IX SINMCA
IX Simpósio do Noroeste Mineiro de Ciências Agrárias e
VIII Semana Acadêmica
25 a 27 de novembro de 2025

# Efeitos de diferentes concentrações de Ácidos Húmicos de vermicomposto no crescimento inicial de mudas de laranja (*Citrus sinensis*)

Luana Gabriela Gallert [1,*], Raquel Aparecida Alves [2], Luana Vanessa de Souza Cangussú [2], Karen Resende Neves [1], Larissa Gisela Gallert [3], João Vitor Campos Pires [3], Júlia Rocha de Oliveira [3], Elisa Durães Moreira Gallert [3], Alceu Linares Pádua Junior [4], Leonardo Barros Dobbss [4]

[1] *Mestranda em Produção Vegetal - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Unaí-MG*
[2] *Doutoranda em Produção Vegetal - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Unaí-MG*
[3] *Graduando(a) em Agronomia - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Unaí-MG*
[4] *Professor adjunto, UFVJM, Unaí/MG*

***E-mail do autor principal:** luana.gallert@ufvjm.edu.br

## RESUMO EXPANDIDO

### INTRODUÇÃO

O uso de substâncias húmicas como bioestimulantes tem se destacado na agricultura moderna por promover melhorias fisiológicas e nutricionais em diferentes culturas. Esses compostos orgânicos complexos, resultantes da decomposição e humificação da matéria orgânica, exercem múltiplos efeitos positivos no metabolismo vegetal, incluindo aumento da eficiência na absorção de nutrientes, estímulo ao crescimento radicular e maior tolerância a estresses abióticos, como seca e salinidade (Baltazar *et al*., 2021; Moura *et al*., 2023).

Os mecanismos de ação das substâncias húmicas envolvem a ativação das $H^+$-ATPases da membrana plasmática, que regulam o pH da rizosfera e a absorção ativa de íons minerais, favorecendo o alongamento celular e o crescimento das plantas (Zandonadi *et al*., 2007; Nardi *et al*., 2021). Além disso, essas substâncias estimulam a produção de compostos antioxidantes e metabólitos secundários, como flavonoides e carotenoides, que aumentam a proteção celular e a resistência das plantas a condições adversas (Trevisan *et al*., 2010; Silva *et al*., 2021).

Na citricultura, o uso de bioestimulantes é especialmente relevante, visto que o Brasil se mantém como o principal produtor mundial de citros, embora a produção venha enfrentando desafios relacionados ao *greening* (huanglongbing/HLB) e às mudanças climáticas (Fundecitrus, 2024; Citrusbr, 2024). A busca por técnicas sustentáveis que favoreçam o vigor inicial das mudas é, portanto, essencial para assegurar a produtividade e a qualidade fitossanitária dos pomares.

Estudos indicam que as substâncias húmicas derivadas de vermicomposto podem atuar de forma eficaz nessa etapa de formação, estimulando o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes essenciais, o que proporciona maior vigor e resistência às mudas (Canellas *et al*., 2023; Kalaivanan *et al*., 2025). Assim, investigar a concentração ideal desses compostos no crescimento inicial de mudas de laranja representa uma estratégia promissora para aprimorar o manejo nutricional e fisiológico da cultura, com vistas a uma produção mais eficiente e sustentável.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Fazenda Experimental Santa Paula, vinculada ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Unaí, MG (16°21’50” S, 46°54’15” W, altitude média de 640 m), sob clima tropical Aw (Köppen-Geiger). As condições ambientais foram controladas por sistemas de irrigação automatizada e ventilação.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco concentrações de ácidos húmicos (0, 1, 2, 4 e 8 mM de C $L^{-1}$ de AH) extraídos de vermicomposto, conforme protocolo otimizado de extração alcalina e precipitação ácida seletiva. Cada tratamento teve quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais, com uma muda de laranja por vaso Leonard (5 L), contendo substrato.

As aplicações foram realizadas durante 60 dias após o transplantio, período considerado crítico para o pegamento e a aclimatação das mudas. As avaliações morfológicas foram feitas quinzenalmente, por métodos não destrutivos, incluindo altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule e área foliar. Ao final do experimento, realizou-se o registro fotográfico

padronizado e a determinação da biomassa seca da parte aérea e radicular.
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, em caso de significância ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Para a análise do comportamento das variáveis em função das concentrações crescentes de AH, aplicou-se regressão linear, utilizando o software EZ-Rizho.
A partir dos resultados, espera-se determinar a dose ideal de ácidos húmicos capaz de promover o crescimento equilibrado das mudas de *Citrus sinensis*, fornecendo subsídios para o uso racional de bioestimulantes na citricultura e contribuindo para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de diferentes concentrações de ácidos húmicos (AH) derivados de vermicomposto promoveu respostas significativas sobre o crescimento inicial das mudas de *Citrus sinensis*. Todas as variáveis morfológicas analisadas — altura da planta (AP), número de raízes laterais (NRL), comprimento radicular (CRL), diâmetro radicular (DRL) e área radicular (AR) — ajustaram-se a modelos quadráticos com coeficientes de determinação ($R^2$) variando de 0,66 a 0,99, indicando boa adequação das equações de regressão aos dados observados.

**Figura 1 -** Altura da planta (*Citrus sinensis*) em função das concentrações de ácidos húmicos de vermicomposto.

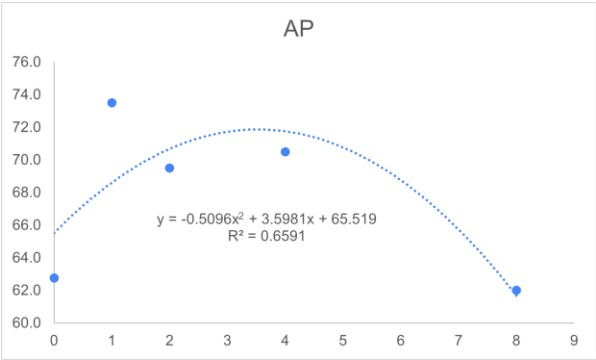



**Figura 2 -** Número de raízes laterais de mudas de *Citrus sinensis* sob diferentes concentrações de ácidos húmicos.

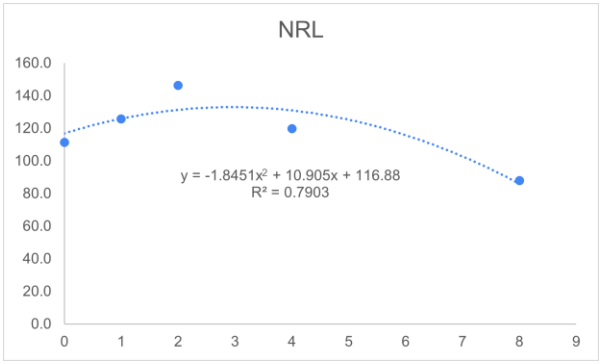



**Figura 3 -** Comprimento radicular de mudas de *Citrus sinensis* em função das concentrações de ácidos húmicos de vermicomposto.

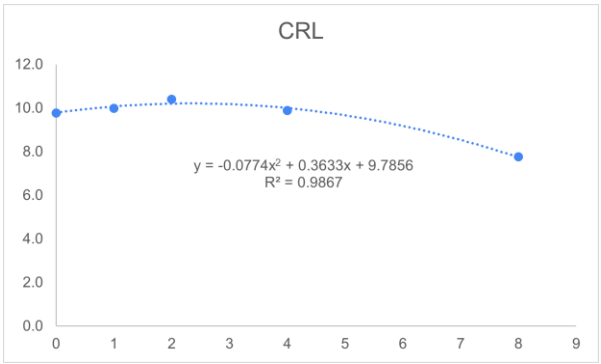



**Figura 4 -** Diâmetro radicular de mudas de *Citrus sinensis* em função das concentrações de ácidos húmicos de vermicomposto.

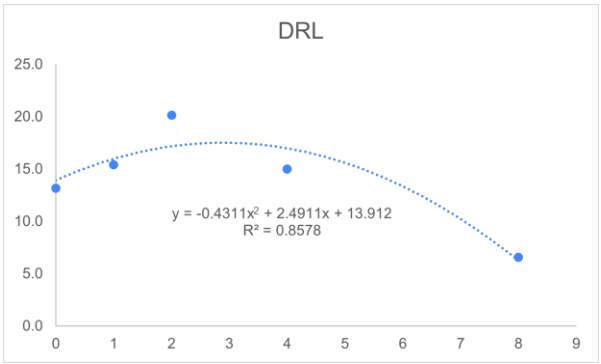



**Figura 5 -** Área radicular total de mudas de *Citrus sinensis* em função das concentrações de ácidos húmicos de vermicomposto.

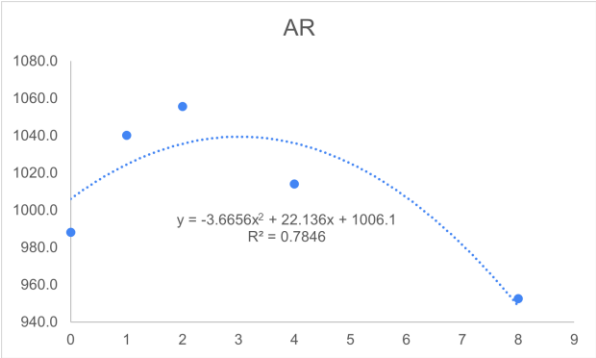



**Tabela 1** - Doses ótimas de ácidos húmicos (AH) de vermicomposto para o crescimento inicial de mudas de *Citrus sinensis*.

| Atributo | Equações de Regressão | $R^2$ | DP | P | Dose ótima |
|---|---|---|---|---|---|
| AP | y = -0,5096x2 + 3,5981x + 65,519 | 0,66 | 2,14 | <0,003 | 3,53 |
| NRL | y = -1,8451x2 + 10,905x + 116,88 | 0,79 | 1,26 | <0,001 | 2,96 |
| CRL | y = -0,0774x2 + 0,3633x + 9,7856 | 0,99 | 0,76 | <0,001 | 2,35 |
| DRL | y = -0,4311x2 + 2,4911x + 13,912 | 0,86 | 0,93 | <0,001 | 2,89 |
| AR | y = -3,6656x2 + 22,136x + 1006,1 | 0,78 | 1,28 | <0,001 | 3,02 |
| Média | | | | | 2,95 |

*Equações de regressão ajustadas às variáveis morfológicas avaliadas (altura da planta – AP, número de raízes laterais – NRL, comprimento radicular – CRL, diâmetro radicular – DRL e área radicular – AR) em função das concentrações de ácidos húmicos aplicadas (0, 1, 2, 4 e 8 mM de C $L^{-1}$). $R^2$: coeficiente de determinação; DP: desvio-padrão; P: nível de significância; doses ótimas obtidas pela derivada da equação de regressão quadrática.

A análise de regressão revelou que as doses crescentes de AH influenciaram positivamente o crescimento até um ponto ótimo médio de 2,95 mM de C $L^{-1}$, a partir do qual observou-se tendência de estabilização ou leve declínio nas variáveis avaliadas. A maior sensibilidade ao incremento de AH foi observada no comprimento radicular (CRL), que apresentou o maior ajuste ($R^2$ = 0,99), seguido do diâmetro radicular ($R^2$ = 0,86) e número de raízes laterais ($R^2$ = 0,79). Esses resultados demonstram o potencial das substâncias húmicas em modular o desenvolvimento radicular, promovendo a formação de raízes mais longas e ramificadas, o que favorece a absorção de água e nutrientes, conforme observado por Zandonadi *et al*. (2007) e Moura *et al*. (2023).

A dose ótima média estimada (≈3 mM) coincide com faixas relatadas na literatura para espécies frutíferas e hortícolas, nas quais concentrações entre 2 e 4 mM de AH induziram maior acúmulo de biomassa e incremento de raízes funcionais (Canellas *et al*., 2023; Ampong *et al*., 2022). De acordo com Nardi *et al*. (2021), esse efeito se deve à ativação de $H^+$-ATPases da membrana plasmática, resultando na acidificação da rizosfera e aumento da plasticidade celular, o que estimula o alongamento radicular.

A altura das plantas (AP) apresentou ponto ótimo em 3,53 mM, indicando que a resposta aérea acompanha o estímulo radicular, porém com menor magnitude. Essa relação sugere que o aumento inicial do crescimento radicular precede e sustenta a expansão da parte aérea, mecanismo também reportado por Trevisan *et al*. (2010), que destacam a importância das substâncias húmicas na sinalização hormonal e no transporte de nutrientes.

O comportamento quadrático de todas as variáveis reforça que o efeito dos AHs é dependente da concentração, sendo que doses elevadas podem provocar desequilíbrio iônico ou saturação de sítios de interação na parede celular, reduzindo os ganhos de crescimento (Silva *et al*., 2021). Assim, a dose de aproximadamente 3 mM de C $L^{-1}$ pode ser considerada a mais eficiente para promover o vigor inicial das mudas de laranja, assegurando crescimento equilibrado e desenvolvimento radicular robusto.

Esses resultados corroboram achados de Kalaivanan *et al*. (2025), que observaram aumento expressivo na absorção de macro e micronutrientes e na taxa de fotossíntese em mudas de *Citrus grandis* submetidas à aplicação de AH. Dessa forma, a aplicação de ácidos húmicos em doses otimizadas configura-se como uma alternativa sustentável e de baixo custo para o manejo nutricional de viveiros cítricos, favorecendo a formação de mudas mais vigorosas e com maior potencial de estabelecimento em campo.

## CONCLUSÃO

A aplicação de ácidos húmicos de vermicomposto estimulou significativamente o crescimento inicial de mudas de *Citrus sinensis*.

A dose média de 2,95 mM de C $L^{-1}$ foi considerada ideal, promovendo maior desenvolvimento radicular e equilíbrio morfológico.

O efeito positivo dos AHs está associado à ativação de $H^+$-ATPases e à maior plasticidade celular, favorecendo a absorção de nutrientes.

O uso de AHs nessa faixa de concentração contribui para a produção de mudas mais vigorosas e adaptadas ao transplantio em campo.

A prática representa uma alternativa sustentável e eficiente para o manejo nutricional em viveiros de citros.

## AGRADECIMENTOS

Ao CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa. À UFVJM, pela estrutura e suporte técnico. Ao Grupo de Pesquisa em Matéria Orgânica e Substâncias Húmicas (PMOSH) e ao Grupo de Estudos em Fertilidade e Manejo do Solo (GEFERMA) pelo apoio científico, discussões e contribuições para a consolidação deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AMPONG, K.; THILAKARANTHNA, M. S.; GORIM, L. Y. Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Frontiers in Agronomy*, v. 4, e848621, 2022. DOI: 10.3389/fagro.2022.848621. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/agronomy/articles/10.3389/fagro.2022.848621/f ull. Acesso em: 14 maio 2025.

BALTAZAR, M. et al. Recent advances in the molecular effects of biostimulants in plants: an overview. *Biomolecules,* v. 11, n. 8, 1096, 2021. DOI: 10.3390/biom11081096.

CANELLAS, L. P. et al. Biostimulants using humic substances and plant-growthpromoting bacteria: effects on cassava (Manihot esculentus) and okra (Abelmoschus esculentus) yield. *Agronomy*, v. 13, n. 1, 80, 2023. DOI: 10.3390/agronomy13010080.

CITRUSBR. Relatório de safra 2024. São Paulo: CitrusBR, 2024. Disponível em: https://www.citrusbr.com. Acesso em: 7 maio 2025.

FUNDECITRUS. Relatório técnico 2024: Situação do greening nos pomares paulistas. Araraquara: Fundecitrus, 2024. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br. Acesso em: 7 maio 2025.

KALAIVANAN, D. et al. Combined effects of humic acid and citrus-specific micronutrient formulations on growth and nutrient uptake of pummelo (Citrus grandis Osbeck.) seedlings. *Applied Ecology and Environmental Research*, v. 23, n. 2, p. 3415-3428, 2025. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/2302_34153428. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/390366555. Acesso em: 14 maio 2025.

MOURA, O. V. T. de et al. Humic foliar application as sustainable technology for improving the growth, yield, and abiotic stress protection of agricultural crops. A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v. 22, n. 8, p. 493-513, 2023. DOI: 10.1016/j.jssas.2023.05.001.

NARDI, S.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, v. 26, n. 8, 2256, 2021. DOI: 10.3390/molecules26082256.

SILVA, M. S. R. de A. et al. Humic substances in combination with plant growthpromoting bacteria as an alternative for sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, 2021. DOI: 10.3389/fmicb.2021.719653.

TREVISAN, S. et al. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior*, v. 5, n. 6, p. 635-643, 2010. DOI: 10.4161/psb.5.6.11211.

ZANDONADI, D. B.; CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H+ pumps activation. *Planta*, v. 225, p. 1583–1595, 2007. DOI: 10.1007/s00425-006-0454-2.