécies em função de suas exigências nutricionais específicas.

Diante dessas lacunas, torna-se necessário avaliar como diferentes doses de K influenciam o desenvolvimento inicial dessas espécies. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar o efeito de doses de K no crescimento e na qualidade de mudas de *M. fistulifera*, *C. fissilis* e *C. legalis*, visando identificar as faixas mais adequadas para a produção de mudas em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (DEF/UFV), em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. As coordenadas geográficas do referido viveiro são: 20°45'14" S de latitude, 42°52'55" O de longitude e aproximadamente 648 m de altitude. O clima da região é classificado como Cwa, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos (Alvares et al., 2013).

As mudas foram produzidas em sacolas plásticas com volume de 0,6 dm³, mantidas em viveiro a céu aberto, dispostas sobre canteiros a pleno sol durante todo o período experimental. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo coletado abaixo de 20 cm de profundidade, o qual foi seco ao ar, peneirado e caracterizado quimicamente (Donagemma et al., 2011) antes da instalação do experimento (Tabela 1).

A acidez do solo foi corrigida com carbonato de cálcio (CaCO₃) e carbonato de magnésio (MgCO₃), na relação estequiométrica de 4:1, visando elevar a saturação por bases a 60% (Gonçalves et al., 2000). O solo corrigido permaneceu incubado por 30 dias, com umidade mantida próxima à capacidade de campo, estimada por saturação do solo seguida de drenagem natural até cessar o escoamento livre de água. A reposição hídrica foi realizada periodicamente, de forma a manter o solo visualmente úmido, sem ocorrência de encharcamento. Após a incubação, o solo foi acondicionado em sacolas plásticas.

Sementes de *M. fistulifera*, *C. fissilis* e *C. legalis* foram coletadas de árvores matrizes localizadas

Tabela 1. Atributos químicos do solo usado como substrato, incluindo pH em água; teores de fósforo (P) e potássio (K⁺); concentrações trocáveis de cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e alumínio (Al³⁺); acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB) e a pH 7,0 (T); matéria orgânica (MO); saturação por bases (V) e por alumínio (m).

Table 1. Chemical attributes of the soil used as substrate, including pH in water; contents of phosphorus (P), and potassium (K⁺); exchangeable concentrations of calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), and aluminum (Al³⁺); potential acidity (H + Al), sum of bases (SB), and cation exchange capacity at pH 7.0 (T); organic matter (OM); base saturation (V), and aluminum saturation (m).

| pH | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H + AL | SB | T | MO | V | m |
|--------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----|------|
| (H ₂ O) | mg dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | dag kg ⁻¹ | % | % |
| 4,79 | 0,7 | 6 | 0,11 | 0,01 | 0,92 | 3,9 | 0,14 | 4,04 | 1,6 | 3,5 | 86,8 |

Legenda: pH em água: Relação 1:2,5; P e K⁺: Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H + Al: Extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; pH 7,0; SB: Soma de bases trocáveis; V: Índice de saturação por bases; m: Índice de saturação de alumínio; MO: Carbono orgânico × 1,724; Walkley-Black.

em remanescentes de vegetação nativa na região de Viçosa, Minas Gerais. Em cada recipiente foram semeadas cinco sementes, com posterior realização de desbaste aos 15 dias após a emergência, reduzindo-se para duas plântulas por recipiente. Um novo desbaste foi realizado aos 30 dias, deixando-se apenas a planta dominante.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete doses de K: 0, 50, 100, 150, 200, 250 e 300 mg dm⁻³ de K₂O, quatro repetições e oito plantas por parcela experimental, totalizando 224 mudas por espécie. As doses foram aplicadas utilizando cloreto de potássio (KCl) como fonte de K, sendo igualmente fracionadas em cinco aplicações realizadas aos 10, 30, 50, 70 e 90 dias após o primeiro desbaste. Para cada tratamento, a quantidade total de fertilizante necessária foi previamente calculada com base no número de unidades experimentais. O KCl correspondente foi pesado, dissolvido em água e aplicado na forma de solução nutritiva diretamente ao substrato, utilizando-se volume de 200 mL por recipiente em cada aplicação.

Todos os tratamentos receberam superfosfato simples na dose de 4 kg m⁻³, incorporado uniformemente ao solo antes da semeadura. As adubações nitrogenadas de cobertura foram realizadas quinzenalmente com sulfato de amônio, na dose de 0,1 g dm⁻³ por aplicação. Para cada adubação, a quantidade total de fertilizante necessária foi previamente calculada, dissolvida em água e aplicada na forma de solução nutritiva, utilizando-se volume de 200 mL por recipiente. Não foi realizada adubação complementar com micronutrientes durante o período experimental. A irrigação foi realizada uma vez ao dia, mantendo o solo com aproximadamente 60% da capacidade de campo.

Aos 120 dias após a semeadura, foram mensurados: altura (H; cm) e diâmetro do coleto (D; mm) das mudas. Posteriormente, a parte aérea e as raízes foram separadas e secas em estufa de circulação forçada a 65 °C por três dias para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA; g) e das raízes (MSR; g), cuja soma resultou na massa seca total (MST; g).

A partir dessas variáveis, foram calculadas as relações H/D, MSPA/MSR, H/MSPA e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a fórmula (Dickson et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST \text{ (g)}}{H \text{ (cm)} / D \text{ (mm)} + MSPA \text{ (g)} / MSR \text{ (g)}} \quad (1)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando verificado efeito significativo das doses de K₂O, procedeu-se à análise de regressão. Foram ajustados modelos linear e quadrático, considerando a natureza quantitativa do fator estudado (doses crescentes de K) e os padrões de resposta esperados em estudos de adubação. A significância dos modelos foi avaliada pelo teste F (p ≤ 0,05), sendo selecionado o modelo com melhor ajuste biológico e estatístico. As análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2025), utilizando funções da biblioteca estatística base do programa. Os gráficos foram elaborados no Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, 2021).

Resultados

Mabea fistulifera

Para *M. fistulifera*, observou-se efeito significativo das doses de K apenas sobre a massa seca de raiz (MSR) (Figura 1). Os demais parâmetros morfológicos altura (H), diâmetro do coleto (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), H/D, H/MSPA, MSPA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) não apresentaram respostas significativas aos tratamentos. A MSR ajustou-se ao modelo quadrático, com ponto máximo estimado na dose de 130,83 mg dm⁻³ de K₂O, correspondendo à produção de 7,13 g.

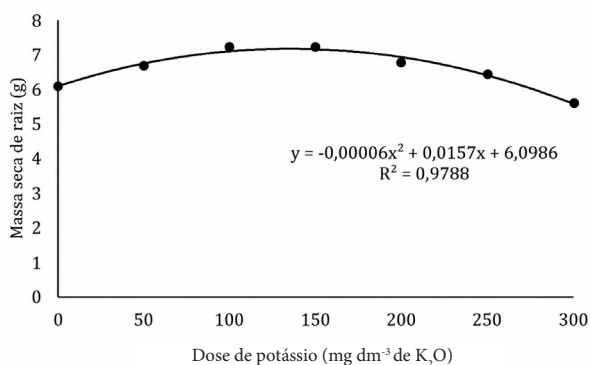


Figura 1. Massa seca de raízes das mudas de *Mabea fistulifera* em resposta à aplicação de doses de potássio (K₂O), 120 dias após a semeadura.

Figure 1. Root dry mass of *Mabea fistulifera* seedlings in response to potassium (K₂O) fertilization doses, 120 days after sowing.

Cedrela fissilis

Em *C. fissilis*, todos os parâmetros avaliados apresentaram resposta significativa ao K. A H das mudas ajustou-se positivamente ao modelo linear, indicando incremento progressivo ao longo das doses avaliadas. O maior valor estimado foi obtido na dose de 300 mg dm⁻³ de K₂O (Figura 2A). Por sua vez, o D, ajustou-se positivamente ao modelo quadrático, com ponto máximo fora da faixa experimental (Figura 2B).

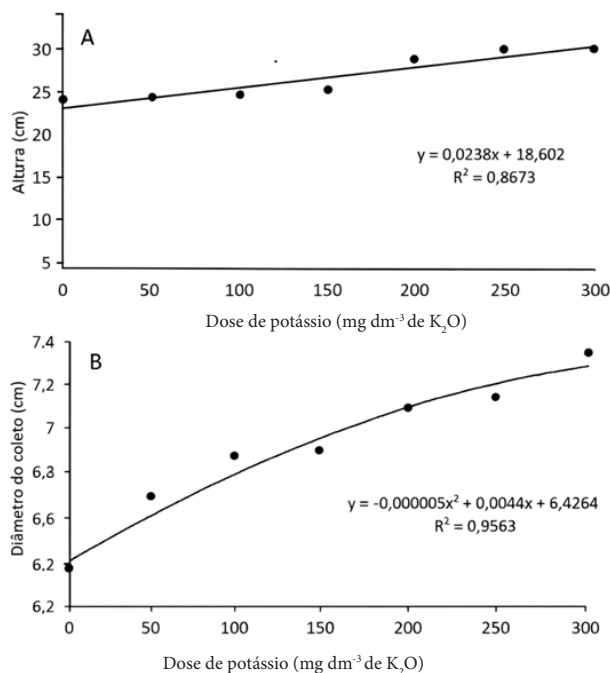


Figura 2. Altura (A) e diâmetro do coleto (B) das mudas de *Cedrela fissilis* em resposta à aplicação de doses de potássio (K₂O), 120 dias após a semeadura.

Figure 2. Height (A) and stem diameter (B) of *Cedrela fissilis* seedlings in response to potassium (K₂O) fertilization doses, 120 days after sowing.

A MSR ajustou-se positivamente ao modelo linear, alcançando seu maior valor no tratamento de 300 mg dm⁻³ (Figura 3A). A MSPA ajustou-se ao modelo quadrático, caracterizado por incremento nas doses iniciais e subsequente redução (Figura 3B). O modelo indicou valor máximo estimado na dose de 354 mg dm⁻³. A MST apresentou resposta quadrática negativa, com ponto máximo estimado na dose de 890 mg dm⁻³, ou seja, fora da faixa de doses testadas (Figura 3C).

Além disso, as relações H/D e MSPA/MSR também apresentaram ajustes quadráticos, com valores mínimo e máximo de 25 e 140 mg dm⁻³ respectivamente (Figuras 4A e 4B). O IQD ajustou-se ao modelo quadrático positivo, apresentando comportamento crescente no intervalo experimental avaliado, sem ponto máximo dentro da faixa de 0 a 300 mg dm⁻³ de K₂O (Figura 4C).

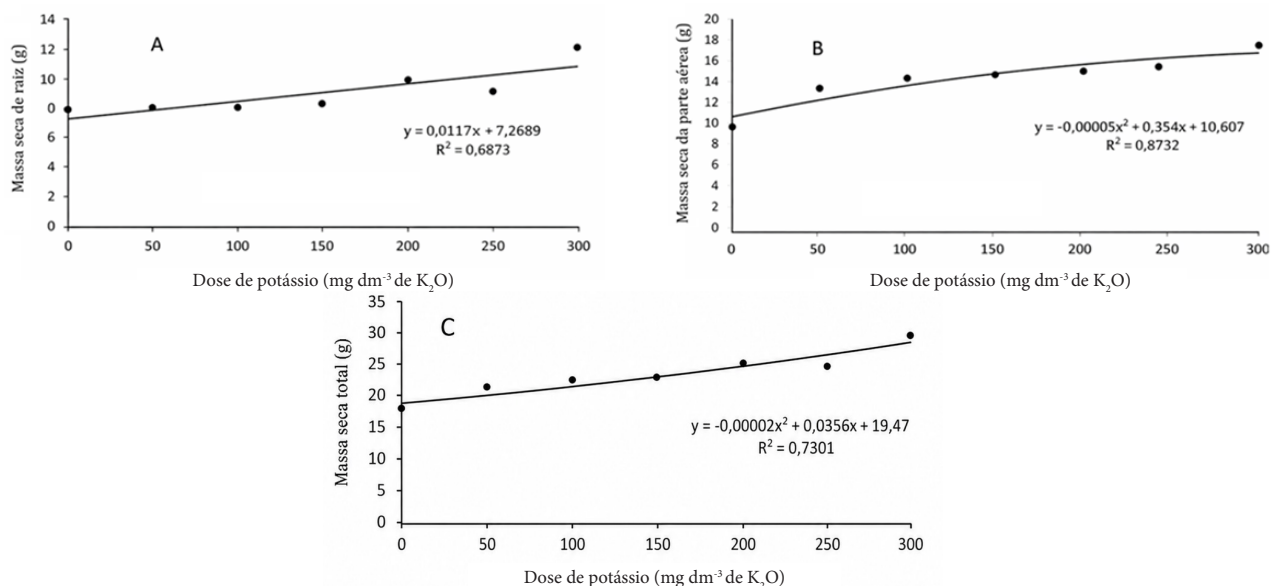


Figura 3. Massa seca de raiz (A), massa seca da parte aérea (B) e massa seca total (C) das mudas de *Cedrela fissilis* em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio (K_2O), 120 dias após a semeadura.

Figure 3. Root dry mass (A), shoot dry mass (B), and total dry mass (C) of *Cedrela fissilis* seedlings in response to increasing potassium (K_2O) fertilization doses, 120 days after sowing.

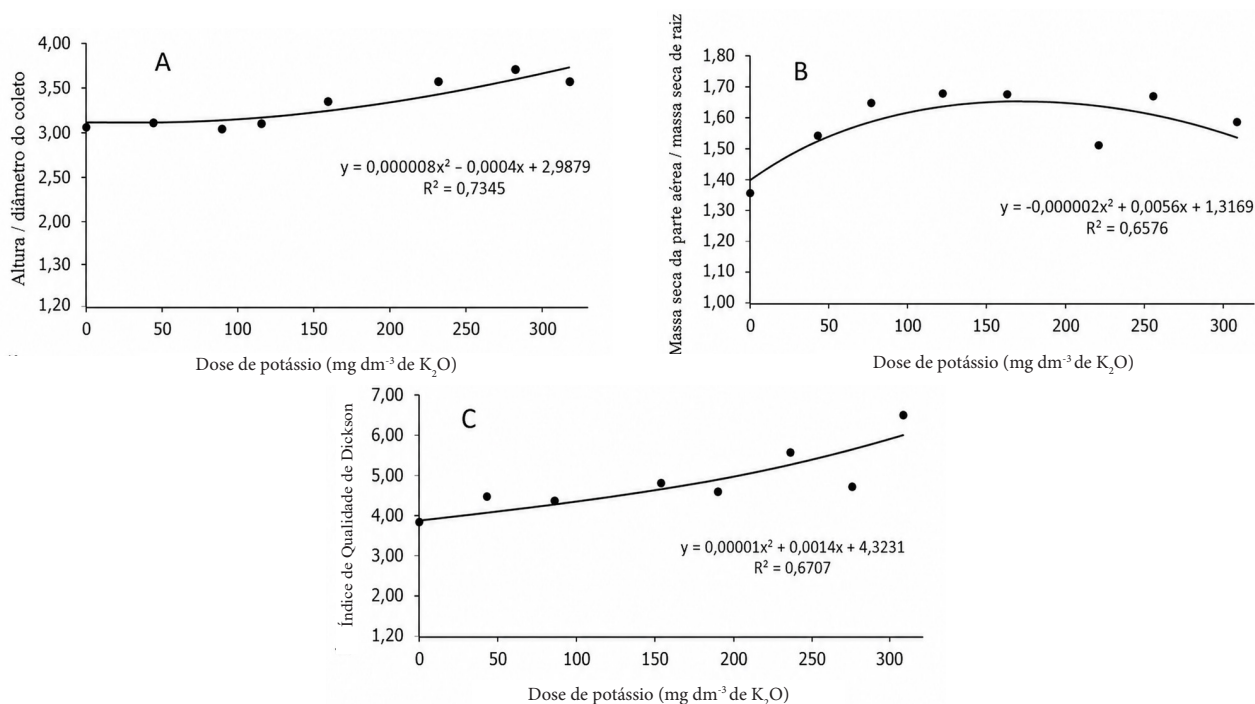


Figura 4. Relações altura/diâmetro do coleto (A), massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (B) e Índice de Qualidade de Dickson (C) de mudas de *Cedrela fissilis* em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio (K_2O), 120 dias após a semeadura.

Figure 4. Height/stem diameter ratio (A), shoot dry mass/root dry mass ratio (B), and Dickson Quality Index (C) of *Cedrela fissilis* seedlings in response to potassium (K_2O) fertilization doses, 120 days after sowing.

Cariniana legalis

Para *C. legalis*, houve efeito das doses de K apenas sobre o D e a MSPA. O D ajustou-se ao modelo quadrático, com ponto máximo estimado em 300 mg dm^{-3} (Figura 5A). A MSPA apresentou ajuste

quadrático positivo, com ponto de máxima produção estimado na dose de $268,75 \text{ mg dm}^{-3}$ (Figura 5B). Os demais parâmetros avaliados não apresentaram resposta significativa aos tratamentos.

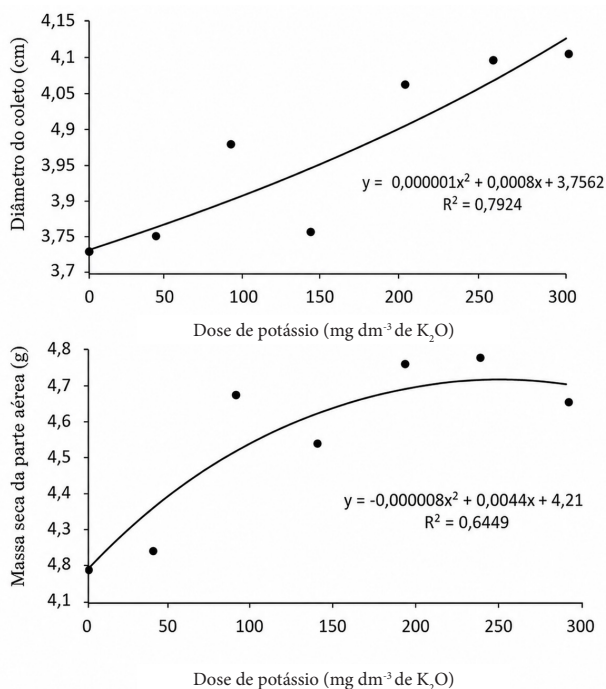


Figura 5. Diâmetro do coleto (A) e massa seca da parte aérea (B) de mudas de *Cariniana legalis* em resposta à aplicação de doses de potássio (K₂O), 120 dias após a semeadura.

Figure 5. Stem diameter (A) and shoot dry mass (B) of *Cariniana legalis* seedlings in response to potassium (K₂O) fertilization doses, 120 days after sowing.

Discussão

As espécies avaliadas apresentaram respostas distintas à aplicação de doses de K, evidenciando diferenças em suas exigências nutricionais e em seus padrões de alocação de biomassa na fase de viveiro (Goulart et al., 2021). Esses contrastes reforçam que a demanda por K não é uniforme entre espécies, conforme já esperado (Valadares et al., 2015).

Em *M. fistulifera*, a ausência de resposta na maioria das variáveis, exceto para a MSR, indica que o teor inicial de K no substrato foi suficiente para atender à demanda por este nutriente durante o período experimental. Essa baixa sensibilidade ao incremento de K sugere elevada plasticidade ecológica, característica já descrita para espécies rústicas e adaptadas às condições nutricionais mais restritivas (Valadares et al., 2015; Vargas et al., 2024).

A resposta quadrática da MSR, indica benefício inicial do nutriente, embora doses superiores a 130 mg dm⁻³ tenham reduzido essa variável. Este resultado coincide com o comportamento descrito para outras espécies arbóreas cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo. Em mudas de vinhático, Duarte et al. (2015)

observaram resposta quadrática para as principais variáveis morfológicas, recomendando a dose de 175 mg dm⁻³ como a mais adequada. Nesse contexto, o comportamento de *M. fistulifera* confirma que incrementos moderados de K podem favorecer o sistema radicular, mas doses muito elevadas tendem a reduzir o crescimento, evidenciando a necessidade de ajustes da adubação potássica.

Em *C. fissilis*, todas as variáveis responderam ao K, demonstrando maior exigência nutricional por este elemento para a formação de mudas de qualidade. O incremento na H, no D e na produção de biomassa confirma que o K desempenha papel essencial no crescimento primário das mudas (Epstein, 1975; Malavolta et al., 1997). Os ajustes quadráticos observados em H, MSPA e MST indicam que doses intermediárias de K são suficientes para maximizar o crescimento, enquanto concentrações excessivas podem limitar o desenvolvimento, possivelmente por efeitos osmóticos salinos ou competição por absorção com outros cátions (Ali et al., 2021; da Silva et al., 2022).

A resposta linear crescente da MSR ao suprimento de K indica aumento contínuo da atividade radicular com a maior disponibilidade de K, comportamento já relatado em outras espécies nativas cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo (Sustr et al., 2019). A relação MSPA/MSR apresentou valores próximos ao valor recomendado de 2,0 para mudas morfológicamente equilibradas (Goulart et al., 2017; 2021), indicando adequada distribuição de biomassa entre parte aérea e sistema radicular. O IQD também apresentou ponto máximo em doses intermediárias de K, reforçando a importância do elemento para a robustez e o equilíbrio morfológico das mudas (Avelino et al., 2021; Silva et al., 2023). Esses resultados demonstram que *C. fissilis* é altamente responsiva à adubação potássica, diferindo das demais espécies e confirmando sua maior demanda nutricional durante a fase de formação de mudas.

Para *C. legalis*, apenas o D e a MSPA responderam significativamente às doses de K. O incremento no D em doses intermediárias é coerente com o papel do K na turgidez celular e na resistência de tecidos, enquanto o comportamento quadrático da MSPA sugere uma faixa ótima de fornecimento, além da qual pode ocorrer limitação (Pacheco et al., 2021).

A ausência de resposta das demais variáveis indica que *C. legalis* apresenta menor demanda do K durante a fase inicial de crescimento, o que se alinha com relatos de algumas espécies nativas de baixa exigência para esse nutriente (Costa et al., 2025;

França et al., 2022). Como se trata de espécie de crescimento tipicamente lento e que possui estratégias conservativas de uso de recursos, é presumível que sua demanda por K seja naturalmente reduzida na fase de viveiro (Jiang et al., 2025; Ma et al., 2024). Portanto, *C. legalis* apresenta baixa demanda de K na fase inicial, respondendo apenas no D e na MSPA, sem alterações significativas nas demais variáveis morfológicas e no IQD.

O padrão de resposta observado nas espécies avaliadas reforça o papel fisiológico do K como elemento central na regulação do crescimento vegetal. A resposta positiva em doses moderadas, especialmente nas variáveis associadas ao acúmulo de biomassa e ao crescimento estrutural, está alinhada à atuação do K na regulação osmótica, ativação enzimática e no transporte de fotoassimilados (Taiz et al., 2017). Por outro lado, a limitação ou ausência de resposta em doses mais elevadas, bem como a resposta restrita de *C. legalis* a poucas variáveis morfológicas, sugerem que o excesso do nutriente pode gerar desequilíbrios iônicos e comprometer a eficiência metabólica, particularmente em espécies de crescimento mais lento e estratégia conservativa. Assim, os resultados indicam que o manejo adequado das doses de K é determinante para maximizar o crescimento inicial, respeitando as particularidades fisiológicas de cada espécie.

Conclusões

As espécies avaliadas apresentaram respostas distintas às doses de K, confirmando a hipótese de que o incremento do nutriente promove aumento no crescimento até uma faixa ótima, com magnitude variável entre espécies. *Mabea fistulifera* demonstrou baixa sensibilidade às doses aplicadas, indicando que o teor inicial de K no substrato foi suficiente para sustentar seu desenvolvimento inicial. *Cedrela fissilis* apresentou elevada responsividade ao nutriente, com incrementos significativos em H, D, MSPA, MSR, MST, relação H/D, MSPA/MSR e IQD, especialmente em doses intermediárias. Para *Cariniana legalis*, houve efeito apenas sobre o D e a MSPA, sugerindo menor exigência nutricional na fase inicial.

Os resultados reforçam a necessidade de recomendações específicas de adubação potássica para cada espécie florestal nativa, destacando que a definição de faixas adequadas de K contribui diretamente para a produção de mudas de maior qualidade e eficiência no uso de fertilizantes em viveiros.

Como limitações do estudo, destaca-se que as avaliações foram conduzidas apenas durante a fase inicial de viveiro, em Latossolo Vermelho-Amarelo específico e dentro da faixa experimental de 0 a 300 mg dm⁻³ de K₂O, não sendo recomendada a extrapolação das equações ajustadas para doses fora desse intervalo. Além disso, não foram realizadas análises nutricionais foliares que permitissem a determinação de níveis críticos internos do nutriente. Estudos complementares em diferentes classes de solo e condições de campo são necessários para consolidar as recomendações propostas.

Conflito de interesses

Os autores não têm conflitos de interesses a declarar.

Contribuição de autoria

Karine Fernandes Caiafa: conceitualização, metodologia, investigação, análise formal, escrita – primeira redação. **Haroldo Nogueira de Paiva:** supervisão, metodologia, escrita – revisão & edição.

Referências

- Ali, M. M. E. et al. Plant growth, yield and quality of potato crop in relation to potassium fertilization. **Agronomy**, v. 11, n. 4, 675, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040675>.
- Alvares, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Avelino, N. R. et al. Alocação de biomassa e indicadores de crescimento para a avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1733-1750, 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509843229>.
- Barstow, M. *Cedrela fissilis*. In: THE IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T33928A68080477. [S.l.]: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2018. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T33928A68080477.en>.
- Butzke, A. G. et al. Production of single assai palm, *Euterpe precatoria* Mart., seedlings subjected to nitrogen and potassium doses. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 10, n. 2, e7316, 2023. <https://doi.org/10.32404/rean.v10i2.7316>.
- Cortes, A. F. et al. Spatial variability of dendrometric parameters in a native tree *Mabea fistulifera* Mart. and its relationship with soil physical properties. **Agronomía Colombiana**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2023. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v41n1.103161>.

- Costa, M. M. M. N. Potássio na agricultura. **Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, v. 1, n. 2, p. 1-25, 2025. <https://doi.org/10.51473/rcmos.v1i2.2025.1259>.
- Dickson, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- Donagemma, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- Duarte, M. L. et al. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 221-229, 2015. <https://doi.org/10.1590/1980-50982015250522>.
- Duarte, M. L. et al. Produção de mudas de melaleuca em resposta à adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 46, n. 1, p. 44-53, 2023. <https://doi.org/10.19084/rca.26648>.
- Epstein, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: Ed Universidade de São Paulo; Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 186 p.
- Fernandes, M. C. O. da C. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Citharexylum myrianthum* em resposta à fertilização nitrogenada. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 1, p. 507-513, 2019. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v6i1.6433>.
- França, G. M. et al. O potássio atenua os efeitos do déficit hídrico em mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.). **Conjeturas**, v. 22, n. 2, p. 266-277, 2022. <https://doi.org/10.53660/CONJ-662-701>.
- Gonçalves, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M. & Benedetti, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- Goulart, L. M. L. et al. Produção de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em resposta à fertilização nitrogenada. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, e00137315, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.137315>.
- Goulart, L. M. L. et al. Production of *Cariniana estrellensis* seedlings in response to nitrogen fertilization. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, e8659, 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n4e8659>.
- Jiang, D. et al. Leaf nutrient resorption efficiency aligns with the leaf but not root economic spectrum in a tropical mangrove forest. **Plants**, v. 14, n. 17, p. 1-18, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14172610>.
- Lima, I. L. de et al. Wood properties of 38-year-old *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze based on planting spacing. **Colombia Forestal**, v. 25, n. 2, p. 5-16, 2022. <https://doi.org/10.14483/2256201x.19037>.
- Ma, B. et al. Plant economics spectrum governs leaf nitrogen and phosphorus resorption in subtropical transitional forests. **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 764, p. 1-15, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05484-9>.
- Malavolta, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- Microsoft Corporation. **Microsoft Excel: Version 2108**. Redmond, WA, USA, 2021.
- Negrão, R. & Ribeiro, M. *Cariniana legalis*. In: THE IUCN Red List of Threatened Species 2025: e.T34747A202326697. [S.l.]: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2025. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2025-2.RLTS.T34747A202326697.pt>.
- Pacheco, F. V. et al. Metabolismo relacionado com a fisiologia dos estômatos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 36, p. 186-207, 2021. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021B14.
- R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 17 jun. 2026.
- Santos, N. J. R. dos et al. Critical potassium concentrations for the initial cultivation of *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 48, n. 1, e0240046, 2024. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20240046>.
- Santos, V. S. et al. Do the elaiosome and seed coat color affect the seed quality of *Mabea fistulifera* Mart.? **Journal of Seed Science**, v. 47, n. 1, e202547005, 2025. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v47289194>.
- Silva, E. V. da et al. Crescimento de clones de *Hevea brasiliensis* sob doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 4, p. 1964-1979, 2022. <https://doi.org/10.5902/1980509864352>.
- Silva, O. L. M. da et al. Qualidade de mudas de vinagreira propagadas por estacas na Amazônia Sul-ocidental. **Scientia Naturalis**, v. 5, n. 1, p. 186-193, 2023. <https://doi.org/10.29327/269504.5.1-13>.
- Sustr, M. et al. Potassium in root growth and development. **Plants**, v. 8, 435, p. 1-16, 2019. <https://doi.org/10.3390/plants8100435>.
- Taiz, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 358 p.
- Valadares, S. V. et al. Plasticidade fenotípica e frações fosfatadas em espécies florestais como resposta à aplicação de fósforo. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 225-232, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200002>.
- Vargas, H. C. et al. Plasticidade anatômica de acículas de *Pinus taeda* L. em sol e sombra na região serrana de Santa Catarina. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 7, e8213746360, 2024. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i7.46360>.