

Efeito da adubação de boro no desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus urophylla* X *E. grandis* (Clone I144)

Effect of boron fertilization on the initial development of Eucalyptus urophylla X E. grandis seedlings (Clone I144)

Ademilson Coneglian^{1*}; Ivana da Silva Gomes Coneglian¹, Lidiane Machado Dionizio¹; Deuzidéria Beatriz da Silva Costa¹; Cleiton Gredson Sabin Benett¹ e Ismael Martins Pereira¹.

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Goiás – Brasil.

*Autor correspondente. E-mail: coneglian@ueg.br

Recebido: 23/06/2026; Publicado: 03/09/2026

RESUMO

A produtividade de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (Clone I144) no Brasil foi estimada em 41,3 m³/ha/ano (com casca), ciclo de 5-6 anos para ano de 2024. Embora o eucalipto se adapte bem aos solos brasileiros, ainda apresenta problemas relacionados à acidez e fertilidade do solo, o que gera a necessidade de fertilizantes para corrigir as deficiências nutricionais, visando obter maiores produtividades. Objetivou-se avaliar a adubação com boro (B) no crescimento inicial de mudas no clone de eucalipto I-144. O experimento foi realizado em estufa, em recipientes de plástico com capacidade de 5 dm³ e utilizado como substrato solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de B (0; 2; 4; 6; 8 mg dm⁻³), utilizando-se o Bioboro como fonte. Aos 90 dias após a aplicação foram analisados a altura da planta, o diâmetro do coleto, o número de folíolos e a matéria seca da raiz. Para as maiores doses de B utilizadas as plantas apresentaram menores índices de crescimento para as variáveis (altura, número de folhas e raiz). Conclui-se que o clone de eucalipto I-144 apresenta elevada eficiência de utilização de boro em seus estádios iniciais, não demonstrando resposta incremental à suplementação com Bioboro em condições de fertilidade basal. Entretanto, ressalta-se que concentrações superiores a 8 mg dm⁻³ de boro promovem resposta de tolerância à toxidez e compromete o desenvolvimento do sistema radicular e o incremento da parte aérea.

Palavras-chave: Produtividade, Fertilidade do solo, Silvicultura e Eucalipto

ABSTRACT

The productivity of the *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* species (Clone I144) in Brazil was estimated at 41.3 m³/ha/year (with bark), with a 5.6-year rotation cycle for the year 2024. Although eucalyptus adapts well to Brazilian soils, it still presents problems related to soil fertility, which generates the need for fertilizers to correct nutritional deficiencies, aiming to obtain higher productivity. The objective of this study was to evaluate boron (B) fertilization on the initial growth of eucalyptus clone I-144 seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse, in 5 dm³ plastic containers, using dystrophic Red-Yellow Latosol soil as the substrate. A randomized experimental design was used, with five treatments and six replicates. The treatments consisted of five B doses (0; 2; 4; 6; and 8 mg dm⁻³), using Bioboro as the source. At 90 days after application, plant height, stem diameter, leaflet number, and root dry matter were measured. It was observed that the highest Boron doses resulted in lower growth rates for the variables studied (height, number of leaves, and roots). It is concluded that the eucalyptus clone I-144 exhibits high boron utilization efficiency in its initial stages, showing no incremental response to Bioboro supplementation under basal fertility conditions. However, it should be noted that boron concentrations above 8 mg dm⁻³ promote a tolerance response to toxicity and compromise root system development and shoot growth.

However, it should be noted that boron

Keywords: Productivity, Soil fertility, Seedlings, Clone.

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus*, pertencente à família *Myrtaceae*, apresenta elevada diversidade taxonômica, com aproximadamente 840 espécies reconhecidas, distribuídas predominantemente na Austrália e, secundariamente, em regiões adjacentes da Ásia e Oceania, incluindo Nova Guiné, arquipélago de Bismarck, Molucas, Sulawesi, Pequenas Ilhas da Sonda e Filipinas (Embrapa, 2014; Royal Botanic Gardens, Kew, 2026).

No Brasil no ano de 2024, a área plantada foi de 10,52 milhões de hectares, dos quais 8,1 milhões de hectares correspondem ao eucalipto (Ibge, 2024 e Ibá, 2025). Os plantios de eucalipto estão localizados predominantemente em regiões como no Sudeste e Centro-Oeste do país, com destaques para Minas Gerais, Mato Grosso Sul e São Paulo, que lideram a área cultivada com eucalipto no país (Ibá, 2024 e Ibá, 2025). A produtividade da espécie no Brasil foi estimada em 41,3 m³/ha/ano (com casca), com algumas empresas alcançando mais de 50 m³/ha/ano em clones de elite, com uma duração média do ciclo de 6,7 anos (Ibá, 2025). Com o mercado crescendo cada vez mais, exige-se mudas sadias, com um padrão de qualidade, para o desenvolvimento ótimo de mudas. Entretanto o eucalipto apesar da sua boa adaptação em solos brasileiros, é importante cuidados como balanço nutricional, adubação de precisão, gerenciamento da serrapilheira (ciclagem biológica), para que os ciclos, atualmente de 5-6 anos, sejam eficientes (Wichert et al., 2023). Contudo, constantemente a fertilização é feita somente nos primeiros meses de crescimento da floresta, sendo insuficiente para atender a demanda nutricional no meio do ciclo (2-3 anos), interrompendo o crescimento apical, ficando a máxima produtividade comprometida (Rosa et al., 2021 e Prado et al., 2022).

A produção vegetal pode ser determinada através do balanço de radiação solar interceptada pela copa e a eficiência de conversão dessa radiação em biomassa (Oliveira, 2024). Por isso, para a seleção de clones com esse fundamento, é de suma importância que as características da madeira sejam consideradas, com o objetivo de produzir bioenergia, e a produção de carvão vegetal. Atualmente existem vários clones melhorados geneticamente disponível no mercado, incluindo espécies puras e híbridos. Entre as espécies plantadas em regiões de clima subtropical, destacando-se *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* (Embrapa, 2014). O clone I144 é um dos mais apropriados, justamente por apresentar elevados valores de densidade básica da madeira, além de elevado teor de lignina, o que o resulta em alta produtividade uma produção de carvão vegetal (Campos, 2023). O I144 apresenta relevância significativa quanto às características de crescimento, quando analisada em cinco anos, destacando-se com alta performance para a produção de carvão vegetal (Protasio, 2014).

A prática de fertilização restrita, exclusivamente aos estádios iniciais de desenvolvimento, compromete o balanço nutricional ao longo da rotação, acentuando deficiências críticas em fases de maior demanda fisiológica. Entre as limitações mais severas, destaca-se a deficiência de boro (B), especialmente em solos tropicais caracterizados por baixos teores de matéria orgânica e reduzida capacidade de retenção hídrica (Prado, 2021 e Araujo, 2023). A baixa mobilidade do boro no floema do eucalipto exige um suprimento contínuo para a manutenção do crescimento meristemático; assim, a ausência de adubações de manutenção resulta em distúrbios como a “seca do ponteiro”, que reduz drasticamente o incremento volumétrico (Gonçalves et al., 2020; Teixeira et al., 2023). Estudos recentes demonstram que em solos arenosos e sob regimes de alta lixiviação, a fertilização de base é insuficiente, demandando o uso de fertilizantes de liberação gradual ou aplicações via foliar e solo em idades intermediárias (2 a 4 anos) para garantir a integridade do dossel e a produtividade final (Araújo et al., 2022).

O elemento Boro (B) é um dos componentes fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo assim um dos vários elementos essenciais (Marschner, 2012). Entretanto, por requerer este elemento em pequenas quantidades, é classificado como micronutriente, importante na função estrutural, por ser componente de polissacarídeo, atuando diretamente na parede celular vegetal - ramnogalacturonana-II. Por isso é fundamental que o B esteja disponível para planta durante todo o ciclo da cultura (Marschner, 2012). Entretanto, as pesquisas relacionadas ao uso de fertilizantes em essências florestais, estas abordam são principalmente aos nutrientes macronutrientes primários (N, P e K), tendo uma carência de pesquisas a respeito dos micronutrientes. Dentre eles, o boro (B) que proporciona uma maior limitação na produtividade do eucalipto (Gonçalves *et al.*, 2015), onde o desequilíbrio entre cálcio e boro, em idades avançadas, pode causar morte do meristema apical, resultando em brotações excessivas e perda de qualidade da madeira (Gonçalves et al. 2020).

Em relação ao mecanismo de absorção, o B presente na solução do solo se move através das raízes por meio de fluxo de massa (Araujo, 2023; Fernandes, 2006). Por isso, a função do processo passivo de absorção radicular, com condições de alta precipitação, a planta pode então absorver quantidades elevadas de tal nutriente, levando a toxicidade quando o teor de B no solo é alto ou quando são aplicadas altas doses do nutriente (Dechen *et al.*, 1991). Porém, a deficiência severa de boro em povoamentos de *Eucalyptus* culmina frequentemente na morte do meristema apical (seca do ponteiro) e, em casos extremos, na mortalidade de indivíduos, resultando em falhas no estande florestal. Em níveis de carência moderada ou leve, os danos manifestam-se de forma localizada, incluindo a desorganização do câmbio vascular, necrose de tecidos terminais e a ocorrência de gomose (exsudação

de resinas), que compromete severamente a qualidade tecnológica da madeira para fins de celulose e serraria (Gonçalves *et al.*, 2020; Prado, 2021). Ressalta-se que resposta à disponibilidade de boro apresenta expressiva variabilidade genotípica, sendo que clones de alta produtividade demandam um monitoramento nutricional mais rigoroso. Assim, o entendimento das exigências específicas de cada material genético e a interação com a dinâmica hídrica do solo são cruciais para o manejo da adubação de manutenção, superando a visão generalista de décadas anteriores (Almeida *et al.*, 2021; Teixeira *et al.*, 2023).

Em consequência disso, fundamenta-se a importância da realização de estudos envolvendo a aplicação com doses de boro no crescimento inicial de mudas de eucalipto, visando à obtenção de mudas de boa qualidade e, consequentemente, maior sobrevivência pós-plantio, obtendo maior produtividade e sustentabilidade na produção florestal, por meio de sua adequada recomendação nutricional. Diante do exposto, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de doses crescentes de BioBoro no desenvolvimento inicial do clone de eucalipto I-144, determinando sua eficiência nutricional e o limite de tolerância à fitotoxicidade por boro.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O experimento foi conduzido em estufa, na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri (coordenadas geográficas 17° 43' 19" latitude S e 48° 08' 42" longitude W, altitude de 800 m). As características da estufa utilizada são: 3,5 m de pé direito, 30,0 m comprimento, 7,0 m de largura, fechada nas laterais com sombrite 50% na cor preta e cobertura com plástico transparente 180 micras.

O Município de Ipameri está localizado na região sudeste do Estado de Goiás, onde o clima é classificado como Aw (tropical estacional) com precipitação anual de aproximadamente 1.614,4 mm (INMET, 2023). Apresenta estações bem específicas sendo elas um inverno frio e seco com verões quentes e úmidos (Alvares *et al.*, 2013).

Análise química do solo

A análise química do solo foi realizada no Laboratório Agropecuário Solocria Ltda., sendo constatados os seguintes atributos: pH = 5,1; P = 4,1 mg dm⁻³; K = 125,0 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 1,9 cmolc dm⁻³; Al³⁺ = 0,0 cmolc dm⁻³; Zn = 2,8 mg dm⁻³; Fe = 62,2 mg dm⁻³; Mn = 18,9 mg dm⁻³; Cu = 1,4 mg dm⁻³; B = 0,24 mg dm⁻³; H + Al = 2,3 cmolc dm⁻³; Soma de bases trocáveis = 3,15 cmolc dm⁻³; Capacidade de troca catiônica efetiva = 3,14 cmolc dm⁻³; Capacidade de troca catiônica a pH 7,0 = 5,44 cmolc dm⁻³; Índice de saturação por bases = 58,75%; Índice de saturação de Alumínio = 0%; Matéria orgânica = 29 g dm⁻³.

Descrição dos tratamentos

Os tratamentos estudados foram: T1 - solo do cerrado + calagem; T2 - solo + calagem + Formulado NPK 5-30-15 + (2 mg dm⁻³ X 5 dm⁻³) utilizando o produto comercial Bioboro, via solução do solo; T3 - solo + calagem + Formulado NPK 5-30-15 + (4 mg dm⁻³ X 5 dm⁻³) de Bioboro, via solução do solo; T4 - solo + calagem + Formulado NPK 5-30-15 + (6 mg dm⁻³ X 5 dm⁻³) de Bioboro, via solução do solo e T5 - solo + calagem + Formulado NPK 5-30-15 + (8 mg dm⁻³ X 5 dm⁻³) de Bioboro, via solução do solo. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, 5 tratamentos e 6 repetições cada, totalizando 24 unidades experimentais. O solo foi peneirado em peneira de abertura de malha 4 mm, e 5 dm⁻³ desse material peneirado foram inseridos em sacos plásticos, aplicando-se 1,25g de calcário dolomítico (PRNT 92%) por dm⁻³ de solo (valor obtido com base na interpretação da análise química do solo) nas 18 unidades experimentais + 6 unidades controle. Transcorrido 30 dias de incubação, os sacos plásticos foram abertos, permanecendo em repouso por 2 dias para evaporação do volume de água excedente, mantendo-se a umidade gravimétrica do solo próxima à capacidade de campo. Em seguida, os materiais de solos correspondentes a cada parcela foram transferidos para os vasos plásticos de cor preto, com capacidades de volumétrica para 5 dm³, perfurados no perímetro inferior e acondicionados na casa de vegetação. A espécie utilizada foram mudas comerciais do clone de eucalipto i144, onde foram plantadas em vasos de 5 cm³ preenchidos solo agrícola classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Embrapa, 2018).

De 15 em 15 dias foram realizadas as mensurações das variáveis de altura da planta, diâmetro do coleto até o topo, com a auxílio de uma régua graduada em mm, diâmetro do coleto, com auxílio de um paquímetro digital e número de folhas, por meio de contagem manual. Após 90 dias as mudas de eucalipto foram fracionadas em folhas, caule e raízes para a determinação de matéria seca. Realizou-se lavagem das partes das plantas com água destilada e, posteriormente, as mesmas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, na temperatura de 70 °C, até a obtenção de massa. Depois de secas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g para determinação da matéria seca de folhas, caule e raiz.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas no software RStudio (R development core team, 2024). Após 90 dias experimentais. Os dados de altura da planta, massa caulinar e massa foliar, bem como suas respectivas doses de B, foram analisados utilizando a regressão simples.

RESULTADOS

Para as variáveis analisadas (altura, número de folíolos e matéria seca da raiz). As doses crescentes de boro não promoveram aumento significativo no crescimento em relação a altura, diâmetro, do coleto e número de folhas, visto que não houve ajuste de regressão para essas variáveis (Figura 1. A, B e C). As plantas submetidas à dose de 0 mg dm⁻³ de boro não apresentaram diferença em relação às plantas supridas com a dose máxima (8 mg dm⁻³). Entretanto o excesso de boro não afetou na altura e número de folhas das mesmas. Nesse caso, observa-se que a muda de eucalipto, em sua fase inicial de crescimento, é tolerante à dose de 8 mg dm⁻³ de boro.

Em relação ao diâmetro do caule houve ajuste de, os dados sugerem uma tendência de incremento dessa variável com o aumento das doses de B, com maior valor observado na dose de 8 mg dm⁻³. Houve incremento no diâmetro do caule de acordo com o aumento da dose de B, atingindo o maior valor na dose máxima. Entretanto, a magnitude das diferenças entre as doses deve ser interpretada com cautela, considerando a necessidade de comparação estatística entre as médias dos tratamentos.

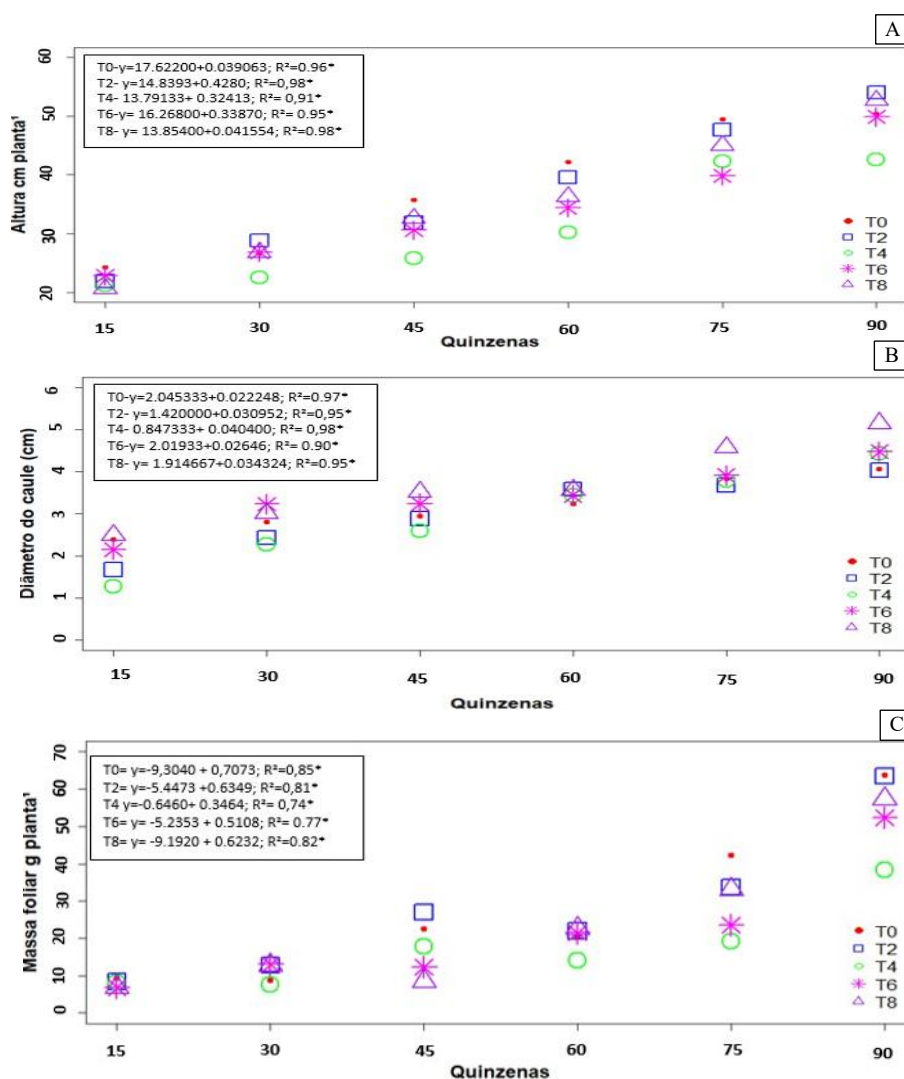


Figura 1. Funções de regressão em diâmetro de caule (A), altura (B) e número de folhas (C) de plantas adubadas com diferentes doses de boro: 0, 2, 4, 6 e 8 mL⁻¹ * significativo à 5 % de probabilidade

Os resultados referentes à massa seca e à massa fresca das raízes demonstraram que as diferentes doses de boro aplicadas não promoveram alterações significativas nestas variáveis (Figura 2). A análise de regressão para a massa seca das raízes apresentou uma equação com coeficiente angular negativo ($y = 31,2420 - 1,0589x$) e um R^2 de 0,2059, enquanto para a massa fresca das raízes a equação obtida foi $y = 22,1270 - 0,7033x$, com R^2 de 0,09375. Embora ambos os modelos tenham apresentado significância estatística ($p < 0,01$), os baixos valores de R^2 , inferiores a 21%, indicam que apenas uma pequena parcela da variação observada pode ser atribuída às doses de boro aplicadas. Além disso, os coeficientes angulares negativos, embora estatisticamente significativos, apresentam magnitudes reduzidas, sugerindo que eventuais variações nas massas radiculares em função do aumento das doses de boro são biologicamente irrelevantes. Estes resultados evidenciam que, nas condições experimentais avaliadas, o fornecimento de boro não exerceu influência significativa no desenvolvimento inicial das mudas.

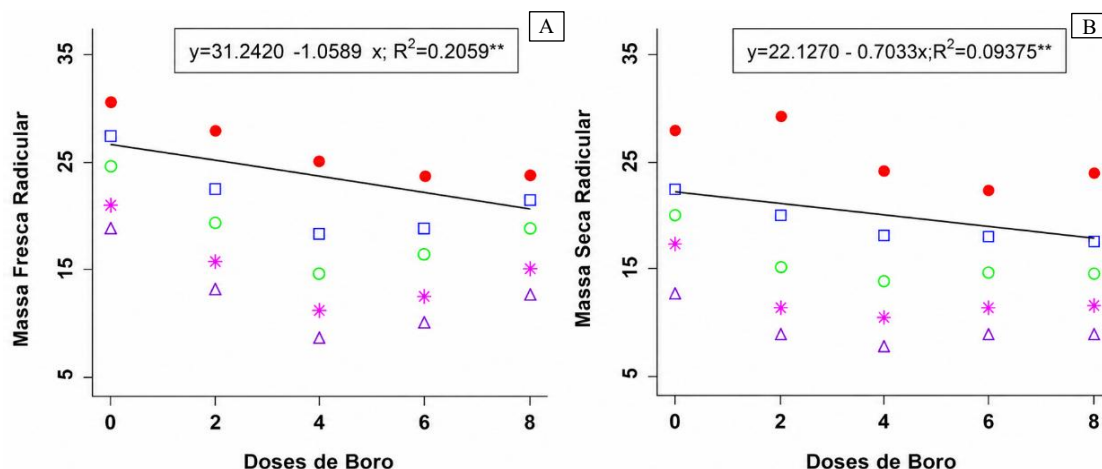


Figura 2. Relação entre as doses de boro (B) e a massa seca (A) e fresca (B) das raízes em plantas adubadas com diferentes doses de boro: 0, 2, 4, 6 e 8 mL⁻¹. Significativo à 1 % de probabilidade.

DISCUSSÃO

Para as variáveis analisadas (altura, número de folhas e matéria seca da raiz), as doses crescentes de boro não induziram incrementos significativos no crescimento, conforme evidenciado pelos modelos de regressão ajustados (Figura 1B e 1C). Ademais, plantas cultivadas sem adição de boro (0 mg dm⁻³) não diferiram estatisticamente daquelas submetidas à dose máxima (8 mg dm⁻³), apresenta-se tolerante a essa dose. Notavelmente, o excesso de boro não comprometeu a altura nem a produção foliar, indicando que mudas de eucalipto em fase inicial apresentam tolerância à concentração de 8 mg dm⁻³ desse micronutriente. Põe-se em evidência que o boro e suas funções estão relacionados ao transporte de açúcares das folhas para os demais órgãos da planta, no qual forma a parede celular, divisão celular (formação de gemas apicais, axilares e radiculares), síntese de lignina e celulose, balanço hormonal, síntese de ácidos nucleicos e proteínas, metabolismo dos fenóis, absorção radicular. O boro exerce funções vitais e multifacetadas no metabolismo do *Eucalyptus*, atuando primordialmente na estabilização estrutural da parede celular através da formação de complexos borato-dímero de rhamnogalacturonano II (RG-II). Esta ligação é fundamental para a porosidade da parede e para a expansão celular em zonas meristemáticas apicais e radiculares (Prado, 2021; Camacho-Cristóbal *et al.*, 2023). Além da função estrutural, o micronutriente é determinante no transporte de fotoassimilados das folhas para os brotos e raízes, influenciando diretamente a síntese de polímeros como lignina e celulose (Gonçalves *et al.*, 2020).

Em contraste com as demais variáveis analisadas, o diâmetro do caule apresentou ajuste significativo ao modelo de regressão em resposta às doses de boro. Observou-se um incremento linear no diâmetro à medida que as doses de B aumentaram, com o valor máximo registrado na concentração de 8 mg dm⁻³. Esse resultado demonstra que, diferentemente da altura e do número de folhas, o crescimento radial do caule em mudas de eucalipto é positivamente influenciado pela disponibilidade de boro, mesmo em sua dose máxima. Estudos demonstram que a suplementação com tetraborato de sódio associada à adubação NPK promove efeitos positivos significativos no desenvolvimento de *Eucalyptus grandis*. Plantas suplementadas com boro apresentaram

incremento no crescimento, redução na mortalidade dos ponteiros e estímulo ao florescimento, em comparação com aquelas não tratadas. Os resultados indicam que uma dose de 8 g de boro por planta, na forma de tetraborato de sódio, é suficiente para suprir as demandas nutricionais dessa espécie, reforçando o papel essencial desse micronutriente no vigor e desenvolvimento do eucalipto (Cooling; Jones, 1970). Pesquisas recentes indicam que doses entre 2 a 4 kg de B por hectare (o que equivale a aproximadamente 1,2 a 2,5 g/planta em espaçamentos convencionais) são suficientes para atingir o nível crítico foliar sem induzir fitotoxicidade (Teixeira *et al.*, 2023; Prado, 2021). Ademais, a utilização de fontes altamente solúveis como o tetraborato de sódio tem sido substituída por fontes de solubilidade gradual, como a ulexita ou borosilicatos, que garantem a disponibilidade do nutriente por períodos prolongados e minimizam perdas por lixiviação em solos tropicais arenosos (Araújo *et al.*, 2022; Wichert *et al.*, 2023). Quando comparado este estudo com pesquisas contemporâneas do mesmo segmento, observa-se que a eficiência no uso do boro é altamente dependente da interação entre a disponibilidade hídrica e a taxa de transpiração da planta, e não apenas da carga absoluta aplicada no plantio (Gonçalves *et al.*, 2020). Outro do mesmo segmento, mas na cultura do mogno-africano, observa-se que as plantas cultivadas sem dose de B (controle) não apresentaram deficiência visual no tecido foliar. Assim possivelmente o teor natural de B no solo, mesmo que em pequena concentração é suficiente para não mostrar sintomas visuais de deficiência como, por exemplo, o encarquilhamento do limbo foliar. No entanto, a ausência de sintomas visuais não descarta uma deficiência nutricional marginal. Como os sinais não são perceptíveis a olho nu nessa fase, a análise química foliar torna-se indispensável para confirmar o diagnóstico (Araújo, 2023).

Em 2023 foi feito outro trabalho onde houve um estudo sobre a dinâmica de fontes de B no solo e no crescimento de mudas de eucalipto, quando observado as variáveis morfológicas dessa planta, pode notar que não apresentaram resultados significativos no fornecimento do nutriente B, pois a sua interação foi significativa ($p \leq 0,05$) entre as fontes e doses de B. As doses de 1,5 e 3 mg dm^{-3} não promoveu crescimento comparado com as doses sem aplicação, contudo destacou-se que a planta sem adubação não apresentou sintomas visuais de deficiência do elemento, mesmo cultivando-as em solo com pouco teor de nutriente, assim concluindo então que a espécie tem pouca exigência de B no início de seu desenvolvimento (Araújo, 2023).

A variável massa seca da raiz (MSR) e massa fresca da raiz não apresentaram respostas significativas às doses de boro aplicadas (Figura 3). Esses resultados corroboram com Araújo (2023), que também não observou incrementos significativos na biomassa do sistema radicular de eucalipto em resposta à suplementação com B. As poucas respostas nas variáveis de crescimento ao fornecimento de B podem estar relacionadas à baixa demanda da espécie ao elemento na fase inicial de crescimento. Assim, o teor de B mesmo que baixo contido no solo, foi suficiente para suprir as plantas durante o período experimental.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o clone de eucalipto I-144 apresenta elevada eficiência de utilização de boro em seus estádios iniciais, não respondendo no incremento à suplementação adicional desse micronutriente em condições de fertilidade basal. A ausência de resposta favorável sugere que a exigência fisiológica imediata foi suprida pelas reservas iniciais, tornando a adubação boratada de base dispensável sob as condições testadas.

Entretanto, ressalta-se a alta sensibilidade do material genético ao excesso do elemento; concentrações superiores a 8 mg. dm^{-3} de boro no substrato/solo promovem respostas de tolerância à induzem sintomas de toxidez, porém reduzem o crescimento do sistema radicular quanto no incremento da parte aérea da planta do eucalipto I-144.

AGRADECIMENTOS

Universidade Estadual de Goiás (UEG) pelo apoio financeiro e infraestrutura e a empresa H2 (pela disponibilidade do produto e aplicação).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. D. *et al.* Genetic variation in boron use efficiency and transport in *Eucalyptus* clones. **Tree Physiology**, v. 41, n. 8, 2021.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, L. S. *et al.* Boron fertilization management in Eucalyptus plantations: A review of strategies for tropical soils. **Forest Systems**, v. 31, n. 2, 2022.

ARAÚJO, M. S. **Dinâmica no solo e na planta de fontes de boro de diferentes solubilidades em Eucalipto e Mogno Africano**. 2023. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2023.

CAMPOS, A. M.; SILVA, F. C. Manejo de eucalipto para a produção de madeira. *In*: IPEF. **Scientia Forestalis**, n. 101, p. 155-168, 2023.

COOLING, E. N.; JONES, B.E. The importance of boron and NPK fertilizers to Eucalyptus in the southern province, Zâmbia. **East African Agricultural and Forest Journal**, v.36, n. 2, p.103-120, 1970.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. *In*: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P., eds. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p.79-97.

EMBRAPA. Apostila Série TT: Eucalipto. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121607/1/Apostila-Serie-TT-Eucalipto.pdf>. Acesso em: 20 outubro 2024.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa. 2006. 432 p.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. *In*: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. (Org.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 2015. p. 111-154.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Eucalyptus nutrition and fertilization. *In*: **Eucalyptus: Cultivation and Uses**. New York: Nova Science Publishers, 2020.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Nutrição e adubação de florestas de eucalipto. *In*: **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2020.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Valor de produção da silvicultura e da extração vegetal cresce 11,2% e soma R\$ 37,9 bilhões**. Agência de Notícias, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41404-valor-de-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-cresce-11-2-e-soma-r-37-9-bilhoes>. Acesso em: 15 outubro 2024.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Anual 2024**. Brasília: Ibá, 2024. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf> . Acesso em: 15 outubro 2024.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Anual 2025**. Brasília: IBÁ, 2025. Disponível em: <https://iba.org/?publications=relatorio-anual-2025> .Acesso em: 20 maio 2026.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Precipitação Acumulada**. 2024. Disponível em: [Instituto Nacional de Meteorologia - INMET](https://www.inmet.gov.br/). Acesso em: 10 de outubro de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Valor de produção da silvicultura e da extração vegetal cresce 11,2% e soma R\$ 37,9 bilhões**. Agência IBGE Notícias, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41404-valor-de-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-cresce-11-2-e-soma-r-37-9-bilhoes> Source

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd. ed. London: Elsevier, 2012. 651 p.

OLIVEIRA, G. **Ecofisiologia de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* I144 submetidas ao estresse salino.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL. 2024.

PRADO, R. M. et al. Nutritional disorders and leaf analysis in eucalyptus. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 12, 2022.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2021.

PROTÁSIO, T. P. **Clones comerciais de *Eucalyptus* de diferentes idades para o uso bioenergético da madeira.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R versão 4.4.0: **A linguagem and Environment for Statistical Computing.** Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 02 de outubro de 2024.

ROSA, S. L. et al. Nutritional dynamics and biomass production in short-rotation eucalyptus plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 482, 2021.

Royal Botanic Gardens, Kew. 2026. **Eucalyptus L'Hér.** In: **Plants of the World Online**. Disponível em: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:27534-1> [Source](#)

TEIXEIRA, G. C. M. et al. Dynamics of boron in eucalyptus stands: from soil to tree growth performance. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, 2023.

WICHERT, M. C. et al. Sustainable management of soil fertility in tropical eucalyptus forest. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 2023.