

## Mudas de *Eucalyptus urophylla* sob diferentes concentrações de Cr: sintomas de toxidez e efeitos no crescimento

### *Eucalyptus urophylla* cuttings under different concentrations of Cr: toxicity symptoms and effects on growth

DOI:10.34117/bjdv8n5-090

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

#### **Nilma Portela Oliveira**

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA)  
Instituição: Instituto Federal do Pará campus Abaetetuba  
Endereço: Avenida Rio de Janeiro, 3322 - Francilândia, Abaetetuba/PA  
CEP: 68440-000  
E-mail: nilma.portela@ifpa.edu.br

#### **Ana Rosa Ribeiro Bastos**

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA)  
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)  
Endereço: Caixa Postal 3037, Lavras/MG, CEP: 37200-900  
E-mail: arosa@dcs.ufla.br

#### **Alisson Lucrécio da Costa**

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA)  
Instituição: Instituto Federal Goiano campus Iporá  
Endereço: Avenida Oeste, 350 - Parque União, Iporá /GO, CEP: 76200-000  
E-mail: alisson.lucrecio@ifgoiano.edu.br

#### **Henrique Nery Cipriani**

Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)  
Instituição: Embrapa Rondônia  
Endereço: Rodovia BR-364, Km 5,5, Zona Rural Caixa Postal: 127, Porto Velho/RO  
CEP: 76815-800  
E-mail: henrique.cipriani@embrapa.br

### **RESUMO**

Com o objetivo de avaliar os efeitos da toxidez de cromo (Cr) sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urophylla*, foi instalado um experimento em casa-de-vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Foram utilizadas diferentes concentrações de Cr (0,00; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32 e 0,64 mM) fornecido como  $[\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}]$ , em solução nutritiva de Clark. Após cinco semanas de exposição aos tratamentos, as plantas exibiram sintomas de toxidez traduzidos em redução no crescimento, queda de folhas, encurtamento e escurecimento de raízes e com a elevação das concentrações estas se tornavam mais finas e quebradiças. A elevação nas concentrações de Cr na solução nutritiva exerceu efeitos significativos sobre diversos parâmetros vegetativos estudados: altura e incremento em altura, diâmetro e incremento em diâmetro, produção de matéria seca nos quais mostraram redução significativa com o aumento da dose do metal pesado a partir da concentração de 0,08

mM Cr. De maneira geral, a aplicação de Cr acima de 0,08 mM reduz o crescimento de todos os órgãos da planta.

**Palavras-chave:** solução nutritiva, crescimento, metal pesado, fitorremediação.

## ABSTRACT

In order to evaluate the effects of chromium (Cr) toxicity on the growth and development of *Eucalyptus urophylla* cuttings, an experiment was installed in a greenhouse at the Department of Soil Science at the Federal University of Lavras. Doses of Cr (0.00; 0.04; 0.08; 0.16; 0.32 and 0.64 mM) supplied as  $[\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}]$  were applied in Clark's nutrient solution. After five weeks of exposure to treatments, the plants exhibited symptoms of toxicity translated into reduced growth, fall of leaves, shortening and darkening of roots and with the increase in concentrations these became thinner and more brittle. The increase in the doses of Cr in the nutrient solution had significant effects on several vegetative parameters studied: height and increase in height, diameter and increase in diameter, production of dry matter in which they showed a significant reduction with the increase of the heavy metal dose from the concentration of 0.08 mM Cr. In general, the application of Cr above 0.08 mM reduces the growth of all plant organs.

**Keywords:** nutrient solution, growth, heavy metal, phytoremediation.

## 1 INTRODUÇÃO

A contaminação ambiental por metais pesados devido a diferentes atividades antrópicas é uma realidade mundial (Reboredo et al., 2021), essa prática aumenta a liberação desses elementos no meio ambiente. Em função destas atividades, tem-se presenciado a ocorrência de vários metais pesados tóxicos, tais como chumbo (Pb), zinco (Zn), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), arsênio (As) e cromo (Cr) na água e no solo causando significativos danos à biota e microbiota do solo e plantas, e, eventualmente, pode provocar efeitos adversos na saúde humana através da cadeia alimentar (Guo et al., 2020).

As principais atividades responsáveis pela contaminação ambiental por Cr são a galvanoplastia e tingimento de couro (Shanker et al., 2005; Cipriani et al., 2012). O Cr ocorre na natureza em diferentes estados de oxidação, sendo: Cr (VI) e Cr (III) o mais estável e comum no meio ambiente. Em solos, este último é mais abundante que o anterior, que é mais solúvel e tóxico (Cipriani et al., 2012).

A contaminação do solo, cursos de água e lençol freático por Cr são problemas ambientais graves que necessitam intervenção tecnológica. Entre as inúmeras estratégias de remediação, a fitorremediação é uma alternativa promissora, destacando-se a introdução de maciços florestais em áreas contendo concentrações consideráveis de metais pesados (Soares et al., 2001; Cipriani et al., 2012).

Pesquisas básicas sobre fitotoxicidade de metais pesados e a tolerância das espécies aos estresses impostos pelo excesso destes elementos são fundamentais para o desenvolvimento de metodologias para fitorremediação. Entender os padrões de absorção, translocação e acúmulo de íons metálicos, os limites de tolerância e os sintomas de fitotoxidez das espécies com potencial para introdução em áreas contaminadas, tornou-se de grande relevância tecnológica e acadêmica (Soares et al., 2001).

O *Eucalyptus* sp. para fins de fitorremediação tem sido utilizado com sucesso em diferentes áreas do mundo onde os solos estão contaminados com metais pesados (Reboredo et al., 2021). *Eucalyptus* L'Hér. (Myrtaceae) representa atualmente o gênero de espécies florestais folhosas mais amplamente plantado no mundo, com cerca de 600 espécies. As principais espécies plantadas e seus híbridos, pertencem ao subgênero *Symphomyrtus* (*E. grandis*, *E. urophylla*, *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. nitens*, *E. pellita*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. dunnii*) e constituem mais de 95% das florestas plantadas de eucalipto do mundo (De Oliveira; Pinto Junior, 2021).

No Brasil, a área total de cultivo de eucalipto é de 6,97 milhões de hectares (Nascimento et al., 2021). A espécie *E. urophylla*, assim como os seus híbridos, é comumente utilizada pela indústria de celulose e para produção de energia (carvão) (De Oliveira; Pinto Junior, 2021). Neste sentido, o cultivo de eucalipto pode ser uma alternativa apropriada de uso do solo onde há presença de metais pesados como o Cr.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da exposição de mudas de *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de Cr sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como no aparecimento de sintomas de fitotoxidez.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude Sul e 45° 00' de longitude Oeste e altitude 910 m. Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus urophylla* propagadas por sementes e adquiridas em viveiro comercial.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições, representados pelas concentrações de cromo (Cr): 0,00 mM; 0,04 mM; 0,08 mM; 0,16 mM; 0,32 mM e 0,64 mM, cuja fonte utilizada foi nitrato de cromo (III) nonahidratado [ $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ].

As mudas foram dispostas em bandejas plásticas com capacidade de 35L, contendo solução nutritiva de Clark (Clark,1975), com a concentração de todos os nutrientes reduzida a 50% e aeração constante, onde permaneceram por 15 dias. Em seguida a solução foi substituída por outra que continha a concentração normal dos nutrientes, permanecendo nesta por mais 15 dias – adaptação.

Ao final de 15 Dias, as mudas de eucalipto foram individualizadas em vasos plásticos, com capacidade de 3L, contendo solução nutritiva padrão, ocasião em que se adicionaram as diferentes concentrações de Cr e, mediu-se as plantas quanto a sua altura e diâmetro do colo.

Na preparação de todas as soluções estoque dos nutrientes e do Cr empregou-se reagentes P.A. A solução nutritiva foi preparada com água deionizada, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se também de água deionizada.

As mudas foram mantidas durante 60 dias expostas ao Cr, com renovação da solução nutritiva a cada 15 dias, ocasião em que se verificou a manifestação clara de sintomas de toxidez e procedeu-se a colheita das plantas.

No momento da colheita do experimento, as mudas foram medidas quanto a sua altura e diâmetro do colo, posteriormente seccionadas e fracionadas em raízes, caules e folhas. Em seguida efetuou-se a lavagem dessas frações com água destilada e introdução em estufa com circulação forçada de ar, a 60-70 ° C para secagem até peso constante. Para a determinação do peso de matéria seca foi utilizada balança de precisão (0,01g). A relação raiz/parte aérea (R/PA) é calculada dividindo-se o peso seco da raiz pelo peso seco da parte aérea (folhas + caule). Para a produção da matéria seca relativa da parte aérea e raízes considerou-se 100% o valor obtido no tratamento controle sem nenhuma adição de metal na solução.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011), por meio do qual também foram ajustadas as equações de regressão.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 SINTOMAS DE FITOTOXIDEZ**

A aplicação de Cr em mudas de *E. urophylla* provocou o aparecimento de sintomas de toxidez, após cinco semanas, tanto na parte aérea quanto na raiz das plantas, traduzidos em redução no crescimento (Figura 1).

A presença de Cr promoveu murcha e posterior queda das folhas que se iniciou aos trinta e oito dias após aplicação de 0,64 mM Cr. A murcha é um sinal comum de toxicidade do Cr que afeta uma variedade de espécies herbáceas e arbóreas (Turner; Rust, 1971; Poschenrieder; Barceló, 2004; Dube et al., 2009; Cipriani et al., 2012).

Embora pouco se saiba sobre o verdadeiro impacto deste metal nas relações hídricas das plantas superiores, reduções no potencial hídrico e na taxa de transpiração com aumento na resistência difusiva têm sido encontradas regularmente em plantas intoxicadas com Cr (Chatterjee; Chatterjee, 2000; Davies Jr. et al., 2002; Pandey; Sharma, 2003; Vernay et al., 2007; Gopal et al., 2009; Cipriani et al., 2012).

Ao final do experimento, as mudas sob concentrações de Cr acima de 0,08 mM apresentavam desfolha moderada a alta e raízes com volume reduzido. Cipriani et al., 2012 observaram redução na quantidade de folhas e no volume de raízes de mudas de *E. urograndis* em solução nutritiva sob concentrações de Cr superiores a 0,04 mM.

Os principais sintomas de toxidez verificados nas raízes foram: encurtamento, escurecimento e com a elevação das concentrações se tornavam mais finas e quebradiças (Figura 1B). Sintomas semelhantes são relatados por Paiva, (2000) para Ipê-roxo e cedro, sob estresse de Cd, Ni, Pb e Zn. De acordo com Soares (1999), alterações na coloração do sistema radicular e o desenvolvimento de raízes laterais curtas podem ser consequência da deficiência induzida de Ca.

Figura 1: Sintomas de toxidez de Cr em mudas de *E. urophylla*. A) Crescimento em função da elevação de doses de Cr. B) Redução de crescimento com raízes escuras, finas e quebradiças.





Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2 CRESCIMENTO VEGETATIVO

A elevação nas concentrações de Cr, na solução nutritiva exerceu efeitos significativos sobre os diversos parâmetros vegetativos estudados, são eles: altura e incremento em altura, diâmetro e incremento em diâmetro, produção de matéria seca (Figuras 2 e 3).

Verificou-se que a altura das mudas de eucalipto diminuiu com o aumento das concentrações de Cr em solução (Figura 2). O decréscimo em relação ao controle chegou a 32,43% na concentração de 0,64 mM de Cr e, houve acréscimo em altura na dose de 0,04 mM de 9,02%. Quanto ao incremento em altura, este chegou a reduzir até 90,10 % a 0,64 mM e na concentração de 0,04 mM alcançou aumento de 27,03%.

O diâmetro do colo das mudas de eucalipto diminuiu com o aumento das concentrações de Cr em solução a partir da dose 0,16 mM Cr chegando a uma diminuição de até 38,87% na concentração 0,64 mM Cr (Figura 2). Houve aumento no incremento em diâmetro na dose de 0,04 mM correspondente a 20,48% com posterior decréscimo nas maiores doses.

Os mais prováveis responsáveis pelos efeitos citados acima são problemas nas raízes causados pela presença de Cr na solução nutritiva afetando o transporte de água e nutrientes para os órgãos superiores. Além disso, a transferência de Cr para a parte aérea pode afetar diretamente o metabolismo celular, reduzindo o crescimento das mudas (Shanker et al., 2005).

A produção de matéria seca de caule (MSC), folhas (MSF) e raízes (MSR) por mudas de *E. urophylla* foi significativamente afetada pelas concentrações de Cr aplicadas em solução nutritiva (Figura 2).

A matéria seca da parte aérea (PA) que corresponde ao somatório de MSC e MSF, diminuiu com o aumento das doses de Cr em solução, excetuando a dose 0,04 mM Cr que apresentou acréscimo de 0,74g (17,66%) em relação ao controle que resultou em 4,19 g. Cipriani et al., 2012 relataram que a MSC e MSF de mudas de *E. urograndis* foram severamente afetadas nas concentrações iguais ou superiores a 0,08 mM.

Estudos citados por Shanker et al. (2005) mencionam a redução de matéria seca provocada pela toxidez de Cr em diversas espécies, como, couve-flor, repolho, rabanete, feijão, milho, entre outras.

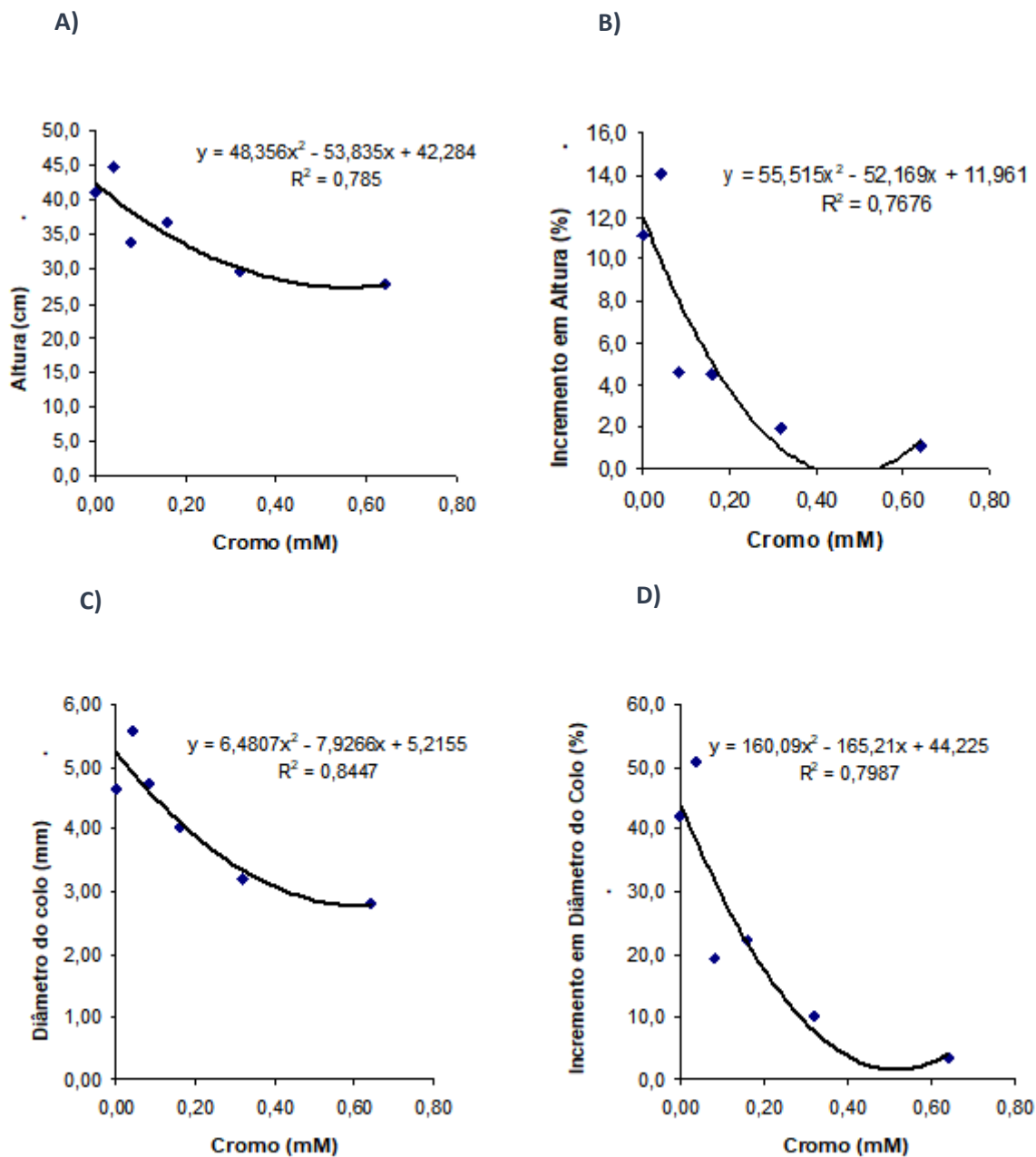
A MSR sofreu redução de 6,25%; 19,38%; 59,37%; e 65,63% em relação ao controle nas concentrações de 0,08; 0,16; 0,32; e 0,64 mM de cromo, respectivamente. Esse efeito segundo Shanker et al., (2005) se deve provavelmente à inibição de divisão e alongamento das células radiculares ou à extensão do ciclo celular nas raízes. Sob 0,04 mM, a MSR foi superior ao controle 46,88%.

A relação raiz/parte aérea (R/PA) é uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento radicular pode afetar o crescimento da parte aérea e vice-versa (Goss, 1973).

A relação entre raiz e parte aérea também foi afetada pelo aumento das doses de Cr em solução observando-se aumento na R/PA de 0,38 a 0,62. Isto indica que a matéria seca da parte aérea é mais afetada que a MSR.

Hossner et al. (1998) citam que o Cr é tóxico para a maior parte das plantas cultivadas, sendo a faixa de concentração que causa toxidez é de 0,5 a 5,0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  (0,01 a 0,10 mM) em solução nutritiva, intervalo que compreende os valores de concentrações que afetaram o crescimento e desenvolvimento adequados para as raízes e a parte aérea das mudas de *Eucalyptus urophylla*.

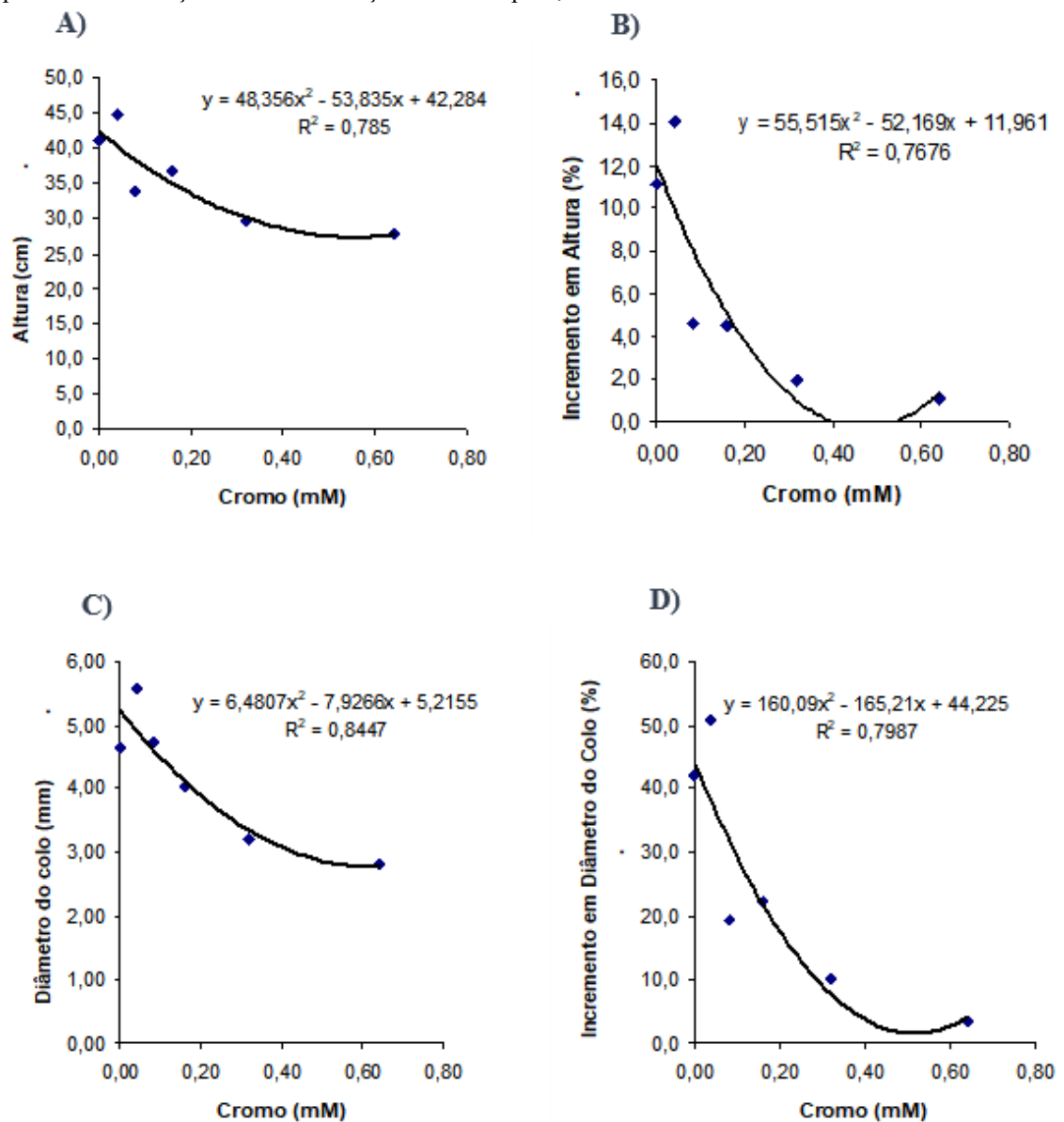
Figura 2: Altura e incremento em altura, diâmetro do colo e incremento em diâmetro do colo de mudas de *E. urophylla* em resposta a concentrações de Cr em solução nutritiva \* $p \leq 0,05$ .



Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 3: Matéria seca do caule (MSC), folhas (MSF), raiz (MSR) e razão R/PA de mudas de *E. urophylla* em resposta a concentrações de Cr em solução nutritiva \* $p \leq 0,05$ .



Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mudas de *E. urophylla* são sensíveis à aplicação de Cr a partir da concentração 0,08mM em solução nutritiva, exibindo sintomas de fitotoxicidade manifestados principalmente como redução no crescimento, queda de folhas, raízes curtas, escuras, finas e quebradiças.

A aplicação de Cr acima de 0,08 mM Cr reduz o crescimento e produção de matéria seca de todos os órgãos da planta de *E. urophylla*.

Mudas de eucalipto sob concentrações de 0,04mM de Cr em solução nutritiva apresentam, maiores valores em diversos parâmetros vegetativos estudados, são eles: altura e incremento em altura, diâmetro e incremento em diâmetro, produção de matéria seca. Indicando que, o cultivo de eucalipto pode ser uma alternativa apropriada para o uso de solos e,ou fitorremediação sob determinadas condições de contaminação por metais pesados como o Cr.

E, cultivos de eucalipto podem receber adubação com resíduos industriais contendo Cr até certo nível. Contudo, um estudo de campo de longo prazo é necessário para confirmar esta suposição.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à professora Dra. Janice Guedes de Carvalho (*in memoriam*) pelos ensinamentos prestados durante a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- CHATTERJEE, J.; CHATTERJEE, C. Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. **Environmental Pollution** 109: 69–74. 2000. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00238-9](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00238-9)
- CIPRIANI, H. N.; BASTOS, A. R. R.; DE CARVALHO, J. G.; DA COSTA, A. L.; OLIVEIRA, N. P. Chromium toxicity in hybrid eucalyptus (*Eucalyptus urophylla* st blake x *grandis* w. Hill ex. Maiden) cuttings. **Journal of plant nutrition**, v. 35, n. 11, p. 1618-1638, 2012. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.698345>
- CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 23, n. 3, p. 458-460, 1975. <https://doi.org/10.1021/jf60199a002>
- DAVIES JR., F. T., J. D. PURYEAR, R. J. NEWTON, J. N. EGILLA, AND J. A. S. GROSSI. Mycorrhizal fungi increase chromium uptake by sunflower plants: Influence on tissue mineral concentration, growth, and gas exchange. **Journal of Plant Nutrition** 25: 2389–2407. 2002. <https://doi.org/10.1081/PLN-120014702>
- DE OLIVEIRA, E. B.; PINTO JUNIOR, J. E. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. **Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)**, 2021.
- DUBE, B. K., PRATIMA SINHA; CHATTERJEE, C. Assessment of disturbances in growth and physiology of carrot caused by chromium stress. **Journal of Plant Nutrition** 32: 479–488. 2009. <https://doi.org/10.1080/01904160802679925>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(6), 1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- GOPAL, R.; A. H. RIZVI; N. NAUTIYAL. Chromium alters iron nutrition and water relations of spinach. **Journal of Plant Nutrition**. 32: 1551–1559. 2009. <https://doi.org/10.1080/01904160903094313>
- GOSS, J.A. *Physiology of plants and their cells*. New York: Pergamon. 457p. 1973.
- GUO, S., XIAO; C., ZHOU, N.; CHI, R. Speciation, toxicity, microbial remediation and phytoremediation of soil chromium contamination. **Environmental Chemistry Letters**, p. 1-19, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01114-6>
- HOSSNER, L. R.; R. H. LOEPPERT; R. J. NEWTON; P. J. SZANISZLO; M. ATTREP JR. Literature Review: Phytoaccumulation of Chromium, Uranium and Plutonium in Plant Systems. Amarillo, TX: **Amarillo National Resource Center for Plutonium**. 1998. <https://doi.org/10.2172/604402>
- NASCIMENTO, C. C. FERREIRA, J. S.; SANTOS, R. K. A.; DE LIMA, M. C. D.; LADEIA, C. A.; ÁVILA, J. S.; DA SILVA ALMEIDA FILHO, R. L. Desenvolvimento de *Eucalyptus urophylla* submetido à inoculação de bactérias diazotróficas nativas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 47287-47304, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.29632>

PAIVA, H. N. Toxidez de Cd, Ni, Pb e Zn em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras. 283p. 2000.

PANDEY, N.; C. P. SHARMA. Chromium interference in iron nutrition and water relations of cabbage. **Environmental and Experimental Botany**. 49: 195–200. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00088-6](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00088-6)

POSCHENRIEDER, C.; BARCELÓ, J. 2004. Water relations in heavy metal stressed plants. In: **Heavy Metal Stress in Plants: From Biomolecules to Ecosystems**, ed. M. N. V. Prasad, pp. 249–270. Berlin: Springer-Verlag. 2004. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2277-5>

SOARES, C.R.F.S. Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para o eucalipto em solução nutritiva. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Lavras, Lavras. 132p. 1999.

SOARES, C. R. F. S.; GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G. D.; MOREIRA, F. M. S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 339-348, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200018>

SHANKER, A. K., CERVANTES, C., LOZA-TAVERA, H.; AVUDAINAYAGAM, S. Chromium toxicity in plants. **Environment international**, v. 31, n. 5, p. 739-753, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.02.003>

REBOREDO, F. H.; PELICA, J.; LIDON, F. C.; PESSOA, M. F.; SILVA, M. M.; GUERRA, M.; RAMALHO, J. C. The Tolerance of *Eucalyptus globulus* to Soil Contamination with Arsenic. **Plants**, v. 10, n. 4, p. 627, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10040627>

TURNER, M. A.; RUST, R. H. Effects of chromium on growth and mineral nutrition of soybeans. **Soil Science Society of America Proceedings**. 35: 755–758. 1971.

VERNAY, P., C. GAUTHIER-MOUSSARD; HITMI, A. Interaction of bioaccumulation of heavy metal chromium with water relation, mineral nutrition and photosynthesis in developed leaves of *Lolium perenne* L. **Chemosphere** 68: 1563–1575. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.02.052>