

Aproveitamento do efluente de curtumeira na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*

Gislayne de Araujo Bitencourt¹, Larissa Maria Vaso², Cibele Caren Moraes Gonçalves³, Loui Arthur Duarte³ e Valdemir Antônio Laura⁴

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. *Campus Avançado de Tupã*. Avenida do Universitário, 145. Jardim Ipiranga. Tupã-SP, Brasil (CEP 17607-220). E-mail: gislaynebitencourt@gmail.com.

²Instituto Agronômico de Campinas. Centro de Solos. Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical. Campinas-SP, Brasil (CEP 13075-630).

³Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Unidade Universitária de Aquidauana. Aquidauana-MS, Brasil (CEP 79200-000).

⁴Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Campo Grande-MS, Brasil (CEP 79106-550).

Resumo. O beneficiamento do couro bovino gera resíduos que podem ser reutilizados em alguns manejos agrícolas como nas correções de solo e na adubação, ao invés de serem descartados em aterros sanitários, viabilizando uma destinação ambientalmente adequada. Entretanto, na sua composição podem apresentar elementos químicos que, em elevada concentração pode inviabilizar o seu reuso. O trabalho visa a avaliar os efeitos provocados pela salinidade presente no efluente de curtumeira, por meio da aplicação do resíduo no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urograndis* clone I144. As mudas com 30 dias foram transplantadas para vasos contendo 5 kg de mistura (efluente de curtumeira (LC) + solo) nas respectivas composições: D₁ (100% de solo); D₂ (0,1% LC + 99,99% solo); D₃ (1% LC + 99% solo); D₄ (5% LC + 95% solo); D₅ (10% solo + 90% solo); e D₆ (25% LC + 75% solo). O experimento foi distribuído em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Foram avaliados o comprimento de raiz e parte aérea das plantas, diâmetro do coleto e número de folhas. A dose D₅ inibiu o desenvolvimento das mudas, reduzindo o crescimento e apresentando sintomas de fitotoxicidade e a dose D₆ ocasionou a morte das mudas. O efluente de curtumeira incorporado na dose D₄ promoveu aumento no crescimento de raiz e parte aérea, diâmetro de coleto e número de folhas das mudas de eucalipto, sendo recomendada como biofertilizante no plantio de mudas de eucalipto.

Palavras-chave: Espécies florestais; Fitotoxicidade; Lodo de curtume; Biofertilizante.

Recebido
19/05/2021

Aceito
14/02/2022

Disponível *on line*
24/03/2022

Publicado
30/04/2022



Acesso aberto



ORCID

0000-0001-7215-1754
Gislayne de Araujo
Bitencourt

0000-0003-0027-6106
Larissa Maria Vaso

Abstract. *Use of tannery effluent in the production of Eucalyptus urograndis seedlings.* The processing of bovine leather generates residues that can be reused in some agricultural managements, such as soil correction and fertilization, instead of being discarded in landfills, enabling an environmentally adequate destination. However, in their composition they may contain chemical elements that, in high concentration, may make their reuse unfeasible. The work aims to evaluate the effects caused by the salinity present in the tannery effluent, through the application of the residue in the development of seedlings of *Eucalyptus urograndis* clone I144. The seedlings with 30 days were transplanted to pots containing 5 kg of mixture (tannery effluent (LC) + soil) in the respective compositions: D1 (100% soil); D2 (0.1% LC + 99.99% soil); D3 (1% LC + 99% soil); D4 (5% LC + 95% soil); D5 (10% soil + 90% soil); and D6 (25% LC + 75% soil). The experiment was distributed in a completely randomized design, with five replications, totaling 30 experimental units. Plant root and shoot length, stem diameter and number of leaves were evaluated. The dose D5 inhibited the development of the seedlings, reducing growth and showing symptoms of phytotoxicity and the dose D6 caused the death of the seedlings. The tannery effluent incorporated in the D4 dose promoted an increase in the growth of root and aerial part, collecting diameter and number of leaves of the eucalyptus seedlings, being recommended as a biofertilizer in the planting of eucalyptus seedlings.

Keywords: Forest species; Phytotoxicity; Tannery sludge; Biofertilizer.

 0000-0001-8405-5479
Cibele Caren Moraes
Gonçalves

 0000-0002-9172-3161
Loui Arthur Duarte

 0000-0001-5299-6303
Valdemir Antônio
Laura

Introdução

A demanda por qualidade ambiental exige cada vez mais do setor florestal, evidenciando a produção de mudas que visam a recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos, restauração e arborização urbana (Trigueiro e Guerrini, 2014). A reutilização de resíduos agrícolas e industriais na composição de compostos e/ou substratos que são utilizados na produção de mudas, vêm sendo demandados como uma alternativa de destinação adequada, desafogando os aterros sanitários, agregando valor ao produto que é produzido juntamente aos princípios da sustentabilidade (Almeida et al., 2017).

Na busca por uma produção sustentável, na síntese do biofertilizante vem sendo realizada a partir da fermentação anaeróbica de dejetos animais por meio de biodigestores. Esse subproduto é um líquido composto por elevada concentração de matéria orgânica; auxilia a multiplicação de microrganismos benéficos; melhoram a porosidade do solo, permitindo maior aeração em camadas mais profundas, propiciando um maior desenvolvimento das plantas bem como substitui a adubação química, reduzindo os custos e sendo um aliado na conservação ambiental (Martins et al., 2015; Aguiar et al., 2017).

O beneficiamento do couro no Brasil é considerado uma atividade de grande relevância econômica. O resíduo solidificado com aspecto de lama é produzido após o processo de transformação de peles em couro, no entanto, essa atividade apresenta

potencial poluidor, devido a sua composição que apresenta grande carga de material orgânico, fenóis, sulfetos e cromo. Por esse motivo, a destinação desse resíduo no solo acarreta impactos ambientais, que podem promover efeitos sobre as enzimas, os organismos e as plantas (Almeida et al., 2017).

O efluente de curtumeira é classificado como resíduo sólido, Classe I - perigoso, que necessita de tratamento e disposição adequada, devido a composição química, conforme a norma brasileira ABN NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004).

A reutilização dos resíduos provenientes das indústrias curtumeiras, colabora de maneira a minimizar os impactos relacionados à destinação e constituir uma alternativa de adubação, visto que, em sua composição apresenta macro e micronutrientes essenciais as plantas, além de possibilitar a correção de pH de solos ácidos (Berilli et al., 2018a; Lemke-de-Castro et al., 2015).

A limitação vinculada ao seu uso está relacionada aos elevados teores de cromo e de sódio em sua composição, que são provenientes do beneficiamento do couro. Esses sais, quando entram em contato com a solução do solo, tendem a elevar a pressão osmótica do meio, interferindo diretamente na absorção de água e nutrientes pelos vegetais (Possato et al., 2014).

Nesse sentido, diante da relevância econômica da indústria curtumeira, e dos desafios relacionados ao descarte, nas últimas décadas, pesquisas relacionadas a essa temática são alvo de estudo. Partindo dessa premissa, o trabalho visa avaliar os efeitos provocados pela salinidade presente no efluente de curtumeira, por meio da aplicação do resíduo no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urograndis* clone I144, viabilizando o seu reuso em solos agrícolas aliado a uma produção sustentável.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Unidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Aquidauana, coordenadas 55° 67' W e 20° 45' S, de clima tropical sub-úmido (Aw), com verão chuvoso e inverno seco, temperatura média anual de 26 °C, na região ecótono Cerrado-Pantanal, de acordo com Köppen (Alvares et al., 2013).

O solo utilizando no experimento foi coletado na camada superficial, em área de campo no setor de horticultura da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e caracterizado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Schiavo et al., 2010). O mesmo foi seco ao ar livre e peneirado em malha 5 mm. Uma subamostra foi caracterizada quanto aos atributos químicos pelo laboratório de análises do IAGRO (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo coletado e utilizado no experimento.

pH CaCl ₂	MO g kg ⁻¹	V %	P	Fe	Mn	Cu	Zn
		mg dm ⁻³				
6,0	22	63	142,8	16,23	7,15	0,27	3,94
CE mS cm ⁻¹	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC
cmol _c dm ⁻³						
34,9	0,38	4	0,7	0	3	5,11	8,11

CE = condutividade elétrica do substrato; MO = matéria orgânica; V = saturação por bases; P = fósforo disponível extraído por Melich-1; Fe= ferro disponível; Mn = manganês; Cu = cobre; Zn = zinco; K= potássio trocável; Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; Al = alumínio; H+Al = acidez trocável; S= soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica.

O efluente de curtumeira (EC) foi cedido pela Embrapa Gado de Corte, localizada em Campo Grande-MS. Uma amostra foi analisada quanto aos atributos químicos pelo Ribersolo Laboratório de Análise Agrícola, com base em Tedesco et al. (1995) (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização física e química do efluente de curtumeira (EC).

pH CaCl ₂	CE μS cm ⁻¹	N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Cr mg kg ⁻¹	Na mg dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³
7,85	2890	13,58	TF	21,3	8.400	4,8	6,1

CE = condutividade elétrica; N = nitrogênio amoniacal; P= fósforo disponível; Ca = cálcio; Cr = cromo; Na= sódio; Mg = magnésio; TF= traços de fósforo.

O efluente de curtumeira foi recebido seco, em seguida, foi destorroado e peneirado em malha 2 mm e incorporado ao solo na base seca. Cada vaso do ensaio foi constituído por 5 kg de mistura (lodo de curtume (LC) + solo), em g kg⁻¹, em seis doses (Tabela 3).

Tabela 3. Composição dos tratamentos.

Tratamento	Composição das doses
D ₁	100% de solo (controle)
D ₂	0,1% LC + 99,99% de solo
D ₃	1% LC + 99% de solo
D ₄	5% LC + 95% solo
D ₅	10% LC + 90% de solo
D ₆	25% LC + 75% de solo

LC= lodo de curtume.

Para a realização do teste o mix (LC + solo) foi distribuído em vasos revestidos internamente por sacos plásticos transparentes com o intuito de evitar a lixiviação de elementos tóxicos e, para posterior descarte adequado dos resíduos. Na sequência, foram transplantadas mudas clonais de *E. Urograndis* I-144, adquiridas em viveiro comercial com 30 dias, sendo transplantada uma muda clonal em cada vaso.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), composto por seis tratamentos, resultantes do uso de cinco doses de LC e um controle (apenas solo). Sendo que, cada vaso correspondeu a uma repetição, constando de cinco repetições em cada tratamento, totalizando 30 unidades experimentais.

As mudas foram mantidas em casa de vegetação por 30 dias, com temperatura média de 30 °C, a umidade do solo foi calculada por meio da pesagem dos vasos e adição de água destilada conforme metodologia descrita na norma ISO 11269-2 (ISO, 2014), na qual foi mantida a 40% da capacidade de retenção de água padronizada com 100 mL de água por vaso diariamente.

Ao final do experimento (30 dias), as plantas foram removidas dos vasos e lavadas em água e, avaliados os seguintes parâmetros: comprimento de raiz (CR) e de parte aérea (CPA), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF).

O comprimento de parte aérea e raiz foram determinados com uma régua milimetrada, rente ao substrato até a ponta da última folha e o diâmetro foi determinado próximo ao substrato, com auxílio de paquímetro digital.

Os dados obtidos no experimento, foram submetidos a análise de variância (teste F) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

Resultados e discussão

O solo incorporado com efluente de curtumeira apresentou pH levemente alcalino, condutividade elétrica (CE) alta e aumento dos teores de nitrogênio em função da elevação das doses do resíduo. Com relação às concentrações de fósforo, observou-se a redução, apresentando apenas traços de fósforo na dose D₆ (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização dos parâmetros químicos do solo após a incorporação de efluente de curtumeira nas doses, antes do transplante das mudas.

Tratamento	pH H ₂ O	CE μS cm ⁻¹	N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³
D ₁	6,56	28,4	4,65	169,97
D ₂	6,23	26,2	6,74	153,68
D ₃	6,67	40,8	8,59	144,97
D ₄	7,43	153,9	7,54	171,80
D ₅	7,49	568,6	7,69	15,03
D ₆	7,63	2210	14,14	TF

CE = condutividade elétrica; N = nitrogênio amoniacal; P= fósforo disponível.

Os valores de pH apresentaram-se crescentes com relação ao incremento de efluente de curtumeira. A elevação do pH é um fator diretamente proporcional ao aumento da concentração do resíduo presente no solo (Berilli et al., 2014; Possato et al., 2014). Baseando-se na Norma nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o valor mínimo de pH para o subproduto da curtumeira ser comercializado no Brasil deve ser 6,0 (Brasil, 2009). Sendo assim, os valores aferidos até a dose D₃ está dentro da faixa recomendada, as outras doses aferiram valores acima da recomendação.

O pH elevado e as altas concentrações de Ca no LC estão relacionadas aos hidróxidos e carbonatos utilizados no processo de curtimento. Em solos com pH acima de 7,0, o Cr encontra-se na forma trivalente (Cr³⁺), o que torna esse elemento mais estável, menos móvel, tóxico e insolúvel, assim, não sendo prejudicial ao desenvolvimento das plantas (Guimaraes et al., 2015). O valor de pH de 4,0 a 5,5 deixa o cromo na forma Cr(OH)²⁺, que é mais fácil de ser sorvido pelos colóides do solo. Além disso, causa a precipitação dos metais, e o aumento no pH, o que favorece a adsorção do metal, torna-o indisponível para absorção (Possato et al., 2014).

Valores de pH levemente alcalino, indicam que doses elevadas de lodo podem tornar o solo alcalino, interferindo negativamente na absorção de nutrientes. Uma resposta ao pH alcalino são sintomas de deficiência nutricional, os quais, são gerados pelo excesso de cálcio presente na solução do solo, oriundo da aplicação do efluente de curtumeira (Tabela 2), que possivelmente interfere na absorção de magnésio, assim, apresentando déficit nutricional na planta (Batista e Alovisi, 2010).

A CE está relacionada com a quantidade de íons dissolvidos na solução, que são os cátions Ca^{2+} , Na^{2+} e Mg^{2+} . A CE na dose D_6 aumentou bruscamente em comparação com o controle, sendo considerado elevado, pois valores acima de $1,10 \text{ mS cm}^{-1}$ pode ocasionar injúrias nos vegetais que são sensíveis a salinidade (Soares Filho et al., 2016).

Para Possato et al. (2014) outras variáveis que foram elevadas com o aumento das doses de LC foram, o pH, CE, relação de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável. Esses parâmetros são referências na detecção da salinidade do solo, e são aumentados quando o efluente de curtumeira é adicionado, em virtude da sua composição que apresenta em excesso esses sais.

Na análise de variância ao nível de 5% de probabilidade, os efeitos foram significativos para as diferentes doses de efluente de curtumeira nas seguintes variáveis averiguadas, sendo elas: comprimento de raiz (CR) e de parte aérea (CPA) e número de folhas (NF) (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância (teste F) para comprimento de raiz (CR) e de parte aérea (CPA), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) submetida a diferentes tratamentos de efluente de curtumeira após 30 dias de crescimento

FV	GL	CR	CPA	DC	NF
Dose	5	3,68*	3,28*	2,45	3,99*
Erro	24	-	-	-	-

*Significativo ($p < 0,05$); FV = Fontes de variação; GL= Grau de Liberdade.

Os múltiplos parâmetros analisados (CR; CPA, diâmetro do coleto (DC) e NF) foram significativos ($p < 0,05$) na dose D_4 , além da dose proporcionar o melhor desenvolvimento nas mudas. A aplicação do efluente de curtumeira na dose D_6 , ocasionou a morte das plantas em todas as repetições, evidenciando efeitos letais de toxicidade (Tabela 6).

Tabela 6. Médias de comprimento de raiz (CR) e da parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF) submetidas a seis doses de efluente de curtumeira.

Tratamento	CR (cm)	CPA (cm)	DC (cm)	NF
D_1	16,80 ab	39,40 ab	0,26 ab	28,40 ab
D_2	13,60 ab	38,60 ab	0,26 ab	19,60 ab
D_3	16,40 ab	42,00 ab	0,28 ab	34,0 ab
D_4	28,00 a	72,40 a	0,44 a	47,60 a
D_5	6,40 ab	30,60 ab	0,26 ab	7,00 b
D_6	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b

* As letras se referem ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os valores demonstrados na Tabela 4 para CE e pH o efluente de curtumeira gerou um ambiente salino para as plantas em algumas doses. A salinidade ocasionada pode ter dificultado a absorção de nutrientes e principalmente de água, o que resultou na morte das mesmas na dose D_6 e o declínio de desenvolvimento na dose D_5 . Diferentemente da dose D_4 que demonstrou ter potencial para ser utilizado como biofertilizante na produção de mudas do setor florestal (Tabela 6).

A produtividade das culturas é composta por diversos fatores, sendo a salinidade um deles. A qual interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos, em razão da diminuição do potencial osmótico da água no solo diminuindo a absorção de água pelas raízes, devido à grande quantidade de íons na planta, principalmente de Na^+ e Cl^- . A elevação nos teores de íons nas raízes implica na diminuição da absorção de cátions e ânions, provocando distúrbios nutricionais na planta, causando queda na produção e, levando até mesmo a morte (Soares Filho et al., 2016).

Visualmente na dose D_6 formou uma camada espessa gerada pela alta concentração da dose de lodo aplicada no solo, assim, diminuindo a permeabilidade e dificultando o desenvolvimento de raízes e, conseqüentemente, interferiu no potencial osmótico das mudas. Esses resultados também estão vinculados a redução na quantidade de macroporos, que provocam a redução de aeração. Tigueiro e Guerrini (2014) ao utilizar doses compostas por 70% e 80% de lodo de esgoto, observaram que as doses causaram redução no desenvolvimento das mudas.

Na produção de pimenta biquinho Almeida et al. (2017) ao avaliar a presença do efluente de curtumeira nos tratamentos, constaram potencial de toxicidade causado pelo cromo e excesso de sódio, o que ocasionou um estresse salino, aumentando a condutividade elétrica, provocando uma desregulação osmótica, que impactou de maneira negativa na absorção de água e interferiu no desenvolvimento vegetal.

O número de folhas pode ser considerado um indicativo da toxidez causada pelo resíduo através do estresse salino, na dose D_6 foi letal a concentração desses sais. Notou-se maior queda das folhas nas mudas submetidas a dose D_5 , sendo de 24% ao ser comparada com o tratamento controle.

Esses resultados corroboram com Bitencourt et al. (2020), ao aplicar doses crescentes de efluente de curtumeira nas culturas do girassol, milho e eucalipto, a dose de 100 g kg^{-1} ocasionou diminuição no número de folhas e, as doses acima dessa o efeito foi letal no eucalipto e girassol.

Soares Filho et al. (2016) ao avaliar experimentos de curta e longa duração assegura que a parte aérea é menos tolerante ao estresse salino do que as raízes. Além disso, a formação de área foliar é de extrema importância no estabelecimento e desenvolvimento dos vegetais, estando vinculada a área de absorção da luminosidade e, na síntese de fotoassimilados e para outros processos bioquímicos (Berilli et al., 2018a).

O desenvolvimento das mudas de eucalipto foi influenciado pelas diferentes doses de efluente de curtumeira. Nas raízes, o aumento do resíduo promoveu a redução no comprimento, exceto na dose D_4 que apresentou valores superiores ao tratamento controle (sem lodo) (Tabela 6).

Mendonça et al. (2010) concluíram que a elevação de sais não foi prejudicial na formação de área foliar das mudas de *E. tereticornis* e *E. robusta*, diferente foi verificado em *E. camaldulensis* que foi negativamente afetada. Os autores supõem com esses resultados relacionados a alta salinidade, aumento na área e biomassa seca foliar, estão envolvidos no menor rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) e menor quantidade de clorofila nas folhas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*.

Ao testar efluente de curtumeira em mudas de maracujá amarelo Sales et al. (2018) observaram através dos dados obtidos no experimento, as plantas apresentaram crescimento lento, sendo que, o tratamento convencional apresentou as melhores médias para as características de desenvolvimento, seguido tratamento com 10% de efluente de curtumeira, sendo inferior apenas no ganho em altura de planta.

O comprimento de parte aérea aumentou de maneira linear até a dose D_4 , nas maiores doses (D_5 e D_6), observou-se o declínio nessa variável, sendo menor que o desenvolvimento do tratamento controle (Tabela 6). Esses resultados corroboram com Berilli et al. (2018b) ao observar a redução da altura em palmeira-garrafa, sugere que a presença de cromo e sódio no efluente de curtumeira foram tóxicas e, com a elevação da

concentração, mais efeitos negativos foram verificados. Em mudas de café conilon ao aumentar a concentração das doses de efluente de curtumeira o mesmo resultado foi observado, no qual ocorreu a diminuição na altura de plantas. Fato esse já conhecido por alterar o funcionamento celular, causando estresse oxidativo e alterações na ultraestrutura dos cloroplastos, comprometendo a fotossíntese, conseqüentemente, o crescimento do vegetal (Berilliet al., 2014).

O crescimento radicular é favorecido pela dose D₄ (Tabela 6), sendo consequência dos nutrientes que compõem o LC, influenciando positivamente no aumento da altura e na manutenção do diâmetro. Em solos com baixa fertilidade, o crescimento das raízes é facilitado, como forma de ampliar a absorção dos nutrientes limitantes (Possato et al., 2014).

O aumento do diâmetro do coleto na dose de D₄ foi 69,2% maior que a dose controle, além do mesmo, obter o dobro do desenvolvimento em relação as demais dosagens (Tabela 6). Almeida et al. (2017) ao utilizar o efluente de curtumeira incorporado ao substrato comercial na produção de mudas de pimenta biquinho, verificaram o aumento no diâmetro do caule em comparação ao cultivo com Bioplant® (substrato comercial). Esse aumento do diâmetro do caule pode ser decorrente da disponibilidade de nitrogênio (N), ele é um dos nutrientes responsáveis pelo ganho de fitomassa, conforme aumentou o teor de efluente de curtumeira nos tratamentos, 50%, 70% e 90% respectivamente, conseqüentemente, elevou a concentração de N.

Berilli et al. (2018b), ao avaliar a variável diâmetro de copa em palmeira-garrafa, observaram que os tratamentos com 10%, 20% e 30% de efluente de curtumeira foram semelhantes ao tratamento convencional. No entanto, ao aumentar a dose para 40%, o diâmetro reduziu 24%, diferindo do tratamento convencional.

A aplicação do efluente de curtumeira em áreas agrícolas pode ser uma alternativa para disposição e reciclagem desse resíduo. Contudo, a dose a ser aplicada depende da composição química do resíduo, pois o acúmulo de elementos químicos no solo, como por exemplo, o cálcio, sódio e o cromo, podem ocasionar impactos negativos no crescimento dos vegetais (Bitencourt et al., 2020).

Conclusões

O uso do efluente de curtumeira na produção de mudas florestais demonstrou ser benéfico para o desenvolvimento de plantas até a dose D₄, acima desta, efeitos de toxicidade e letais foram observados nas mudas de eucalipto.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10.004 - Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

Aguiar, A. V. M.; Cavalcante, L. F.; Silva, R. M.; Dantas, T. A. G.; Santos, E. C. Effect of biofertilization on yellow passion fruit production and fruit quality. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 136-148, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n115rc>

Almeida, R. N.; Ferraz, D. R.; Silva A. S.; Cunha, E. G.; Vieira, J. C.; Souza, T. D. S.; Berilli, S. Utilização de efluente de curtumeira em complementação ao substrato comercial na produção de mudas de pimenta biquinho. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 20-33, 2017.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Batista, M. M.; Alovisi, A. M. T. Alterações de atributos químicos do solo e rendimento da cana soca pela utilização de efluente de curtumeira. **Anuário da Produção de Iniciação Científica**, v. 13, n. 17, p. 387-396, 2010.

Berilli, S. S.; Pereira, L. C.; Pinheiro, A. P. B.; Cazaroti, E. P. F.; Sales, R. A.; Lima, C. F. Adubação foliar com efluente de curtumeira líquido no desenvolvimento e qualidade de mudas de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 2, p. 2477-2486, 2018a.

Berilli, S. S.; Quiuqui, J. P. C.; Rembinski, S. P.; Berilli, A. P. C. G.; Louzada, J. M. Use of sludge tannery substrate as alternative to prepare conilon coffee seedlings. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 472-479, 2014.

Berilli, S. S.; Sales R. A.; Pinheiro, A. P. B.; Pereira, L. C.; Gottardo, L. E.; Berilli, A. P. C. G. Componentes fisiológicos e crescimento inicial de mudas de palmeira-garrafa em resposta a substratos com lodo de curtume. **Revista Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 94-101, 2018b.

Bitencourt, G. A.; Vaso, L. M.; Guidorissi, N. S.; Brandão, P. H. L.; Rockenbach, R. I.; Flores, J. P. Aproveitamento do lodo de curtume na agricultura: avaliação preliminar da toxicidade e ação biofertilizante em plantas. In: Silva, M. E. D. (Orgs.). **Padrões ambientais emergentes e sustentabilidade dos sistemas 2**. 2. ed. Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 191-202.

Brasil. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa MAPA nº 25, de 23 de julho de 2009**. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf/view>>. Acesso em: 02 fev. 2021.

Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

Guimaraes, W. P.; Araújo, A. S. F.; Oliveira, M. L. J.; Araújo, F. F.; Melo, W. J. Efeito residual de efluente de curtumeira compostado sobre os teores de cromo e produtividade do milho verde. **Revista Científica**, v. 43, n. 1, p. 37-42, 2015.

ISO - International Organization For Standardization. **ISO 1269:2 - Qualidade do solo - Determinação dos efeitos de poluentes na flora terrestre**. 2. ed. Rio de Janeiro: ISO, 2014.

Lemke-de-Castro, M. L.; Borges, J. D.; Leandro, W. M. Sorção competitiva entre cádmio e cromo em Latossolo variando pH e eletrólito de suporte. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 396-402, 2015.

Martins, J. D. L.; Moura, M. F.; Oliveira, J. P. F.; Oliveira, M.; Galindo, C. A. F. M. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 4, p. 369-376, 2015. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2583>

Mendonça, A. V. R.; Carneiro, J. G. A.; Freitas, A. S.; Barroso, D. G. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.

Possato, E. L.; Scaramuzza, W. L. M. P.; Weber, O. L. S.; Nascentes, R.; Bressiani, L. A.; Calegario, N. Chemical attributes of a cambisol and growth of eucalyptus seedling after the addition of tannery sludge containing chromium. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 847-856, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000500009>

Sales, R. A.; Prando, J. F.; Berilli, S. S.; Berilli, A. P. C. G.; Coelho, M. B. Efluente de curtumeira como fonte alternativa na composição de substrato de mudas de *Passiflora edulis*. **Revista IFES Ciência**, v. 4, n. 1, p. 104-114, 2018.

Schiavo, J. A.; Pereira, M. G.; Miranda, L. P. M.; Dias Neto, A. H.; Fontana, A. Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 881-889, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300029>

Soares Filho, W. S.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Miranda, R. S. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. p. 259-274.

Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. (Boletim Técnico).

Trigueiro, R. M.; Guerrini, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroreira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400009>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.