

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHAREL EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**MUDANÇAS NA ARQUITETURA RADICULAR DE PLÂNTULAS DE ARROZ
(*Oryza Sativa* L.) TRATADAS COM DIFERENTES SUBSTÂNCIAS HÚMICAS**

Rafaella Loryane Alves Cardoso

Unaí-MG
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**MUDANÇAS NA ARQUITETURA RADICULAR DE PLÂNTULAS DE ARROZ
(*Oryza Sativa* L.) TRATADAS COM DIFERENTES SUBSTÂNCIAS HÚMICAS**

Rafaella Loryane Alves Cardoso

Orientador(a):

Profº Leonardo Barros Dobbss

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharel Ciências Agrárias, como parte
dos requisitos exigidos para a conclusão do curso.

Unaí-MG
2017

**MUDANÇAS NA ARQUITETURA RADICULAR DE PLÂNTULAS DE ARROZ
(*Oryza Sativa* L.) TRATADAS COM DIFERENTES SUBSTÂNCIAS HÚMICAS**

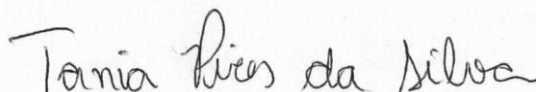
Rafaella Loryane Alves Cardoso

Orientador(a):

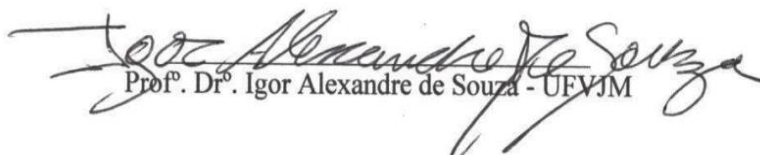
Professor Leonardo Barros Dobbss

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharel em Ciências Agrárias, como
parte dos requisitos exigidos para a conclusão do
curso.


APROVADO em 02 / 09 / 2017



Prof^a. Dr^a. Tânia Pires da Silva - UFVJM



Prof^o. Dr^o. Igor Alexandre de Souza - UFVJM



Prof^o. Dr^o. Leonardo Barros Dobbss - UFVJM

1 **Mudanças na arquitetura radicular de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) tratadas com**
2 **diferentes substâncias húmicas**

3 **Changes in root architecture of rice seedlings (*Oryza sativa* L.) treated with different**
4 **humic substances**

5

6 Rafaella Loryane Alves Cardoso¹; Leonardo Barros Dobbss²

7

8 **RESUMO**

9 As substâncias húmicas (SH) podem ser utilizadas com a função de promover o crescimento
10 de plantas, especialmente das raízes, podendo servir como um bioestimulante importante para
11 diminuir o uso de fertilizantes e contribuir para uma agricultura mais sustentável. O objetivo
12 deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes SH (ácidos húmicos - AH e
13 ácidos fúlvicos - AF) sobre o crescimento das plântulas de arroz (*Oriza sativa* L.). O
14 delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos
15 (controle, AH e AF) e seis repetições, em meio hidropônico. Após obtenção das melhores
16 concentrações das SH (3,90 e 5,4 Mm L⁻¹) a serem utilizadas, conduziu-se o experimento
17 para avaliação do efeito das diferentes SH durante 15 dias, após esse período as plântulas
18 foram coletadas para avaliação das seguintes variáveis: massa seca das raízes, área radicular,
19 comprimento e densidade das raízes. Ambos os tratamentos com AH e/ou AF mostraram
20 efeitos significativos sobre os parâmetros avaliados em relação ao tratamento controle.
21 Portanto, independentemente de seu tamanho molecular, as SH (AH e AF) isoladas de
22 vermicomposto apresentam capacidade de estimular o crescimento de plântulas de arroz e

¹ Graduanda em Ciências Agrárias na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Unaí, MG, Brasil. E-mail: rafaellaloryane@gmail.com. Autora para correspondência.

² Professor Adjunto da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Unaí, MG, Brasil.

1 podem ser utilizadas como uma ferramenta útil para melhorar e incrementar o crescimento de
2 mudas em sua fase inicial.

3 **Palavras-chaves:** matéria orgânica, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, bioestimulação.

4 **ABSTRACT**

5 Humic Substances (SH) can be used to stimulate the plant's growth, especially for roots
6 which could act as an important bio-stimulate to reduce the use of fertilizers contributing to a
7 greener and more sustainable agriculture. This paper aims to investigate the effects of
8 different humic substances (such as humic acids - HA and fulvic acids - FA) when applied to
9 rice seedlings (*Oriza sativa L.*). The experiment was designed with three different treatments
10 (control, HA and FA) and six repetitions in order to be completely randomized, using
11 hydroponic method. First, the best concentrations of SH (3,90 e 5,4 Mm L⁻¹) were achieved
12 and then an experiment was conducted in 15 days to determine its effects. The seedlings were
13 gathered and an evaluation of the following characteristics was made: dry mass of the roots,
14 radicular area, length and root density. Both HA and FA treatments results showed
15 improvements compared to control test. Concluding that HS isolated vermicompost samples
16 could improve the growth of rice seedlings despite of HS's molecular size (FA and HA)
17 which could be used as an useful tool to improve sprout's growth.

18 **Key words:** organic matter, humic acid, fuliv acid, biostimulation.

19

20 **1. INTRODUÇÃO**

21 A matéria orgânica desempenha um papel importante do ponto de vista químico, físico
22 e biológico. A sua origem, as transformações, a composição química e as suas diferentes
23 funções vêm sendo objeto de pesquisas e o conhecimento de seus teores é fundamental em
24 diversas áreas da ciência do solo (CONCEIÇÃO et al., 1999). Pode ser dividida em duas

1 classes de compostos: as substâncias não húmicas (como proteínas, polissacarídeos, ácidos
2 nucleicos, açúcares e aminoácidos) e as substâncias húmicas (SH) (ATIYEH et al., 2002).

3 Para formação das SH é necessário que ocorra a decomposição da matéria orgânica
4 principalmente por intermédio da fauna e da microbiota edáfica. O processo de compostagem
5 e posterior vermicompostagem é uma prática comum e muito utilizada para acelerar a
6 estabilização da matéria orgânica e formação das SH (CANELLAS & SANTOS 2005). Na
7 vermicompostagem as minhocas atuam acelerando o processo de decomposição, resultando
8 no mais valioso e natural adubo orgânico (MARTINEZ, 1995), sendo em média, 70% mais
9 rico em nutrientes que os compostos convencionais (LONGO, 1995).

10 Evidências experimentais têm demonstrado que as SH exercem efeitos positivos sobre
11 o crescimento e o metabolismo das plantas, especialmente sobre o desenvolvimento radicular
12 (NARDI et al., 2002), e influencia as propriedades químicas, físicas e biológicas do
13 solo (MARQUES JÚNIOR et al., 2008). Os efeitos da influência de SH sobre a absorção de
14 nutrientes, tanto sobre macro como micronutrientes, foram relatados por vários autores
15 (VAUGHAN & MALCOLM, 1985; CHEN & AVIAD, 1990).

16 As SH são compostas de três frações: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina
17 (SILVA & MENDONÇA, 2007). Entretanto, a visão tradicional postula que apenas os ácidos
18 fúlvicos são capazes de incrementar o crescimento de plantas. A ação direta das SH sobre o
19 metabolismo e o crescimento das plantas tem sido atribuída principalmente à ação das SH de
20 menor peso molecular, ou seja, os AF (VAUGHAN et al., 1985; NARDI et al., 2002).

21 PICCOLO (2002) definiu AF como produto da associação de moléculas pequenas e
22 hidrofílicas com uma quantidade de grupos funcionais acídicos suficiente para manter os
23 agregados dispersos a qualquer valor de pH. Os AH, por sua vez, foram definidos como
24 associações nas quais predominam compostos hidrofóbicos estabilizados em pH neutro por
25 forças hidrofóbicas dispersivas. E a conformação dos AH cresce progressivamente de

1 tamanho quando as forças oriundas das ligações de hidrogênio são progressivamente
2 aumentadas até um valor baixo de pH na qual floculam.

3 Após a nova concepção de PICCOLO (2002), pesquisas têm mostrado o estímulo que
4 os AH exercem sobre o desenvolvimento das raízes. Sugere-se que o arranjo supramolecular
5 dos AH sofre mudanças estruturais induzidos pelos exsudatos radiculares, tais como ácidos
6 orgânicos de baixa massa molar, liberando subunidades bioativas com atividade auxínica que,
7 ao emitir sinais, sensibilizam receptores, tanto na membrana plasmática como no citoplasma,
8 desencadeando resposta semelhante à ação de fitormônios. Deste modo, ocorre a ativação da
9 enzima H^+ -ATPase promovendo um aumento na absorção de nutrientes e a expansão
10 radicular (FAÇANHA et al., 2002; CANELLAS & SANTOS, 2005).

11 No entanto, os resultados obtidos dependem da espécie testada, da origem das SH
12 utilizadas, da concentração, do grau de purificação e das condições em que foram realizados
13 os experimentos (NARDI et al., 2002). Trabalhos comprovam a existência de uma
14 concentração adequada do material húmico diferenciada para espécies distintas (DOBBSS et
15 al., 2007; CANELLAS et al., 2010; CANELLAS et al., 2014).

16 Procura-se cada vez mais, aplicar SH ou melhorar cultivares para apresentarem um
17 sistema radicular mais robusto, reduzindo a adubação e garantindo vantagem em solos mais
18 pobres e secos (CANELAS & SANTOS, 2005). Portanto, a compreensão das interações entre
19 as SH e o conhecimento dos seus efeitos sobre o crescimento, pode ser estratégico para o
20 desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Assim, a hipótese deste trabalho é que
21 independentemente do material húmico a ser utilizado (AH ou AF), os mesmos modificarão a
22 arquitetura radicular de plântulas de arroz. Para testar tal hipótese foram avaliados os efeitos
23 de AH e AF isolados de vermicomposto comercial sobre mudanças na arquitetura radicular
24 em plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.).

25

1 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

2 **2.1. Extração e valores de Carbono das Substâncias Húmicas de vermicomposto**

3 O procedimento de extração das SH encontra-se descrito com detalhes em
4 CANELLAS & SANTOS (2005). Resumidamente, foi utilizado NaOH 0,1 mol L⁻¹ como
5 solvente na razão solvente/vermicomposto de 20:1 (v:m) sob agitação durante pelo menos 6
6 horas em atmosfera inerte de N₂. Nesse procedimento as SH solúveis foram extraídas
7 progressivamente do vermicomposto. A extração com o solvente foi repetida até a obtenção
8 de um extrato com absorvância igual a zero em 250 e 465 nm. A separação dos AH foi
9 realizada com o abaixamento do pH da solução até 1,5 com HCl 6,0 mol L⁻¹. A redissolução e
10 precipitação foi repetida três vezes. Os AH foram lavados com água até teste negativo com
11 AgNO₃ e então submetidos a diálise contra água destilada em membranas de “cut-off” de 14
12 kDa durante 150 h e posteriormente liofilizados.

13 O sobrenadante produzido com a acidificação do meio alcalino foi colocado numa
14 coluna preenchida com resina XAD-8 (36 g mL⁻¹ de solução). A coluna foi lavada com dois
15 volumes de água destilada e os AF, retidos na coluna, foram eluídos com uma solução de
16 NaOH 0,1 mol L⁻¹. Em seguida, a solução alcalina contendo AF foi eluída numa coluna
17 preenchida com resina trocadora de cátions Amberlite IAR 120 H⁺ para posterior diálise
18 contra água destilada em membranas com poros de 700 Da.

19 Após o processo de extração e purificação, os AH e AF foram submetidos à
20 determinação da composição elementar em um analisador elementar automático (CHN)
21 Perkin Elmer 2400 em amostras de 4,0 mg de AH e AF em duplicata.

22 **2.2. Avaliação dos AH e AF sobre o sistema vegetal (procedimento experimental)**

23 Plântulas de arroz foram testadas quanto à sensibilidade na presença ou ausência
24 (controle) dos AH e AF extraídos de vermicomposto. Foram utilizadas as seguintes
25 concentrações dos AH e AF: 0,0 (controle); 2,0; 4,0 e 8,0 mM de C AH ou AF L⁻¹. As

1 plântulas foram mantidas por quinze dias nos tratamentos e posteriormente coletadas para
2 avaliações da massa seca das raízes e partes aéreas de plântulas de *Oryza sativa* L. Após a
3 análise de regressão foram determinadas as melhores concentrações de estímulo às plântulas,
4 através da integração das curvas de dose resposta. Após o ensaio de doses, foi conduzido um
5 novo experimento, porém utilizando-se a concentração ótima de cada AH e AF onde foram
6 avaliados os seguintes atributos: massa seca das raízes; densidade das raízes laterais, área
7 radicular e comprimento das raízes principais.

8 Em ambos os experimentos as sementes foram devidamente esterilizadas e postas para
9 germinar sobre telas de gaze que estavam contidas em copos de isopor de 200 e 300 mL (um
10 dentro do outro). Durante todo tempo experimental os vasos foram completados com as
11 soluções de AH e AF. Para cada tratamento foram realizados seis repetições, totalizando 18
12 vasos, cada um com 20 (vinte) plântulas de *Oryza sativa* L., que permaneceram nos
13 tratamentos durante 15 dias em estufa incubadora (BOD), a 25° e fotoperíodo de 16 horas.

14 **2.3. Avaliações dos aspectos morfológicos de *Oryza sativa* L. (arroz)**

15 As raízes das plântulas de arroz foram coletadas e analisadas individualmente. A
16 densidade de raízes laterais foi calculada após a contagem do número de raízes laterais na
17 imagem e divisão pelo comprimento das raízes principais. Tanto a área radicular como o
18 comprimento das raízes principais foram calculados utilizando-se o programa computacional
19 para análise digital de imagens Delta-TScan™. A massa seca das raízes foi determinada
20 em balança analítica de precisão após 48h em estufa a 60°C.

21 **2.4. Delineamento experimental e análises estatísticas**

22 Para todas as variáveis analisadas foi realizada uma análise de variância, para
23 verificação do efeito dos tratamentos em relação às características avaliadas. Os experimentos
24 foram conduzidos utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para o
25 experimento de obtenção das melhores doses das SH (AH e AF), foi realizada uma análise de

1 regressão e seus dados (significâncias e coeficientes) foram verificados pelo teste F ($p < 0,05$).
2 Todos os dados foram analisados com o uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA,
3 2011) e as diferenças entre as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5%
4 de probabilidade.

5 **3. RESULTADOS E DISCUSÃO**

6 **Atividade biológica dos ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF) extraídos de** 7 **vermicomposto (ensaio com diferentes concentrações)**

8 Após a obtenção dos valores de carbono igual a 44,6% para os AH e 27,3% para os
9 AF de vermicomposto pela análise de composição elementar (CHN), foram realizados os
10 procedimentos para encontrar as doses ótimas de ambos os bioestimulantes (AH e AF).

11 Conforme pode-se observar na Figura 1, tanto os AH (A e B) quanto os AF (C e D)
12 isolados de vermicomposto apresentaram habilidade para estimular o enraizamento de
13 plântulas de *Oryza sativa* L. dependentemente de uma dose específica. As curvas de regressão
14 quadrática para a massa seca das partes aéreas e raízes de plântulas de *Oryza sativa* L. tratadas
15 com diferentes concentrações dos AH e AF se encontram ilustradas na Figura 1. O Quadro 1
16 indica o modelo de concentração resposta, mostrando as concentrações ótimas dos materiais
17 húmicos estudados (AH e AF).

18 Para os ácidos húmicos a concentração ótima encontrada foi de $3,90 \text{ mM C L}^{-1}$, valor
19 próximo ao encontrado por RAMOS et al. (2015) que obteve melhor concentração de $3,5 \text{ mM}$
20 C L^{-1} também com plântulas de arroz. Já para os ácidos fúlvicos a concentração ótima
21 encontrada foi de $3,54 \text{ mM C L}^{-1}$. Falar sobre a origem do material (vermicomposto)

22 Um dos fatores mais importantes que controlam o enraizamento é a formação de raízes
23 laterais e muitos sinais provenientes do ambiente bem como dos hormônios afetam o número
24 de raízes laterais emergidas (NIBAU et al., 2008). O fitormônio auxina está relacionado com
25 o incremento na indução de raízes laterais, pois este atua nos estádios iniciais de formação do

1 primórdio radicular, ativando a divisão das células do periciclo (CASIMIRO et al., 2001). E
2 as SH são capazes de ativar a rota de sinalização tipicamente utilizada pelas auxinas atuando
3 como um regulador do crescimento vegetal (DOBBSS et al. 2010).

4 **Atividade biológica dos ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF) extraídos de** 5 **vermicomposto (nas melhores concentrações obtidas nos ensaios preliminares de** 6 **concentração-resposta)**

7 Os enraizamentos das plântulas de arroz foram significativamente alterados pela
8 adição de AH e AF à solução de cultivo e os resultados são apresentados nas Figuras 2, 3, 4.
9 Imagens das plântulas coletadas no final do experimento mostram claramente a influência
10 positiva dos AH e AF sobre as plântulas (Figura 2).

11 O resultado do incremento à massa seca das raízes em relação ao controle, obtida pela
12 primeira derivada da regressão quadrática do efeito da concentração dos ácidos húmicos e
13 fúlvicos é mostrada na Figura 3A. Resultados semelhantes podem ser encontrados nos
14 trabalhos de CANELLAS et al (2002), DOBBSS et al. (2007; 2010; 2016) e AGUIAR et al.
15 (2009). A adição de AH e AF à solução de cultivo proporcionaram aumentos de 79 e 124%
16 respectivamente em relação ao tratamento controle para a massa seca das raízes (Figura 3A).
17 Não foi observado diferenças significativas entre os diferentes materiais húmicos (AH e AF),
18 porém, ambos incrementaram a massa seca das raízes em relação ao tratamento controle.

19 Ainda de acordo com os dados da Figura 3 B pode-se observar incremento à densidade
20 de raízes laterais (número de raízes/comprimento das raízes principais). Novamente sem
21 diferenças significativas entre AH e AF, mas ambos com diferenças em relação ao controle na
22 ordem de 110% para AH e 174% para AF. De acordo BOTTONLEY (1917) pesquisadores
23 têm encontrado na matéria orgânica humificada substâncias fisiologicamente ativas com
24 capacidade de influenciar positivamente o desenvolvimento das plantas. Geralmente, é
25 observado um forte estímulo no desenvolvimento radicular com concentrações relativamente

1 pequenas de materiais húmicos em solução e inibição do crescimento em doses maiores,
2 semelhante à curva normalmente obtida nos ensaios com hormônios vegetais (VAUGHAN &
3 MALCOLM, 1985).

4 PINTON et al., 1999 ressaltam que as raízes laterais, são considerados os principais
5 sítios de absorção de água do sistema radicular, por possuírem mais de 30 vezes o
6 comprimento total dos eixos principais e superfície oito vezes maior que a raiz mãe, coletando
7 oito vezes mais água. As substâncias húmicas atuam sobre a morfologia radicular aumentando
8 as raízes laterais. Tais mudanças morfológicas induzem, também, mudanças fisiológicas. Por
9 exemplo, uma maior eficiência de absorção de nutrientes que confere maior capacidade de
10 produção de biomassa sob condições de limitação de nutrientes do meio conferindo maior
11 tolerância aos estresses nutricionais.

12 As plantas crescem e se desenvolvem estreitamente em contato com as substâncias
13 húmicas, pelo fato destas substâncias alterarem diretamente o metabolismo bioquímico das
14 plantas (ROSA et al. 2009). O crescimento superior das mudas quando na presença de SH
15 indica a importância desse componente no substrato para a produção de mudas de melhor
16 qualidade (COSTA et al., 2005).

17 A partir das análises apresentadas nas figuras da área radicular (Figura 4A) e
18 comprimento das raízes principais (Figura 4B), foi revelado o efeito significativo entre as
19 plântulas avaliadas nos tratamentos com AH e AF em relação ao tratamento controle. Sendo
20 evidente a promoção do melhor crescimento nos tratamentos com os diferentes materiais
21 húmicos (porém sem diferenças significativas entre eles).

22

23 **5. CONCLUSÃO**

24 De acordo com as evidências experimentais obtidas com o presente trabalho foi
25 possível aceitar a hipótese formulada. As substâncias húmicas (AH e AF) isoladas de

1 vermicomposto, independentemente do seu tamanho molecular apresentaram capacidade de
2 estimular o crescimento de plântulas de *Oryza sativa* L. e podem ser utilizadas como uma
3 ferramenta útil para incrementar o crescimento radicular e provocar mudanças na arquitetura
4 radicular de plântulas de arroz. Pode-se afirmar que tanto os ácidos húmicos como os ácidos
5 fúlvicos geraram benefícios suficientemente concretos sobre as características avaliadas.

6

7 REFERÊNCIAS

- 8 AGUIAR N. O. et al. Distribuição de massa molecular de ácidos húmicos e promoção do
9 crescimento radicular. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol.33, 2009. Doi: 10.1590/S0100-
10 06832009000600010
- 11 ATIYEH, R. M. et al. The influence of humic acids derived from earthworm- processed
12 organic wastes on plant growth. **Biorsource Technology**, v. 84, p. 7-14, 2002.
13 [doi:10.1016/S0960-8524\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2)
- 14 BOTTOMLEY, W.B. Some effects of organic-promotion substances auxinones) on the
15 growth of *Lema minor* in mineral cultural solutions. **Roy. Soc. Proc., B. London.** 1917. 89:
16 481- 507. doi: 10.1098/rspb.1917.0007
- 17 CANELLAS, L.P. et al. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions
18 separated from a vermicompost humic acids. **Chemosphere**, v. 78 p 457-466, 2010. doi:
19 10.1016/j.chemosphere.2009.10.018
- 20 CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L. Physiological responses to humic substances as plant
21 growth promoter. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 3, p. 3-14,
22 2014. doi: 10.1186/2196-5641-1-3.
- 23 CANELLAS, L. P.; SANTOS, G.A. **Humosfera**: tratado preliminar sobre a química das
24 substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, 2005. 309 p.

1 CANELLAS, L.P. et al. Humic acids isolated from earthworm induces root mitotic sites and
2 plasma membrane H⁺- ATPase. **Plant Physiol.**, 30:1951-1957, 2002.

3 CASIMIRO, I. et al. Auxin transport promotes *Arabidopsis* lateral root initiation. **Plant Cell**,
4 13:843-852, 2001. doi: 10.1105/tpc.13.4.843

5 CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: MACCARTHY, P.
6 (Ed.). **Humic substances in soil and crop sciences: selected readings**. Chicago: CAB, 1990.
7 p.161-187. doi:10.2136/1990.humicsubstances.c7

8 CONCEIÇÃO, M. et al. Estudo Comparativo de Métodos de determinação do Teor de
9 Matéria Orgânica em Organossolos. **Com. Téc. - Embrapa Solos**, n.2, 1999, p. 2. ID: 1948

10 COSTA, M.C. da. et al. Substratos para a produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana*
11 L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n.1, p.19-25, 2005.

12 DOBBSS, L. B. et al. Changes in root development of *Arabidopsis* promoted by organic
13 matter from oxisols. **Annals of Applied Biology** v. 151, n. 2, p. 199-211, 2007. doi:
14 10.1111/j.1744-7348.2007.00166.x.

15 DOBBSS, L.B. et al. Bioactivity of mangrove humic materials on *Rizophora mangle* and
16 *Laguncularia racemosa* seedlings, Brazil. **African Journal of Biotechnology**, 15(23): 1168 -
17 1176. 2016 doi: 10.5897/AJB2015.15113

18 DOBBSS, L.B. et al. Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost
19 on plant root growth. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58: 3681-3688. 2010
20 doi: 10.1021/jf904385c

21 FAÇANHA, A.R.; et al. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento
22 radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesq. Agrop. Brasileira**,
23 Brasília, v. 37, n. 9, p. 1301-1310, 2002. doi:10.1590/S0100-204X2002000900014

24 FERREIRA, D.F. SISVAR: Sistema de análise estatística de computador. **Ciência e**
25 **Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez. 2011.

1 LONGO, A. D. **Minhoca, de fertilizadora do solo a fonte alimentar**. São Paulo: Íc 4 1995.

2 MARTINEZ, A. A. **Manual prático do minhocultor**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995.137 p.

3 MARQUES Jr, R. B. et al. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo

4 uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. **Rev. Bras. de**

5 **Ciênc. Solo**, Viçosa, MG, v.32, p.1121-1128, 2008. doi:10.1590/S0100-06832008000300020

6 NARDI, S. et al. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology &**

7 **Biochemistry** 34: 1527-1536. 2002. doi: 10.1016/S0038-0717(02)00174-8

8 NIBAU, C.; et al. Branching out in new directions: The control of root architecture by lateral

9 root formation. **New Phytologist**, 179: 595-614, 2008. doi:10.1111/j.1469-8137.2008.02472

10 PICCOLO, A. The Supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of

11 humus chemistry and implications in soil science. **Advances in Agronomy** v.75 p 57-134,

12 2002. doi: 10.1016/S0065-2113(02)75003-7

13 PINTON, R. et al Modulation of nitrate uptake by waterextractable humic substances:

14 involvement of root plasma membrane H⁺ -ATPase. **Plant Soil**, 215: 155–163, 1999.

15 RAMOS, A. C. et al. Humic matter elicits proton and calcium fluxes and signaling dependent

16 on Ca²⁺-dependent protein kinase (CDPK) at early stages of lateral plant root development.

17 **Chemical and Biological Tec. in Agriculture**. 2015. doi: 10.1186/s40538-014-0030-0

18 SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al.

19 Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Soci. Bras. de Ciência do Solo**, 2007. cap. 6, p. 275-374.

20 ROSA, C.M. da. et al. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio,

21 crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Rev. Bras. de**

22 **Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.959-967, 2009. Doi: 10.1590/S0100-06832009000400020

23 VAUGHAN, D. MALCOLM, R. E. Influence of humic substances on biochemical processes

24 in plants. In: VAUGHAN, D.; MALCOM, R.E. (Ed.). **Soil organic matter and biological**

25 **activity**. Dordrecht: M.Nijhoff, 1985. p.77- 108. Doi: 10.1007/978-94-009-5105-1_2

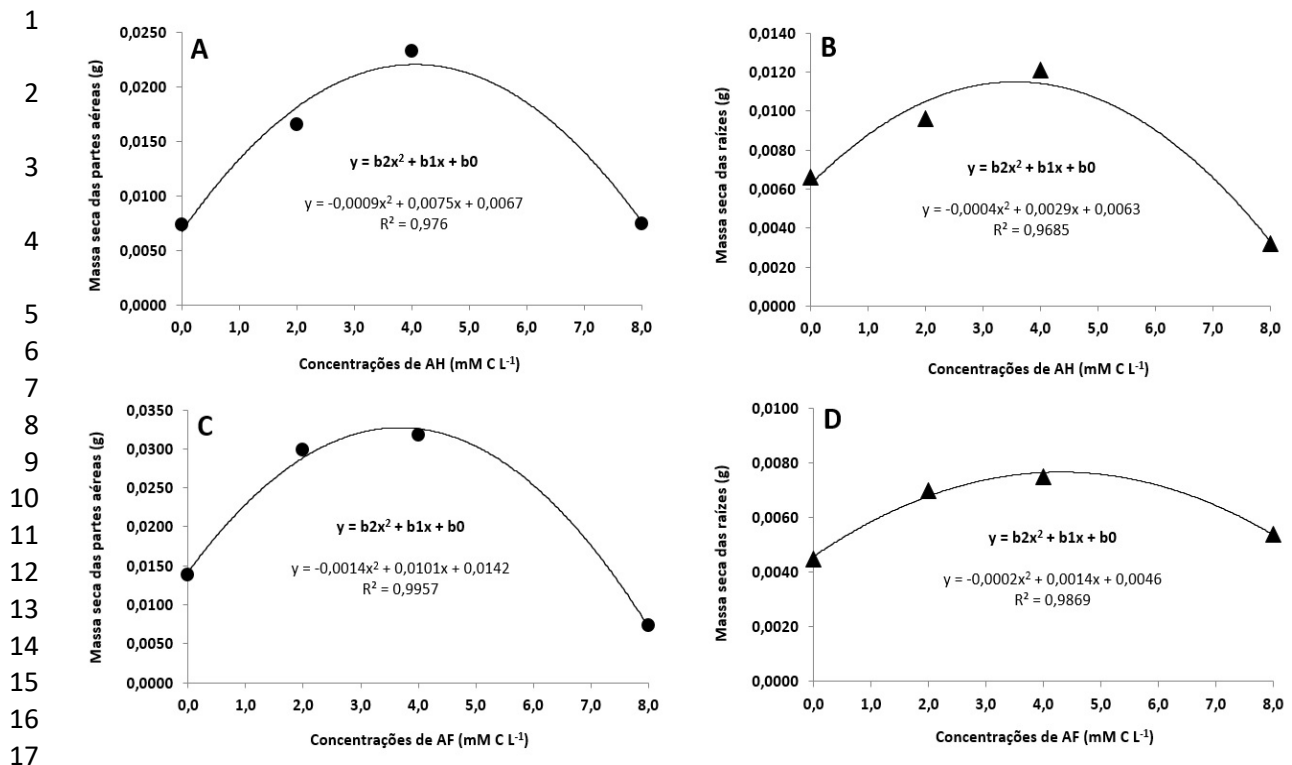


Figura 1. Curvas de regressão quadrática para a massa seca das partes aéreas e raízes de plântulas de arroz tratadas com diferentes concentrações de ácido húmico (AH) (A e B) e ácido fúlvico (AF) isolado de vermicomposto (C e D).

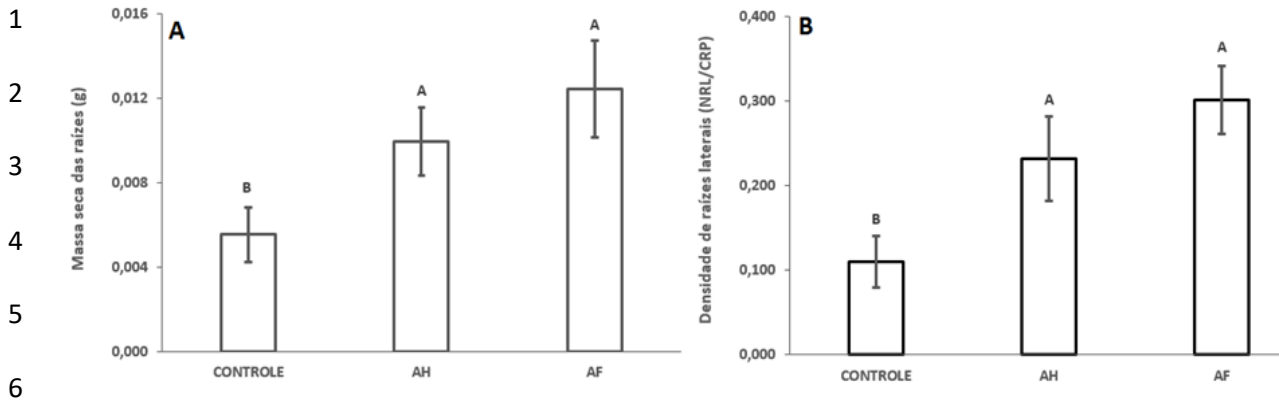
Quadro 1. Modelo de concentração resposta, coeficiente de determinação (R^2), desvio-padrão (DP), número de unidades que integram a amostra (n), nível de significância da regressão (p) e ponto de inflexão (concentração ótima) para a massa seca das partes aéreas de plântulas de arroz tratadas com AH (MSPA_AH); massa seca das raízes de plântulas de arroz tratadas com AH (MSR_AH); massa seca das partes aéreas de plântulas de arroz tratadas com AF (MSPA_AF); massa seca das raízes de plântulas de arroz tratadas com AF (MSR_AF).

Característica avaliada	Equação ($y = b2x^2 + b1x + b0$)	R^2	DP	n	p	Concentração ótima (dx/dy): $b1 + 2(b2)x = 0$
MSPA_AH	$y = -0,0009x^2 + 0,0075x + 0,0067$	0,976	1,68	20	<0,0001	4,17
MSR_AH	$y = -0,0004x^2 + 0,0029x + 0,0063$	0,9685	2,84	20	<0,0001	3,63
					MÉDIA	3,90
MSPA_AF	$y = -0,0014x^2 + 0,0101x + 0,0142$	0,9957	1,17	20	<0,0001	3,61
MSF_AF	$y = -0,0002x^2 + 0,0014x + 0,0046$	0,9869	1,26	20	<0,0001	3,5
					MÉDIA	3,56

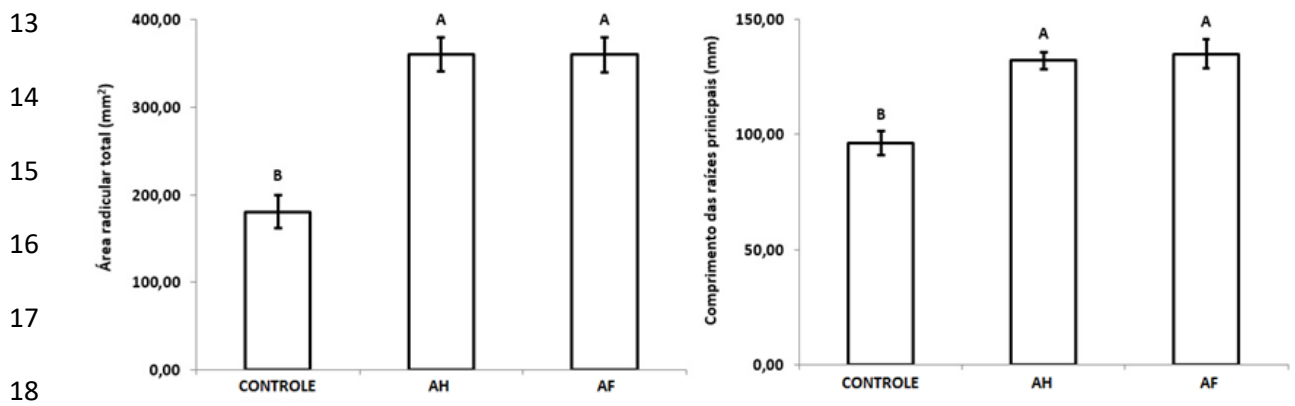
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26



Figura 2. Imagem representativa das plântulas de *Oryza sativa* L. coletadas no final do experimento com as melhores concentrações obtidas.



7 **Figura 3.** Efeito dos ácidos húmicos (3,90 mM C L⁻¹) e ácidos fúlvicos (3,56 mM C L⁻¹)
 8 isolados de vermicomposto sobre a massa seca radicular (A) e densidade de raízes laterais de
 9 plântulas (B) de plântulas de *Oryza sativa* L. Os valores representam a média de 20 plantas ±
 10 desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas são estatisticamente
 11 diferentes pelo Teste de Tukey (p<0,05).



19 **Figura 4.** Efeito dos ácidos húmicos (3,90 mM C L⁻¹) e ácidos fúlvicos (3,56 mM C L⁻¹)
 20 isolados de vermicomposto sobre a área radicular (A) e comprimento das raízes principais (B)
 21 de plântulas de *Oryza sativa* L. Os valores representam a média de 20 plantas ± desvio
 22 padrão. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas são estatisticamente diferentes pelo
 23 Teste de Tukey (p<0,05).

1 ANEXO

- 2 • Este artigo seguiu as normas para publicação, da Revista **Ciência Rural** da
3 Universidade Federal de Santa Maria, que publica na área de Ciências Agrárias.
4 Normas da revista disponível em: <http://coral.ufsm.br/ccrrevista/normas.htm>
- 5 • Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho
6 deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por
7 página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm,
8 fonte Times New Roman e tamanho 12. O máximo de páginas será 15 para artigo
9 científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e
10 figuras. Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e
11 individualmente por página, sendo que não poderão ultrapassar as margens e nem
12 estar com apresentação paisagem.
- 13 • O artigo científico deverá conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês);
14 Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura;
15 Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências;
- 16 • Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e
17 português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo
18 deve ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes
19 científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando necessário.
- 20 • As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do
21 ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os
22 reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má
23 formação congênita (MOULTON, 1978).
- 24 • As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme
25 normas próprias da revista.